

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

2011

"ANÁLISE MORFOLÓGICA E BIOQUÍMICA DA DEPOSIÇÃO DO
FLUORETO NO ESMALTE DE DENTE DECÍDUO HUMANO
EROSIONADO PELO SUCO DE LIMÃO. ESTUDO *IN VITRO*."

C.D. INÊS BEATRIZ DA SILVA RATH

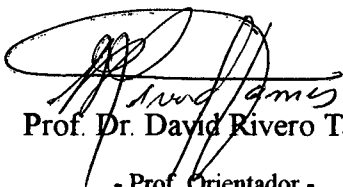


03447828

Trabalho apresentado ao curso de Pós-Graduação em Odontologia,
área de concentração em Odontopediatria,
da Universidade Federal de Santa Catarina,
como parte dos requisitos para obtenção do
grau de Mestre em Odontologia,

Florianópolis - SC 1995.

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de "Mestre em Odontologia", área de concentração em Odontopediatria e aprovada em sua forma final pelo programa de Pós-Graduação em Odontologia.



Prof. Dr. David Rivero Tames

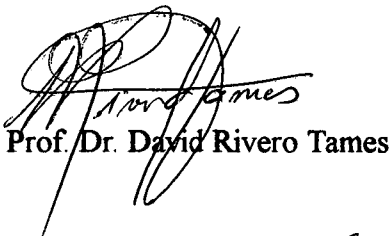
- Prof. Orientador -




Prof. Dr. Ricardo de Sousa Vieira

- Coordenador do Curso -

Apresentada perante a banca examinadora, composta pelos Professores:



Prof. Dr. David Rivero Tames



Prof. Dr. Sylvio Monteiro Junior



Profa. Dra. Izabel Cristina Santos Almeida

**"O que é necessário não é a vontade
de acreditar, mas o desejo de descobrir,
que é justamente o oposto."**

Bertrand Russel (1872-1970)

Filósofo Inglês

À meu pai, com saudades...

"... que me ensinou que o mais importante é o amor,
o carinho, as vivências compartilhadas com aqueles
a quem realmente amamos!"...

À minha mãe ...

"... que me ensinou que ser mulher é
trilhar caminhos difíceis,
sem deixar que nos escape dos lábios um sorriso,
uma palavra de conforto e de incentivo, para que outros
possam seguir seu caminho na busca de um ideal!"...

A meu marido e filhos...

"... por terem compartilhado comigo durante todos os momentos,
me dando suporte nos momentos mais difíceis,
carinho nos momentos de tristeza
e um sorriso nos momentos de vitória!"...

... dedico com amor e carinho este trabalho!

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

- Ao Prof. Dr. David Rivero Tames por ter aceitado me orientar durante todos os passos deste trabalho, sem o qual, talvez não obtivesse êxito.
- Ao Prof. Dr. Roberval Cruz, por sua atenção, orientação e boa vontade, que muito contribuiu para a realização deste trabalho.
- Ao Prof. Roldão Roosevelt Urzêdo de Queiroz, pela sua dedicação e inestimável colaboração durante os procedimentos químicos deste trabalho.
- Ao Prof. Dr. Nelson H. Gabilan, pela colaboração e boa vontade com que sempre nos atendeu.
- Ao Prof. Sérgio Fernando Torres de Freitas, pela sua valiosa colaboração na análise estatística.
- À Dra Edna Haapalainen e aos funcionários do Departamento de Microscopia Eletrônica da Escola Paulista de Medicina pela gentileza, colaboração e boa vontade com que sempre nos atenderam, durante as análises de Microscopia Eletrônica de Varredura.
- À Prof. Ana Maliska, do Departamento de Materiais da Faculdade de Engenharia Mecânica da UFSC, pelo valioso auxílio na obtenção dos dados de Espectroscopia de Dispersão de Energia.
- À Prof. Liene Campos pela minuciosa revisão deste trabalho e pela amizade e carinho com que sempre nos distinguiu.
- Ao Protético Sérgio Souza Lima Jr., funcionário do laboratório de prótese da FAOVI, UNIVALI, pela sua colaboração e boa vontade.
- Aos fotógrafos Jonas João Bastos e Paulo, funcionários da UFSC, pela colaboração na arte fotográfica.

- À Magda Camargo Lange Ramos, pelo apoio, auxílio e simpatia com que sempre nos dispensou durante a obtenção das referências bibliográficas.
- À Fernanda e Cláudia, e a todas as crianças que, com tão boa vontade e alegria contribuíram, doando seus dentes decíduos esfoliados, para a realização deste trabalho.

... o meu muito obrigada!

AOS AMIGOS

- Aos grandes amigos Sérgio e Liliane, pela amizade, apoio e inestimável colaboração durante toda a execução deste trabalho.
- À Ivana Froede Neiva, minha grande amiga e irmã de luta nesta jornada, pelas alegrias compartilhadas e pela imensa amizade e carinho que ficou.
- A todos os Professores e amigos do Curso de Pós-Graduação pelo apoio, confiança e amizade.
- Ao Prof. Paulo Renato Corrêa Glavan, pelas oportunidades, pela amizade e agradável convívio.
- À Vera Lúcia Bosco, grande amiga, pelo carinho e colaboração, pelo apoio e incentivo para que eu abraçasse este curso.
- À Izabel Cristina Santos Almeida, pela amizade, apoio e carinho em todos os momentos do curso.
- A todos os funcionários da UFSC que me auxiliaram durante a execução deste trabalho, com amizade e cortezia.
- A todos os colegas do Curso pelo agradável convívio, pelo apoio, pela amizade.
- A todos aqueles que, de alguma forma contribuíram ou dificultaram na execução deste trabalho, por terem me impulsionado a perseverar no meu ideal.

... minha amizade e carinho!

LISTA DE FIGURAS

1	Sequência de preparo dos corpos de prova	75
2	Aspecto morfológico da superfície de esmalte sadio de dentes decíduos (Aumento 500x)	84
3	Aspecto morfológico da superfície de esmalte sadio de dentes decíduos (Aumento 3.500x)	85
4	Superfície de esmalte sadio após aplicação da solução de NaF 2 % (Aumento 500x) ...	86
5	Superfície de esmalte sadio após aplicação da solução de NaF 2 % (Aumento 3.500x) ..	87
6	Detalhe dos glóbulos do material "tipo CaF ₂ " sobre esmalte sadio (Aumento 20.000x) ..	88
7	Superfície do esmalte fluoretado após tratamento com KOH (Aumento 500x)	89
8	Aspecto da deposição do material amorfo (Aumento 3.500x)	90
9	Aspecto da deposição do material amorfo em esmalte sadio (Aumento 20.000x)	91
10	Superfície de esmalte erodido (Aumento 500x)	94
11	Padrão de ataque ácido do tipo II (Aumento 3.500x)	95
12	Detalhe da cabeça de um prisma após erosão (Aumento 20.000x)	96

13	Aspecto da superfície do esmalte erosionado após fluoretação (Aumento 500x)	97
14	Aspecto do material "tipo CaF_2 " depositado sobre os prismas erosionados (Aumento 3.500x)	98
15	Detalhe de um prisma totalmente coberto pelos glóbulos de CaF_2 (Aumento 20.000x) . .	99
16	Superfície do esmalte erosionado após a ação do KOH (Aumento 500x)	100
17	Aspecto da deposição do material amorfo sobre a superfície de esmalte erosionado (Aumento 3.500x)	101
18	Detalhe de um prisma de esmalte coberto pelo material amorfo (Aumento 20.000x) . . .	102
19	Espectrograma característico dos espécimes do Sub-grupo A 3	106
20	Espectrograma característico dos espécimes do Sub-grupo B 3	107

LISTA DE TABELAS

1	Resultados da análise química quantitativa para F e CaF_2 depositados sobre esmalte sadio	103
2	Resultados da análise química quantitativa para F e CaF_2 depositado sobre esmalte erosionado	104
3	Resultados do teste estatístico comparativo para deposição de F e CaF_2 sobre esmalte sadio e erosionado	105
4	Resultados da E.D.E. do grupo de esmalte sadio	106
5	Resultados da E.D.E. do grupo de esmalte erosionado	107
6	Resultados do teste estatístico comparativo para quantificação de F, P, Ca^{2+} e O, sobre esmalte sadio e erosionado	108

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar, morfológica e quimicamente, o efeito do fluoreto sobre o esmalte dental erodido, comparativamente ao esmalte sadio, com a finalidade de determinar possíveis alterações a nível microestrutural da superfície deste esmalte, contribuindo-se, assim, para o entendimento da validade da utilização de fluoretos para a prevenção e/ou tratamento da erosão dental. A amostra consistiu de seis molares decíduos, esfoliados, cada um fatiado em seis fatias, no sentido do seu longo eixo e divididos em 2 grupos, grupo A, contendo três sub-grupos, com seis espécimes cada (grupo controle - esmalte sadio) e grupo B (grupo teste - esmalte erodido), da mesma forma, dividido em três sub-grupos, como o grupo A. Os espécimes do grupo B foram submetidos à ação de um suco de limão industrializado, sabidamente erosivo. Todos os espécimes foram levados à microscopia eletrônica de varredura (M.E.V.), para análise do padrão morfológico de superfície, de esmalte sadio (sub-grupo A1) e erodido (B1), após fluoretação (A2 e B2), com uma solução neutra de fluoreto de sódio (NaF 2%) e após tratamento com uma solução de hidróxido de potássio (KOH) em espécimes fluoretados (A3 e B3). Os espécimes dos sub-grupos A3 e B3, foram analisados quimicamente, para determinação dos níveis de fluoreto adsorvido à superfície do esmalte, sob a forma de fluoreto de cálcio (CaF_2) e, através de espectroscopia de dispersão de energia (E.D.E.), foram analisados qualitativa e semiquantitativamente, para determinação da composição química elemental do produto de reação depositado na superfície do esmalte, após a ação do KOH. Os procedimentos laboratoriais demonstraram uma maior deposição de íons flúor, na forma de um material "tipo CaF_2 " sobre o esmalte erodido do que sobre esmalte sadio, verificada tanto através de M.E.V. como em análise química. A análise de E.D.E. demonstrou que, após a remoção do CaF_2 , ficou depositado na superfície do esmalte, um material de característica amorfa, em maior quantidade no sub-grupo B3 do que no A3, composto basicamente por íons Ca^{2+} , P e O, sugestivo de tratar-se de *fosfato básico de cálcio*, ou seja hidroxiapatita numa forma não cristalina, que promoveu significativa alteração na morfologia superficial do esmalte, e que, possivelmente, pode alterar as propriedades de dissolução e resistência do esmalte a novos ataques ácidos. Nossos resultados sugerem que a utilização de fluoretos, para prevenção e/ou tratamento de lesões iniciais

de erosão, pode apresentar benefícios aos tecidos dentais. No entanto, por ser este um processo gradual e irreversível, cabe ressaltar não só a importância da utilização de fluoretos tópicos, com a finalidade de aumentar a resistência do esmalte à dissolução por ácidos, como também a orientação à população com relação à dieta, e outros fatores de risco que possam estar envolvidos no desenvolvimento desta patologia, assim como a identificação de sinais precoces do processo de erosão, a fim de que se possa atuar preventivamente, evitando-se a sua instalação ou minimizando os seus efeitos.

ABSTRACT

This paper evaluated, morphologically and chemically, the effect of fluoride on the eroded dental enamel, comparatively to the sound enamel, thus, contributing to the understanding of the validity of the use of fluorides for the prevention and/or treatment of dental erosion. The sample consisted of six exfoliated deciduous human molars, each one cut into six sections, parallel to their long axis and divided into two groups: group A, containing three sub-groups, with six specimens each (control group - sound enamel), and group B (test group - eroded enamel), also divided into three sub-groups, like group A. The specimens from group B were exposed to the action of an industrialized lemon juice, known to cause erosion. All the specimens were taken to scanning electronic microscopy (S.E.M.) for analysis of the morphological pattern of the surface, of sound enamel (sub-group A 1) and eroded enamel (B 1), after fluoridation (A 2 and B 2), with a neutral solution of sodium fluoride (NaF 2%) and after treatment with a solution of potassium hydroxide (KOH) in fluoridated specimens (A 3 and B 3). The specimens from the sub-groups A 3 and B 3, were chemically analysed, for determination of the levels of fluoride absorbed by the surface of the enamel, as calcium fluoride (CaF_2) and, they were analysed qualitatively and semiquantitatively, through energy spreading spectroscopy (E.S.S.), for determination of the elemental chemical composition of the reaction product deposited on the surface of the enamel, after the action of the KOH. The laboratory procedures showed a larger deposition of fluorine ions in the form of "like- CaF_2 material" on the eroded enamel than on the sound enamel. This could be verified through the S.E.M. or chemical analysis. The analysis of E.S.S. demonstrated that after the removal of the CaF_2 , a material presenting an amorphous characteristic remained on the surface of enamel, in a greater quantity in sub-group B 3 than in A 3, basically compounded of ions Ca^{2+} , P and O. This material might be *basic calcium phosphate*, that is to say, hydroxylapatite in a non-crystalline form, which might modify the dissolution and resistance properties of the enamel to new acid attacks. Our results suggest that the use of fluorides, for prevention and/or treatment of early erosion lesions, might present advantages to the dental tissues. However, because this is a gradual and irreversible process, it is important to point out not only the relevance of the use of topical fluorides, with the aim of enhancing the resistance of the

enamel to dissolution by acids, but also orientate the peoples concerning diet and other risky factors which might be involved in the development of this pathology, as well as the identification of early signs of the process of erosion, so that one can act ahead, avoiding its installation or minimizing its effects.

SUMÁRIO

Lista de Figuras	8
Lista de Tabelas	10
Resumo	11
Abstract	13
1 Introdução	17
2 Revisão da Literatura	20
2.1. Da estrutura do esmalte normal	20
2.2. Da erosão dental	24
2.3. Do diagnóstico da erosão dental	32
2.3.1. Fatores etiológicos intrínsecos	35
2.3.2. Fatores etiológicos extrínsecos	36
2.4. Do tratamento da erosão dental	40
2.5. Do tratamento preventivo	47
2.6. Do mecanismo de ação dos fluoretos	49
2.7. Da deposição de CaF_2 sobre o esmalte dental	55
2.8. Da solubilidade do CaF_2	64
2.9. Da remoção do CaF_2 da superfície do esmalte	69
3 Proposição	71
4 Materiais e Métodos	72
4.1. Especificações de materiais, instrumentais e aparelhos	72
4.2. Considerações gerais	73

4.3. Procedimentos laboratoriais	78
4.3.1. Preparo da solução de NaF 2%	78
4.4. Preparo das amostras	78
4.4.1. Análise química para quantificação de CaF ₂	79
4.4.2. Preparo da amostra para análise em Microscopia Eletrônica de Varredura (M.E.V.)	80
4.4.3. Análise de Espectroscopia de Dispersão de Energia (E.D.E.)	81
5 Resultados	82
5.1. Análise morfológica através dos dados da M.E.V.	82
5.1.1. Análise morfológica dos espécimes do grupo A - esmalte sadio	82
5.1.2. Análise morfológica dos espécimes do grupo B - esmalte erodido	92
5.2. Resultados da análise química quantitativa	103
5.3. Resultados da análise química qualitativa e semi-quantitativa através de espectroscopia de dispersão de energia (E.D.E.)	105
6 Discussão	110
6.1. Dos aspectos gerais	110
6.2. Da erosão dental	113
6.3. Da deposição de CaF ₂	114
6.4. Da quantificação do CaF ₂ depositado sobre o esmalte sadio e erodido	117
6.5. Dos resultados da espectroscopia de dispersão de energia	119
7 Conclusões	122
8 Referências Bibliográficas	124

1 INTRODUÇÃO

Com o advento da indústria, o consumo de alimentos e sucos industrializados vem aumentando consideravelmente. O hábito do uso exagerado de sucos industrializados, em substituição à água, inclusive por crianças de baixa idade e, muitas vezes, em concentrações mais altas do que as recomendadas pelos fabricantes (ASHER, READ, 1987), pode contribuir para um quadro de desmineralização dos tecidos duros dos dentes, conhecido como perimolise (CARDOSO, 1987, GRENBY, MISTRY, 1991, GRANDO et al, 1993).

O quadro de perimolise se caracteriza por uma perda progressiva dos tecidos duros dos dentes, expostos ao meio bucal, através de um processo químico, sem envolvimento de microorganismos (FLEURY, 1929 apud HOLST, LANGE, 1939, ECCLES, 1979).

As causas de erosão dental podem ser fatores extrínsecos ou intrínsecos. Os fatores extrínsecos incluem hábitos dietéticos, como alimentos ou bebidas com baixo pH, ou contaminantes ácidos provenientes do meio ambiente de trabalho (TEN BRÜGGEN CATE, 1968, ASHER, READ, 1987). Os fatores intrínsecos estão relacionados a problemas de origem psicogênica, como anorexia nervosa, bulimia e distúrbios gastro-intestinais, com freqüentes regurgitações (HELLSTRÖM, 1977, JÄRVINEN et al, 1988). Uma baixa estimulação do fluxo salivar, com insuficiente capacidade tampão, e contato com ácidos são fatores adicionais no desenvolvimento da erosão dental (MANNERBERG, 1963, JÄRVINEN, RYTOMÄÄ, HEINONEN, 1991).

Sabe-se que o esmalte é a estrutura mineralizada mais dura de nosso organismo, e que sua composição mineral não é homogênea em toda sua espessura. Análises de amostras de esmalte dental humano indicam que a camada superficial é mais densa e contém uma concentração mais alta de sais minerais do que as camadas mais internas (NIKIFORUK, 1985, GWINNETT, 1992, TEN CATE, 1994).

No processo de erosão a desmineralização inicial é caracterizada pelo amolecimento da superfície, com dissolução da periferia dos prismas, sem formação de lesão de subsuperfície (SAXEGAARD, RÖLLA, 1988, FEATHERSTONE et al, 1992) e, assim, camadas sucessivas de esmalte vão sendo removidas até que a dentina seja exposta que, da mesma forma, vai sofrendo erosão gradativa, podendo ser de tal gravidade, a ponto de expor a polpa dental (ASHER, READ, 1987, TOUYZ, 1994).

Se, no processo de perimolise, camadas sucessivas de esmalte vão sendo removidas é de se supor que as camadas subjacentes sejam mais solúveis e que, portanto, maior conteúdo mineral seja removido a cada novo ataque ácido (DAVIS, WINTER, 1980, LARSEN, 1990, TEN CATE, DUIJSTERS, 1993, TEN CATE, 1994).

Por ser este um processo gradual, seu diagnóstico se torna difícil nas fases iniciais e só poderá ser feito através de uma anamnese detalhada dos hábitos dietéticos, ambiente onde vive ou trabalha, ou problemas de saúde geral do indivíduo que possam contribuir para o desencadeamento de um quadro de erosão dental (JÄRVINEN, RYTÖMAA, HEINONEN, 1991). Cabe, aqui, ressaltar a importância do papel dos profissionais da saúde, em especial do Cirurgião-Dentista, na elaboração de uma anamnese detalhada e no estabelecimento de um diagnóstico do risco do paciente a determinadas patologias, para que possa atuar preventivamente.

Nas últimas décadas atenção vem sendo dada à remineralização, com substâncias remineralizantes ou com fluoretos tópicos, de áreas de erosão superficial após o condicionamento ácido do esmalte para o emprego de selantes de fósulas e fissuras ou de resinas compostas para odontologia restauradora ou para retenção de brackets ortodônticos (ALBERT, GRENOBLE, 1971, GARONE FILHO, MURILLO Y MURILLO, GARONE NETO, 1975), com a finalidade de remineralizar áreas condicionadas e eventualmente não cobertas pelo material utilizado. A utilização de fluoretos tópicos, também tem sido preconizada em associação aos tratamentos efetuados em pacientes com erosão dental, a fim de remineralizar as regiões menos afetadas (ECCLES, 1982, LARSEN, 1990, SORVARI et al, 1994, TEN CATE, 1994).

A utilização de fluoretos tópicos no esmalte visa: a) aumentar a remineralização durante os ciclos de pH (KOULOURIDES, CAMERON, 1980); b) aumentar a resistência do esmalte à dissolução por ácidos (ECCLES, 1982, DUSCHNER, UCHTMANN, 1988); c) estabilizar a superfície do esmalte (ARENDS, CHRISTOFFERSEN, 1990), no entanto, estudos demonstram que o "reendurecimento do esmalte só é possível quando a descalcificação não ultrapassou determinado limite" (GARONE FILHO, MURILLO Y MURILLO, GARONE NETO, 1975) e que a aparência de giz do esmalte condicionado desaparece clinicamente após alguns dias (BUONOCORE, 1955, SILVERSTONE, 1973) porém, as irregularidades promovidas pelo ataque ácido permanecem claramente visíveis após um mês, quando observadas por microscopia eletrônica de varredura (HACHIYA et al, 1985).

As aplicações tópicas de fluoretos sobre o esmalte dental humano são amplamente usadas na prevenção da doença cárie (FEJERSKOV, THYLSTRUP, LARSEN, 1981, THYLSTRUP, FEJERSKOV, 1995; SEPPÄ, TUUTTI, LUOMA, 1982, MELLBERG, 1984, RIPPÄ, 1992), no entanto, pouco se sabe sobre sua efetividade no processo de erosão (SORVARI et al, 1994).

Pouca literatura enfoca os aspectos da remineralização do esmalte erosionado com grande perda de substância mineral porém, estudos sobre os efeitos da incorporação do fluoreto no esmalte humano desmineralizado, demonstram que este é efetivo por torná-lo mais resistente à dissolução sob condições de acidez no ambiente local (TANAKA, MORENO, MARGOLIS, 1993).

Embora seja conduta clínica a utilização de fluoretos tópicos associados ao tratamento reabilitador, em pacientes com erosão dental, há poucos trabalhos em dentes decíduos, mostrando sua morfologia superficial após ataque por ácidos ou após tratamentos remineralizantes. Este trabalho tem por objetivo auxiliar no entendimento da validade da utilização e dos reais benefícios de fluoretos tópicos sobre dentes com erosão, dando subsídios aos profissionais para a recomendação deste procedimento clínico, como medida preventiva e/ou terapêutica para esta patologia.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Da estrutura do esmalte normal

O esmalte dental é o tecido mineralizado mais duro do organismo humano e é composto por cristais de apatita que, no esmalte maduro, têm cerca de 1.600 Å de comprimento, 680 Å de largura e 260 Å de espessura sendo que, a forma e o tamanho do cristal variam com o grau de mineralização e a sua localização dentro do tecido do esmalte (NIKIFORUK, 1985).

Estes cristais estão organizados numa unidade estrutural básica chamada prisma, que na literatura tem apresentado duas formas diferentes de descrição da sua estruturação, que podem levar a interpretações dúbias ou falsas quanto a sua verdadeira constituição.

Alguns autores têm descrito os prismas de esmalte como tendo um corpo de forma circular, cilíndrica ou arredondada, organizados no esmalte, de tal forma, que estão separados entre si por diferentes quantidades de esmalte interprismático (NIKIFORUK, 1985, MJÖR, FEJERSKOV, 1990, TEN CATE, 1994).

GWINNETT (1992) referiu que o termo "material interprismático" sugere a existência de uma substância cimentante que manteria os prismas unidos entre si, no entanto a estrutura cristalina única dos prismas é que é a responsável por sua característica coesiva.

Ultraestruturalmente os prismas são compostos por múltiplos cristalitos de apatita, nas formas de cristais de hidroxiapatita, fluorapatita ou apatita carbonada, com um padrão de orientação altamente organizado, com seus longos eixos correndo paralelamente ao eixo central do prisma, a partir do qual divergem periféricamente, numa inclinação de aproximadamente 18° a 60°. Esta inclinação faz

com que os cristais mais periféricos formem uma angulação aguda no limite entre os prismas adjacentes, de tal forma, que se situam quase que perpendiculares ao prisma na região interprismática associada e orientada cervicalmente (MJÖR, FEJERSKOV, 1990, GWINNETT, 1992, TEN CATE, 1994).

Segundo MJÖR, FEJERSKOV (1990), combinando diferentes técnicas de microscopia, tornou-se evidente que o esmalte interprismático contém proporções de apatita idênticas às do prisma e que somente a variação na orientação dos cristais é que determina o padrão óptico, sugerindo tratarem-se de estruturas diferentes. Desta forma, tomando como base a descrição morfológica do prisma, juntamente com a disposição dos cristais, em relação ao seu longo eixo, pode se considerar que tanto o esmalte prismático como o interprismático, ou prisma e substância interprismática, compreendem um único prisma, onde a parte cilíndrica seria a "cabeça" enquanto que a substância interprismática corresponderia à "cauda" do prisma o que, num corte transversal, apresenta a forma de um "buraco de fechadura" (GWINNETT, 1992).

O delineamento dos prismas, previamente designado de "bainha do prisma", é determinado pela disposição dos cristais que, na região da borda da cabeça do prisma, apresentam-se mais distantes uns dos outros, devido à inclinação periférica dos cristais, formando espaços inter cristalinos maiores ou microporos, que são preenchidos por proteínas e água em maior quantidade do que em qualquer outra parte do esmalte, onde os cristais estão mais densamente compactados (MJÖR, FEJERSKOV, 1990, TEN CATE, 1994). Este arranjo confere um aumento na permeabilidade, na região da periferia dos prismas (GWINNETT, 1992).

Com relação às características da superfície do esmalte, TEN CATE (1994) verificou, através de M.E.V., que as periquimácias são formadas a partir das estrias de Retzius que, ao atingirem a superfície, formam sulcos rasos que correm em plano linear horizontal, através da coroa dos dentes. Além disso, observou lamelas e fissuras que aparecem como linhas recortadas em várias regiões da superfície do esmalte.

A ultra-estrutura da superfície do esmalte, no momento da erupção, é diferente nas diversas partes do dente. No terço médio é caracterizada por bandas, alternadas de cristas e depressões ou ranhuras, as quais estabelecem o padrão das periquimácias. As cristas consistem de uma camada terminal que corresponde ao esmalte interprismático ou caudas dos prismas e tem um aspecto relativamente liso. Ao longo de cada crista são encontrados casquetes de esmalte de forma arredondada irregular que, em algumas partes, podem estar rompidos, formando crateras denominadas de buracos focais, cujas paredes internas apresentam um padrão cristalino, e estão preenchidos, *in vivo*, por proteínas de esmalte de origem desenvolvimental. Ainda são aparentes depressões rasas arredondadas que apresentam uma superfície altamente porosa e que correspondem aos cristais individuais nas extremidades prismáticas na região da bainha do prisma. Nos dentes já irrompidos, este padrão superficial pode se apresentar diferente, em função da sua exposição a traumas químicos e físicos que alteram a microestrutura e a composição química da camada externa do esmalte (MJÖR, FEJERSKOV, 1990).

O gradiente de concentração mineral apresenta variações através da espessura do esmalte, sendo a camada externa mais densa e com uma concentração mais alta de sais minerais, com predomínio de cálcio, flúor, zinco, silício, alumínio, ferro e chumbo, que lhe conferem uma reduzida solubilidade aos ácidos. Esta concentração tende a aumentar com a idade através do processo de maturação pós-eruptiva. As camadas mais internas têm componentes químicos diferentes e uma menor densidade, e as concentrações de carbonato, magnésio e sódio aumentam gradativamente a medida que se aproxima da junção amelo-dentinária (NIKIFORUK, 1985, TEN CATE, 1994).

WILSON, BEYNON (1990) realizaram um estudo com a finalidade de verificar se haviam diferenças nos gradientes de mineralização entre as camadas interna e externa e entre as regiões cervical e oclusal do esmalte de dentes decíduos, considerando os períodos de formação pré e pós-natal. Encontraram que o gradiente de mineralização aumentou da camada interna para a externa, semelhante aos dentes permanentes embora com níveis significativamente mais baixos, mesmo na camada mais externa. Concluíram que as diferenças nos níveis de mineralização entre os esmaltes pré e pós-natal são devidas ao fato de que o esmalte pós-natal está sempre externamente ao pré-natal e é, portanto, mais altamente mineralizado, em função da maturação pós-eruptiva.

INGRAM (1990) afirmou que o esmalte não é uma hidroxiapatita pura, bem caracterizada, mas é formado por cristais de hidroxiapatita de vários tamanhos, impurezas determinadas pela presença de elementos traço, e vários graus de substituição na rede cristalina. Desvios da sua composição ideal podem ocorrer durante a amelogenese ou podem ser introduzidos por variações no ambiente local, que resultarão em alterações na subsequente composição e propriedades físico-químicas dos cristais. A presença de carbonato e magnésio no esmalte, torna-o mais solúvel. Também lembrou que o ambiente dental é a placa, mais especificamente a placa fluída, que contém concentrações mais altas de F^- , Ca^{2+} e PO_4^{3-} do que a saliva. Com a substituição do carbonato e/ou do magnésio por íons F^- , a constituição do mineral dental é modificada, formando uma rede cristalina mais estável, o que reduz a sua taxa de dissolução subsequente.

Segundo NIKIFORUK (1985), os cristais de hidroxiapatita estão envoltos por uma água de cristalização, que está relacionada com a forte carga de superfície destes cristais, que pode ser causada por uma assimetria elétrica ou pela adsorção de íons, particularmente prótons. Esta distribuição de cargas na superfície dos cristais tem importante papel na marcada habilidade de trocas iônicas dos cristais de apatita e pode explicar a presença de um grande número de elementos-traço adsorvidos ao tecido dental.

Segundo KÖNIG (1984) há sempre uma tendência para a formação de vacâncias na rede dos cristais de apatita do esmalte, principalmente dos íons Ca^{2+} e OH^- , o que permite que hajam substituições destes íons por outros. Assim, o Ca^{2+} pode ser substituído por íons H^+ , formando fosfato ácido (HPO_4^{2-}), em lugar de fosfato (PO_4^{3-}), formando uma apatita deficiente em Ca^{2+} . Quando íons F^- estão presentes no ambiente bucal, as OH^- podem ser substituídas por estes íons formando uma fluorhidroxiapatita ou fluorapatita, que são fases mais estáveis e menos solúveis, no entanto, este tipo de substituição só ocorre na camada da superfície e apenas 10% dos grupos OH^- podem ser substituídos pelo flúor. O flúor pode ainda interagir nos grupos PO_4^{3-} , quando estes estão na forma de HPO_4^{2-} , formando monofluorfosfato (FPO_3^{2-}). O carbonato (CO_3^{2-}) também pode substituir duas OH^- ou entrar nas posições do PO_4^{3-} , tornando a apatita mais solúvel. Estas e outras substituições,

alteram propriedades importantes da apatita, incluindo forma e tamanho dos cristais e o produto de sua solubilidade.

2.2. Da erosão dental

A erosão dental foi definida por FLEURY (1929) apud HOLST, LANGE (1939), como uma dissolução dos tecidos duros dentais, expostos ao meio bucal, através de um processo químico, sem envolvimento de microorganismos.

A dissolução do esmalte ocorre na fase líquida, quando há uma subsaturação com respeito à apatita do esmalte. Assim, duas lesões clínicas distintas têm sido descritas no esmalte dental: a lesão de erosão e a lesão de cárie. A erosão dental caracteriza-se pela dissolução e perda da camada de superfície mais externa do esmalte, que é mais mineralizada e rica em flúor e, portanto, mais resistente à dissolução por ácidos, deixando exposta as camadas mais internas, deficientes em flúor, permitindo uma progressão mais rápida da erosão dental (LARSEN, 1990, TEN CATE, DUIJSTERS, 1993).

O condicionamento ácido remove uma delgada camada de esmalte, pela dissolução seletiva dos cristais, deixando a superfície mais porosa. A morfologia desta superfície, vista através de M.E.V., apresenta três padrões predominantes de erosão: o padrão *tipo I*, caracterizado pela remoção preferencial das porções centrais dos prismas; o *tipo II*, onde é removida, preferencialmente, a periferia dos prismas, deixando as porções centrais intactas; e o *tipo III* com um padrão irregular que não mantém semelhança com a morfologia dos prismas. As diferenças nos padrões de ataque estão relacionadas com a orientação dos cristais. Os cristais sofrem dissolução mais facilmente em suas extremidades do que na superfície paralela ao seu longo eixo, portanto, os cristais orientados perpendicularmente à superfície do esmalte, na região da cabeça do prisma, são os mais vulneráveis, quando comparados com aqueles orientados paralelamente à superfície do esmalte, na região do esmalte interprismático, ou cauda, e em regiões de esmalte aprismático, como na camada externa de dentes decíduos (MJÖR, FEJERSKOV, 1990, TEN CATE, 1994).

SORVARI et al (1994) em um experimento *in vitro*, observaram, através de M.E.V., que o esmalte apresentou características irregulares de erosão, demonstrando que o processo de erosão pode ser modificado em diferentes áreas devido a variabilidade individual da superfície do esmalte. Afirmaram que a ocorrência de zonas prismáticas e aprismáticas são importantes na progressão da erosão, que se apresentou mais severa nas zonas prismáticas do que nas aprismáticas.

Embora a maioria dos pesquisadores descrevam o processo de erosão como uma lesão de superfície, alguns autores têm observados alterações a nível de sub-superfície. DAVIS, WINTER (1980) observaram que, quando o esmalte é sujeito ao ataque ácido, a erosão completa do tecido da superfície ocorre junto com o amolecimento da subsuperfície.

Sob microscopia de luz polarizada SMITH, SHAW (1987) constataram apreciável destruição do esmalte, provocada por sucos de frutas, *in vitro*, com perda completa da superfície do esmalte. Abaixo desta superfície havia uma zona de esmalte com aparência translúcida, semelhante àquela vista nas lesões iniciais de cárie, o que demonstra que o processo de erosão também provoca alterações a nível de subsuperfície.

Várias são as causas determinantes do início e progressão da erosão dental, e são agrupadas em fatores intrínsecos e extrínsecos, sendo os casos de erosão causados por fatores intrínsecos amplamente divulgados na literatura.

TAYLOR et al (1992) relataram o caso de uma menina de 9 anos de idade com extensa perda de esmalte em todas as superfícies dos dentes decíduos remanescentes, sendo a condição mais severa no arco inferior, onde a câmara pulpar com dentina reacional era facilmente visível. Os dentes permanentes mostravam sinais precoces de erosão, com perda do brilho do esmalte normal. Havia perda severa da dimensão vertical nos seguimentos do arco posterior. Após criteriosa anamnese e exames clínicos foi constatado refluxo ácido do conteúdo gástrico, numa frequência de 4,7 episódios por hora.

AINE, BAER, MÄKI (1993), realizaram exames dentais em 17 crianças, nas idades de 22 meses a 16 anos, com diagnóstico de refluxo gastroesofageal, detectando lesões de erosão em 13 destas crianças. Relataram que episódios de refluxo durante o período de sono estavam relacionados com os graus mais severos de erosão dental e que, especialmente os dentes decíduos podem se perder rapidamente nestes casos, devido à fina camada de esmalte e dentina.

A saliva tem sido citada, por alguns autores, como um dos fatores intrínsecos que atuam no estabelecimento da erosão dental. Segundo SORVARI, KIRIVANTA, LUOMA (1988), a capacidade tampão e as variações individuais da saliva têm importante papel no processo de erosão, porém JÄRVINEN, RYTÖMAA, HEINONEN (1991), afirmaram que o fluxo salivar é mais importante do que a sua constituição com relação aos íons Ca^{2+} , P e proteínas.

MANNERBERG (1963) analisando a saliva de indivíduos portadores de erosão dental de etiologia desconhecida, comparando-a com a saliva de indivíduos com superfícies dentais normais, verificou que o grupo com erosão apresentou um conteúdo mais alto de mucina insolúvel na saliva. O autor afirmou que este alto conteúdo de mucina impede a precipitação de fosfato de cálcio na superfície dental, após injúria mecânica ou química, o que, provavelmente, permitiria o desenvolvimento e progressão da erosão.

O consumo diário e exagerado de sucos e bebidas industrializadas, que geralmente apresentam um pH abaixo de 4, tem contribuído para o aumento no número de casos de pacientes com erosão dental e tem sido considerado como o maior fator extrínseco, amplamente estudado e documentado na literatura.

GROBLER, HORST (1982) alertaram para o fato de que o contato de diferentes bebidas com o esmalte dental resulta em interações químicas, dentre as quais a dissolução dos cristais de hidroxiapatita, devido ao baixo pH destes produtos.

Segundo MELLBERG (1984), o esmalte, no meio bucal, está em equilíbrio dinâmico com a saliva e os fluidos da placa e sofre, constantemente, pequenos ganhos e perdas de mineral. Quando as

condições favorecem a perda mineral, por exemplo um baixo pH, ocorrerá a formação de erosão ou cárie e quando as condições favorecem o ganho de mineral, ocorrerá maturação ou remineralização.

ASHER, READ (1987), numa avaliação de 12 crianças, na faixa etária de 9 a 15 anos de idade, que apresentavam desgastes dentais de várias severidades, característicos de erosão dental, observaram que a história dietética destes pacientes revelou que todas consumiam de 1 a 3 garrafas de 725 ml de suco concentrado de frutas, por semana, de uma forma mais concentrada do que a diluição recomendada pelos fabricantes. Enfatizaram o fato de que, nem as crianças, nem os pais, estavam cientes dos efeitos danosos do ácido cítrico sobre os dentes e que, os dentes decíduos, ou dentes recém-irrompidos, são especialmente vulneráveis ao ataque erosivo e, ainda, que as crianças submetem seus dentes a um grau de ataque ácido não aceitável.

O caso de uma menina de 2 anos e 11 meses de idade foi relatado por SMITH, SHAW (1987), apresentando extensiva erosão de esmalte dos dentes antero-superiores, particularmente na face palatal, onde podia ser observado o tecido pulpar, através da fina camada de dentina remanescente e uma pequena exposição pulpar no incisivo central superior direito, associado a abscesso periapical. A investigação de seus hábitos dietéticos revelaram uso prolongado de sucos de frutas para bebês, dado na mamadeira, como um confortador, à noite

Preocupados com os inúmeros casos de erosão dental apresentados por crianças de baixa idade, MILLWARD, SHAW, SMITH (1994) realizaram um estudo para determinar a prevalência de erosão em crianças de 4 anos de idade e investigar a influência do fator sócio-econômico sobre a erosão, encontrando que cerca de 50% das crianças examinadas apresentavam perdas de estrutura dental na maioria das superfícies dentais, sendo que as perdas atribuíveis à erosão se localizavam na face palatal dos incisivos superiores, com 30 % exibindo dentina. O fator sócio-econômico influenciou significativamente, tendo as crianças de nível sócio-econômico mais alto, maior prevalência de erosão dental, com 1/5 destas na categoria de erosão severa. O desenvolvimento da erosão dental foi atribuído a possíveis alterações nos hábitos dietéticos, principalmente ao aumento no consumo de sucos de frutas e bebidas, desenvolvidas especialmente para uso infantil.

Com a finalidade de avaliar o potencial erosivo das bebidas industrializadas vários autores realizaram trabalhos experimentais *in vitro*.

SMITH, SHAW (1987) mediram o pH de vários sucos de frutas, denominados de "sucos puros de frutas para bebês" e avaliaram, *in vitro*, os efeitos destes sucos sobre os dentes decíduos. Os valores de pH encontrados variaram de 3,22 a 3,65 para os sucos puros e entre 3,64 a 4,12 para os sucos diluídos. A imersão dos dentes decíduos nos sucos puros ou diluídos, por um período de 15 horas, causou lesões com aparência macroscópica de "manchas brancas" opacas, com aspecto de giz. Sob microscopia de luz polarizada constataram apreciável destruição com perda completa da superfície do esmalte. Abaixo desta superfície havia uma zona de esmalte com aparência translúcida, semelhante àquela vista nas lesões iniciais de cárie.

MEURMAN, HÄRKÖNEN, NÄVERI (1990) estudaram, *in vitro*, o efeito de bebidas esportivas comercialmente disponíveis e de novas bebidas esportivas experimentais, contendo ácidos cítricos ou málico, em diversos valores de pH. Encontraram que as bebidas contendo ácido cítrico parecem definitivamente erosivas, enquanto aquelas contendo ácido málico não causam erosão na mesma extensão, e que o efeito erosivo aumentou marcadamente com a queda do pH. Alertaram para o fato de que estas bebidas também contêm grande quantidade de açúcares fermentáveis o que pode levar a um aumento na atividade de cárie dos seus consumidores, desde que estas bebidas são ingeridas frequentemente durante as práticas desportivas, normalmente por pessoas jovens ou ativas, que estão preocupadas com sua saúde mas, usualmente, desconhecem o efeito danoso deste hábito sobre seus dentes. Ainda salientaram o fato de que o modo de beber, ou seja, sugando através de canudo, bebendo normalmente ou enxaguando a boca com a bebida, afeta muito a queda do pH na boca.

TOUYZ (1994) analisou diversos sucos de frutas canadenses, com a finalidade de avaliar seus valores de pH e potencial erosivo sobre os dentes. Os valores de pH dos sucos variou entre 2,85 e 3,86, sendo que o suco de laranja apresentou o pH mais alto e o de limão, o mais baixo, observando que todos os sucos apresentaram um pH abaixo de 5,0, que é considerado o pH crítico no qual o esmalte dental se dissolve. Lembrou, ainda, que os sucos normalmente são mais danosos do que o consumo da fruta fresca, uma vez que para fazer uma porção de suco, são necessárias diversas frutas e, além

disso, o suco é mais concentrado, com a finalidade de intensificar o sabor. Ainda alertou para o fato de que a adição de vitamina C, para compensar a sua perda durante o processo de fabricação, contribui para aumentar a acidez dos sucos, e seu potencial para danificar os tecidos dentais.

Num experimento com animais de laboratório, para avaliar o dano erosivo de refrigerantes e sucos de frutas sobre o esmalte dental, MISTRY, GRENBY (1993) encontraram que os sucos cítricos, causaram um maior grau de desmineralização e que o pH também exerceu um papel importante sobre o potencial erosivo destas bebidas.

GRANDO et al (1993), estudando o potencial erosivo de refrigerantes e de um suco de limão industrializado, observaram, através de microscopia óptica, áreas de esmalte de dentes decíduos, submetidos a estes produtos testes, por vários períodos de tempo, que apresentaram grande perda de estrutura, que foi maior para os períodos de tempo maiores e mais severa para o grupo do suco de limão, determinando um maior potencial erosivo para o ácido cítrico, contido neste produto. O padrão de erosão encontrado na maioria das amostras, foi compatível com o padrão de desmineralização do tipo II, descrito por MJÖR, FEJERSKOV (1990).

Alguns pesquisadores também têm se preocupado com os aspectos da erosão associada a outros fatores, tais como abrasão, hábitos parafuncionais, deficiências salivares, problemas psicológicos, como agravantes no aumento da perda de estrutura dental.

DAVIS, WINTER (1980) avaliaram o efeito da abrasão sobre o esmalte e dentina normais e após erosão, verificando que a remoção da camada superficial protetora do esmalte, mais mineralizada e com alto conteúdo de flúor, levou a um aumento na taxa de abrasão quando a escovação foi realizada imediatamente após a exposição do tecido dental a substâncias ácidas.

KELLY, SMITH (1988) avaliaram, *in vitro*, a ação da saliva humana, de uma solução calcificante e do fluoreto de sódio 0,05 %, sobre o esmalte de dentes humanos, após exposição a um suco artificial de limão diluído a 50%, por 5 minutos. O grupo controle foi estocado em água deionizada e os grupos experimentais foram expostos às soluções teste pelo período de 2 minutos e, em seguida,

escovados mecanicamente, 200 vezes. Observaram que a escovação realizada logo após a erosão causou perda estrutural do esmalte dental de cerca de 0,25 nm de espessura em todos os grupos, sendo considerada prejudicial.

O caso de uma paciente de 18 anos de idade foi relatado por SWEENEY, SWANSON, KABAN (1977), encaminhada por seu ortodontista devido a encurtamento em seus dentes antero-superiores, com queixa de grande sensibilidade a líquidos quentes. Ao exame clínico foi constatada mordida aberta anterior. Os seis dentes apresentavam as superfícies linguais muito planas e altamente polidas. O esmalte estava tão fino nas superfícies proximais, linguais e incisais que a dentina estava quase exposta. Os pré-molares superiores apresentavam uma perda de esmalte definida porém menos extensa. Na anamnese a análise dietética da paciente, foi constatado o consumo diário anormal de uma bebida carbonatada de baixa caloria, com a finalidade de controlar o peso. A paciente revelou ainda que, durante 5 meses, havia provocado o vômito intencionalmente, após as refeições, numa tentativa de perder peso e, em seguida, ingeria esta bebida para não sentir fome. Concluíram que o maior fator envolvido na desmineralização dos dentes desta paciente, foi o banho repetitivo com ácido do conteúdo gástrico, associado ao consumo da bebida carbonatada que, por si só, desmineralizaria o esmalte em alguma extensão.

ECCLES (1982) descreveu 19 casos de pacientes jovens, até 21 anos de idade, que apresentavam erosão envolvendo mais severamente as superfícies palatais dos dentes antero-superiores permanentes. Os pacientes foram inquiridos de suas histórias médica, dental e dietética. A análise dietética foi especialmente relacionada com a ingestão de sucos e frutas cítricas, bebidas carbonatadas e outros alimentos ou bebidas semelhantes, consumidos exageradamente. A história médica foi relacionada a experiências de vômitos repetidos, regurgitações do conteúdo gástrico ou pirose. O padrão de erosão demonstrou os incisivos centrais mais afetados do que os laterais e os caninos menos. Em alguns casos os pré-molares e molares superiores estavam envolvidos. As margens do esmalte de alguns dentes estavam proeminentes e paralelas à crista da gengiva como uma linha branca, e a junção esmalte-dentina estava acentuada. Alguns dentes se apresentavam anormalmente curtos e, ocasionalmente, onde a estrutura dental estava muito fina, o bordo estava fraturado. Em dois casos havia exposição pulpar. As restaurações presentes, especialmente as de amálgama, estavam

acima do nível dos tecidos dentais circundantes. O autor citou que as causas mais prováveis, para estes casos de erosão, podem estar relacionadas a fatores dietéticos ou ácido gástrico presente na boca e que, a severidade da erosão poderia estar relacionada ao efeito abrasivo dos alimentos e da língua sobre o esmalte erosionado, antes de ocorrer remineralização. Enfatizou que os dentes recém-irrompidos são particularmente vulneráveis à desmineralização e permanecem assim por vários anos, de modo que a erosão pode ocorrer mais rapidamente.

Outro caso foi relatado por CARDOSO (1987), de perimolise avançada, em uma paciente de 23 anos, devido ao consumo diário de grandes quantidades de refrigerantes tipo "cola" associado à abrasão por bruxismo.

Além destes fatores, GRIPPO, SIMRING (1995), através de uma revisão sobre erosão dental, estabeleceram que esta está sempre associada a outros fatores inerentes ao meio bucal, tais como função oclusal ou hábitos parafuncionais, causando stress mecânico nos tecidos duros dentais, que pode desencadear ou acelerar o desenvolvimento de lesões de erosão que apresentam características diferentes, de acordo com os fatores associados envolvidos.

Quanto aos aspectos morfológicos da erosão MEURMAN, FRANK (1991) investigaram, sob M.E.V., o processo de erosão dental usando dentes humanos e bovinos, que foram imersos em bebidas ácidas, por vários intervalos de tempo (de 15 a 180 min). As bebidas usadas continham ácido fosfórico, cítrico ou málico. Observaram áreas de esmalte prismático e aprismático e áreas polidas e não polidas. Encontraram que, tanto no esmalte humano como no bovino prismático, a erosão iniciou afetando primeiro as áreas das bainhas dos prismas, seguida da dissolução dos corpos dos prismas e, finalmente, das áreas interprismáticas, que se mostraram menos afetadas. Quando os espécimes foram polidos, a erosão progrediu mais rapidamente, devido ao fato de que o polimento removeu a camada de superfície, mais externa, que é mais resistente ao ácido do que as mais profundas. Na superfície do esmalte humano aprismático observaram um tipo irregular de dissolução, com áreas afetadas severamente adjacentes a áreas menos afetadas, concluindo que o esmalte aprismático não se dissolve tão rapidamente quanto o esmalte prismático. Com relação ao conteúdo ácido das bebidas, confirmaram o achado de outros autores, de que o ácido cítrico foi o primeiro a

causar erosão, quando comparado aos ácidos fosfórico e málico. Concluindo, afirmaram que, ao lado do conteúdo ácido e valores de pH de uma bebida potencialmente erosiva, fatores estruturais no esmalte podem modificar grandemente a progressão da erosão.

2.3. Do diagnóstico da erosão dental

A maioria dos autores são unânimes em afirmar que o diagnóstico da erosão dental, em seus estágios mais precoces, é difícil. A detecção do problema, na maioria das vezes, é feito quando a patologia já se encontra em estágios mais avançados e a perda de estrutura dental é irreversível.

Diversos têm sido os critérios utilizados para classificar a erosão dental porém, todos têm se baseado nos graus de severidade com que esta patologia se manifesta.

ECCLES (1979) idealizou uma classificação para erosão dental, baseada na localização e severidade das lesões, que tem sido das mais aceitas e até hoje é usada pela maioria dos pesquisadores, que é apresentada no quadro 1:

Quadro 1 - Adaptação da classificação da erosão dental de Eccles (1979)

CLASSE	TIPO DE LESÃO
I	superficial - somente em esmalte
II	localizada - menos de 1/3 de envolvimento dentinário
III	extensiva - mais de 1/3 de envolvimento dentinário
	SUPERFÍCIE AFETADA
a	labial
b	lingual ou palatal
c	oclusal ou incisal
d	múltiplas faces

PINDBORG (1970) classificou a erosão de acordo com a quantidade de tecido dental atingido, conforme apresentado no quadro 2:

Quadro 2 - Adaptação da classificação de erosão dental de Pindborg (1970)

CLASSIFICAÇÃO	CRITÉRIOS
Esmalte condicionado	superfície de esmalte sem perda de contorno, aparência de vidro fosco
Grau 1	perda apenas de esmalte
Grau 2	perda de esmalte com envolvimento de dentina
Grau 3	perda de esmalte, dentina, com exposição de dentina secundária
Grau 4	perda de esmalte, dentina, com exposição pulpar

SMITH, KNIGHT (1984a) idealizaram uma classificação abrangendo os diversos tipos de desgaste dos tecidos dentais, tais como erosão, abrasão e atrição, isoladamente ou combinados, de acordo com a superfície dental atingida, visando padronizar a classificação de tais patologias, com finalidades de pesquisa. O Índice de Desgaste Dental de Smith & Knight tem sido dos mais utilizados e encontra-se no quadro 3:

Quadro 3 - Adaptação do Índice de Desgaste Dental de Smith & Knight (1984a)

VALOR	SUPERFÍCIE AFETADA	CRITÉRIOS
0	V/L ou P/O/I	ausência de alterações na superfície do esmalte
	C	ausência de alterações no contorno da superfície do esmalte
1	V/L ou P/O/I	perda das características da superfície do esmalte
	C	perda mínima no contorno da superfície do esmalte
2	V/L ou P/O	perda de esmalte, exposição de dentina, atingindo menos de 1/3 da superfície
	I	perda de esmalte com exposição de dentina
	C	defeitos com menos de 1mm de profundidade
3	V/L ou P/O	perda de esmalte expondo dentina por mais de 1/3 da superfície
	I	perda substancial de esmalte, dentina, sem exposição pulpar ou de dentina secundária
	C	defeitos com 1 a 2mm de profundidade
4	V/L ou P/O	perda completa de esmalte ou exposição pulpar ou de dentina secundária
	I	exposição pulpar ou de dentina secundária
	C	defeitos com mais de 2mm de profundidade ou exposição pulpar ou de dentina secundária

ASHER, READ (1987) classificaram a erosão dental de acordo com alterações nas características superficiais, perda dos tecidos e superfície dental atingida, apresentada no quadro 4:

Quadro 4 - Adaptação da classificação de erosão dental de Asher & Read (1987)

VALOR	CRITÉRIOS
0	ausência de perda das características da superfície do esmalte
1	perda das características da superfície do esmalte
2	perda de esmalte nas faces V, L e O, com exposição de dentina em menos de 1/3 das superfícies perda de esmalte incisal com exposição de dentina
3	perda de esmalte nas faces V, L e O, expondo dentina em mais de 1/3 das superfícies perda de esmalte incisal e de dentina, sem exposição pulpar
4	perda total de esmalte nas faces V, L e O, com exposição pulpar ou de dentina secundária, o mesmo ocorrendo no bordo incisal

Na abordagem de qualquer patologia é importantíssimo a identificação do agente etiológico, para o estabelecimento da melhor forma de tratamento e de prevenção. Inúmeros autores se preocuparam em determinar os agentes etiológicos da erosão dental, com fins diagnósticos e terapêuticos, classificando-os em intrínsecos e extrínsecos.

2.3.1. Fatores etiológicos intrínsecos

Seriam todos aqueles com origem em substâncias ácidas provenientes do próprio organismo do indivíduo, tais como:

- a) refluxo gastro-esofágico causado por distúrbios gastro-intestinais ou hérnia de hiato (HOWDEN, 1971, HELLSTRÖM, 1977, JÄRVINEN, et al, 1988, AINE, BAER, MÄKI, 1993), ou assintomático (TAYLOR et al, 1992);
- b) regurgitações consequentes de alcoolismo crônico (ROBB, SMITH, 1990);
- c) vômitos recorrentes devido a distúrbios gastro-intestinais (ECCLES, 1978; JÄRVINEN, MEURMAN, HYVÄRINEN, 1988);
- d) alterações no pH e qualidade do fluxo salivar (MANNERBERG, 1963, PINDBORG, 1970, SORVARI, KIRIVANTA, LUOMA, 1988, ROBB, SMITH, 1990, JÄRVINEN, RYTÖMAA, HEINONEN, 1991, O'SULLIVAN, CURZON, 1995);
- e) distúrbios psicológicos como anorexia e bulimia nervosa (HELLSTRÖM, 1977, BARTLETT et al, 1995);
- f) fatores inerentes ao meio bucal, determinados pelos contatos e atividade oclusal, hábitos parafuncionais, causando stress mecânico sobre os tecidos dentais (GRIPPO, SIMRING, 1995).

2.3.2. Fatores etiológicos extrínsecos

Estão relacionados a componentes ácidos da dieta, especialmente se consumidos exageradamente, contaminantes do meio ambiente industrial ou relacionados a práticas desportivas e a utilização prolongada de alguns medicamentos em especial:

- a) Ambiente atmosférico ácido, especialmente na indústria química e automobilística (BRITISH DENTAL ASSOCIATION, 1959, TEN BRÜGGEN CATE, 1968, SMITH, KNIGHT, 1984);
- b) Prática de natação em piscinas altamente cloradas (CENTERWALL et al, 1986);
- c) Ingestão frequente de frutas e de sucos de frutas cítricas, bebidas carbonatadas, com baixo pH (ECCLES, JENKINS, 1974, ASHER, READ, 1987, CARDOSO, 1987, SORVARI, MEURMAN, HYVÄRINEN, 1988, MEURMAN, HÄRKÖNEN, NÄVERI, 1990, GRENBY, MISTRY, 1991);

- d) Ingestão frequente de limão associado a bebidas alcóolicas (FULLER, JOHNSON, 1977) ou chás (CHEUNG, DIMMER, 1988);
- e) Utilização prolongada de medicamentos a base de ácido acetil salicílico (SULLIVAN, KRAMER, 1983), vitamina C, nas formas de tabletes de mascar, comprimidos efervescentes (SMITH, KNIGHT, 1984, MEURMAN, MÜRTOMAA, 1986), ou adicionada em sucos (TOUYZ, 1994).

Preocupados com estes aspectos, JÄRVINEN, RYTÖMAA, HEINONEN (1991) investigaram a erosão dental e os fatores de risco que afetam sua ocorrência, numa população de pacientes odontológicos da área metropolitana de Helsinque, verificando que houve considerável risco de erosão quando frutas cítricas eram ingeridas mais do que duas vezes por dia, refrigerantes eram bebidos diariamente, vinagre de maçã ou bebidas esportivas eram bebidos semanalmente. Verificaram, também, que o risco de erosão foi alto em indivíduos com vômitos ou que exibiam sintomas gástricos e naqueles com baixo fluxo salivar que resulta num enxágue e tamponamento inadequados dos ácidos desmineralizantes sobre a superfície dental. Encontraram erosão, também, associada com atividades esportivas ou de lazer, como a natação frequente em piscinas com água clorada. Alertaram para o fato de que a maioria das causas de erosão dental podem ser normalmente encontradas se a história do paciente for tomada cuidadosamente, com ênfase nos fatores gástricos e dietéticos, a fim de se antever e evitar qualquer exposição significativa que possa desencadear erosão.

A importância do diagnóstico precoce da erosão dental não se prende somente ao problema da perda de estrutura dental, mas a aspectos da saúde geral do paciente, pois, como tem sido citado na literatura, alguns fatores etiológicos estão relacionados a fatores intrínsecos, que nem sempre são percebidos pelo paciente e ou relatados aos profissionais da saúde, por medo, vergonha ou outros motivos pessoais.

HOUSE et al (1981) relataram o caso de uma mulher de 25 anos de idade, atendida no Serviço Dental do Centro Médico Regional Naval de Oakland, Califórnia, com queixa principal de sensibilidade nos molares inferiores do hemiarco direito. O exame clínico revelou erosão de esmalte, mais acentuada nas superfícies línguo-oclusais ou palato-oclusais dos dentes posteriores, compatível

com erosão causada por vômitos frequentes ou regurgitação. O questionamento da paciente não revelou episódios de vômito ou consumo exagerado de produtos cítricos. Após criteriosa avaliação médica e psiquiátrica e exames específicos, a paciente foi diagnosticada como sendo portadora de anorexia nervosa, com frequentes vômitos ocultos.

ECCLES (1982) salientou que pacientes que sofrem de regurgitação, vômitos recorrentes, anorexia nervosa ou pirose, necessitam cuidadosa supervisão médica e dental, pois os dentes se tornam mais susceptíveis à erosão, especialmente se a regurgitação ocorrer à noite, em ausência relativa de saliva. Com base nesta possibilidade, e em seu estudo com crianças na faixa etária de 22 meses a 16 anos de idade, pacientes de uma clínica de gastroenterologia, enfatizou o fato de que crianças e jovens em idade escolar, com erosão dental severa, mesmo com boa saúde aparente, devem ser encaminhadas para avaliação de um gastroenterologista pediátrico para confirmar doença de refluxo gastroesofageal.

ROBB, SMITH (1990) num estudo sobre a prevalência de desgaste patológico em pacientes com alcoolismo crônico observaram que a maioria destes indivíduos apresentaram desgaste de superfícies lisas que sugeriram tratar-se de lesões de erosão, semelhantes àquelas causadas por regurgitação. Estas lesões foram mais severas naqueles indivíduos que tinham hábitos contínuos de consumo de bebidas alcoólicas. Muitos destes pacientes também relataram episódios de náuseas e vômitos matinais, devido à gastrite crônica que é produzida pelo consumo de grande quantidade de álcool. Relataram ainda uma redução do fluxo salivar nestes pacientes. Devido ao fato de que o alcoolismo acarreta uma grande estigma social, muitos indivíduos se resguardam, não comunicando este fato para os profissionais de saúde, portanto, o Cirurgião-dentista poderá ser a primeira pessoa a suspeitar que um indivíduo está sofrendo de alcoolismo crônico, sob a evidência de uma erosão dental inexplicável.

Frente a casos diagnosticados como erosão dental, SWEENEY, SWANSON, KABAN (1977), ASHER, READ (1987) salientaram o fato de que, em mulheres jovens, com perda anormal de esmalte, particularmente dos dentes superiores, é importante determinar se há um consumo anormal de alimentos ricos em ácidos, se há regurgitação do conteúdo do estômago ou se há excessiva

projeção de vômito. Distúrbios psicogênicos, tais como obsessão para perda de peso devem ser considerados como um fator etiológico nestes pacientes.

A relação entre o consumo excessivo de bebidas industrializadas e outros alimentos de baixo pH e o desenvolvimento de erosão dental, tem sido bem estabelecido na literatura e deve ser considerado como um alerta para os profissionais de saúde, em especial os Cirurgiões-dentistas, no estabelecimento de um diagnóstico precoce desta patologia ou na determinação do risco de um paciente vir a desenvolvê-la.

FULLER, JOHNSON (1977) relataram dois casos de erosão dental causada pelo hábito de chupar limão fresco. Um dos casos estava relacionado a um processo rápido de erosão superficial que teria ocorrido durante um evento denominada "Festa da Tequila", na qual é hábito beber tequila e em seguida sugar metades de limão fresco. A paciente queixou-se de que à noite, seguinte à festa, sentiu os "dentes ântero-superiores rugosos". O exame clínico revelou um esmalte com aspecto rugoso e pontilhado com buracos de até mais do que 1 mm de diâmetro. Os dentes afetados também apresentavam uma linha branca próxima ao bordo gengival, na superfície vestibular. O segundo caso apresentava um estágio de erosão dental mais severa, porém com as mesmas características do primeiro caso, e estava relacionado ao hábito de sugar uma ou duas metades de limão, esporadicamente, em dias alternados, desde a infância, embora a paciente relatasse que, há um ou dois anos houvesse abolido o hábito.

MILLWARD et al (1994) realizaram um estudo em crianças na faixa etária de 4 a 16,5 anos, através de exame clínico das superfícies dentais e através de um questionário sobre hábitos dietéticos e de escovação. Os resultados mostraram que 14% das crianças foram classificadas como tendo lesões de erosão suave, 32% moderada e 60% severa. A investigação dietética mostrou que o consumo de refrigerantes foi um significativo fator no desenvolvimento da erosão, sendo que as crianças classificadas no grupo de erosão severa consumiam maior quantidade de bebidas carbonatadas e outros alimentos ácidos, tais como iogurte de frutas, frutas cítricas frescas e também consumiam mais bebidas de frutas, particularmente, na hora de dormir. Os hábitos de escovação dental não mostraram diferenças significantes entre os grupos, mas os autores alertaram para o fato de que a escovação

associada ao amolecimento dos tecidos dentais, pela erosão, produz mais destruição do que a erosão sozinha. Os autores concluíram que as crianças se tornam especialmente susceptíveis à erosão dental em função da ingestão prolongada de sucos de frutas, principalmente quando usados na mamadeira, como um confortador, na hora de dormir, devido à fina camada de esmalte e dentina dos dentes decíduos, o que pode levar a rápida e extensa exposição pulpar.

MOTOKAWA et al (1990) verificando um aumento no número de lesões de cáries em crianças pequenas que ingeriam refrescos industrializados, realizaram um estudo, através de questionários aos pais ou responsáveis de 196 crianças com idade média de 1 ano e 6 meses, atendidas num centro de saúde pública do Japão, com a finalidade de verificar o grau de consumo de refrescos industrializados por crianças de baixa idade, o motivo e recomendações de seu uso, idade do primeiro contato da criança com os produtos, forma de ingestão dos mesmos e o grau de conhecimento dos pais sobre a relação refresco-cárie. Os resultados mostraram que 70,4% destas crianças já haviam ingerido refrescos, sendo que 58,4 % iniciaram seu uso por indicação médica, como suplemento dietético, 24 % devido ao fato dos pais acreditarem estar beneficiando a saúde dos filhos, 5,6 % devido ao sabor agradável e 12 % por outros motivos. A idade média do primeiro contato da criança com o produto foi entre os 7 e 11 meses de idade, sendo que 10 % ingeriam através de mamadeiras. Quanto ao conhecimento dos pais da relação refresco-cárie, 39,6 % se declararam conscientes, enquanto 58,0 % afirmaram não ter conhecimento e 2,4 % não responderam. Diante dos resultados os autores condenaram o consumo indiscriminado de refrigerantes, sucos de frutas e refrescos artificiais por crianças e alertaram para a necessidade de uma orientação aos pais, pelos profissionais da área da saúde, sobre o potencial cariogênico e descalcificante dos mesmos devido ao seu baixo pH, altos conteúdos de glicose, sacarose e frutose.

2.4. Do tratamento da erosão dental

Em vista das dificuldades e do desconhecimento de grande parte dos Cirurgiões-dentistas, de todo o mundo, em diagnosticar precocemente e em determinar o risco do indivíduo a desenvolver um

quadro de erosão dental, o tratamento desta patologia se torna, na maioria dos casos, bastante complexo e oneroso para o paciente.

Em pacientes muito jovens, com lesões palatais em incisivos e caninos superiores, ECCLES (1982) recomenda a sua reconstrução com resinas compostas até a idade de 20 anos, para evitar possíveis danos pulpares decorrentes dos preparos para coroas de porcelana ou metalo-plásticas. Para casos de extensas perdas de estrutura da superfície oclusal de dentes posteriores, recomenda a reconstrução da dimensão vertical.

ASHER, READ (1987) recomendam a tomada de modelos de estudo de pacientes que apresentem desgaste dental patológico, com a finalidade de checar e prevenir a progressão dos defeitos da erosão. Lembraram a importância de alertar os pacientes dos efeitos danosos de certos hábitos alimentares e que, casos de desgaste dental severo, podem requerer medidas radicais para restabelecer a estética e oclusão do paciente.

DARBAR (1994) relatou o caso de uma paciente do sexo feminino, de 21 anos de idade que apresentava queixa de sensibilidade nos incisivos superiores, devido a severo desgaste erosivo das suas superfícies palatais e dos primeiros pré-molares superiores, que mostravam extensas áreas de dentina exposta. Em função do reduzido espaço interoclusal e dos dentes apresentarem suas superfícies vestibulares intactas, o autor decidiu restaurar estes dentes através do uso de coroas veneer, de ouro, coladas ao dente com um sistema adesivo de resina composta.

Verificando os aspectos da erosão dental, através do condicionamento ácido do esmalte, ALBERT, GRENOBLE (1971) realizaram um estudo, *in vivo*, em dentes decíduos que iriam esfoliar, para observar, através de M.E.V., a capacidade de remineralização do esmalte após condicionamento ácido, especialmente se este fosse repetido periodicamente, causaria danos permanentes à superfície do esmalte. Observaram que a superfície não atacada parecia polida, lisa e uniforme, enquanto que a porção recentemente atacada parecia extremamente rugosa, apresentando fendas e dissolução dos corpos dos prismas, deixando as áreas interprismáticas projetadas acima da superfície. Após 96 horas do ataque, a característica da superfície do esmalte parecia ter retornado ao normal, pela redeposição

de fosfato de cálcio proveniente da saliva. Concluíram que o esmalte é capaz de redepositar cálcio e fosfato da saliva e manter uma superfície normal, mesmo após um condicionamento ácido, quando não coberto e deixado exposto ao meio bucal.

GARONE FILHO, MURILLO Y MURILLO, GARONE NETO (1975), preocupados com a recuperação do esmalte após condicionamento ácido, salientaram que o condicionamento ácido do esmalte, para fins restauradores ou outros, é uma "descalcificação intencional controlada" do esmalte dental, feita em poucos segundos, que visa provocar um aumento na área e na energia da superfície do esmalte condicionado. As áreas descalcificadas e não recobertas pelo material restaurador podem ser remineralizadas pela deposição de Ca^{2+} e P de origem salivar em um período máximo de 96 horas. Contudo, enfatizaram que o "reendurecimento do esmalte só é possível quando a descalcificação não ultrapassou um determinado limite" e que, soluções contendo Ca^{2+} , PO_4^{3-} e íons F, são mais eficientes do que a saliva no reendurecimento do esmalte desmineralizado, sendo que o flúor diminui a solubilidade do esmalte dental pela formação de fluoreto de cálcio e/ou fluorapatita. Salientaram ainda que o esmalte reendurecido apresenta a mesma resistência ao ácido que o esmalte normal.

HACHIYA et al (1985) analisando a superfície do esmalte após condicionamento ácido, através de M.E.V., observaram que as irregularidades e depressões produzidas pelo ataque ácido se mantiveram após um mês, não desaparecendo totalmente mesmo após o esmalte ter sofrido desgaste pela escovação com um dentifrício contendo fosfato de cálcio. Salientaram que estas irregularidades poderiam facilitar o acúmulo de placa, predispondo a superfície do esmalte à cárie.

Vários pesquisadores têm pesquisado os efeitos dos fluoretos sobre o esmalte erosionado e, a despeito dos limitados resultados disponíveis de estudos experimentais, é prática clínica a instituição de tratamentos com fluoretos tópicos para pacientes com lesões de erosão dental, em conjunto com outros tipos de tratamentos reabilitadores (SORVARI et al, 1994).

CARDOSO (1987) realizou a reabilitação oral de uma paciente do sexo feminino, de 23 anos de idade, que apresentava comprometimento estético devido a intenso desgaste nas bordas incisais dos dentes antero-superiores, provocado pelo consumo excessivo de uma bebida tipo cola. O tratamento

consistiu, inicialmente, de ajuste oclusal, através de desgaste seletivo para obtenção de espaço na região anterior para colocação de próteses adesivas individuais, de estrutura metálica na região palatal e restauração das faces vestibulares com resina composta. O tratamento foi complementado pela indicação de bochechos diários de uma solução de fluoreto de sódio a 0,05% com o objetivo de remineralizar as áreas que se encontravam nos estágios iniciais de erosão, bem como na eliminação da ingestão de refrigerantes.

Num relato sobre um caso de erosão dental severa nos dentes decíduos e sinais precoces de erosão, com perda do brilho do esmalte normal nos dentes permanentes, em uma menina caucasiana de 9 anos de idade, que apresentou como fator etiológico refluxo gastroesofágico assintomático, TAYLOR et al (1992) recomendaram como tratamento o uso de moldeiras individuais para aplicação de um gel de NaF neutro duas vezes ao dia, para prevenir o dano aos dentes permanentes, associado a um tratamento médico visando reduzir a frequência e volume do refluxo.

Estudando o efeito inibitório do fluoreto de potássio, sílico-fluoreto de sódio e selantes de fissura, sobre a erosão dental, XONGA, SOGNAES (1973), verificaram, após 1 ano, que estes agentes preventivos retardaram o processo de erosão somente até certo grau, e sugerem que as forças de fricção, ao contrário das puramente químicas, têm um significado especial na origem da erosão dental, e que o simples tratamento químico da superfície dos dentes não é adequado para o controle da erosão.

LARSEN (1990) verificou que, se houver mais Ca^{2+} e/ou PO_4^{3-} e/ou F₂ na fase aquosa, durante a dissolução do esmalte, menos mineral será dissolvido e, portanto, a erosão será mais superficial. Assim, quando a quantidade de fluoreto na fase aquosa é suficiente, a camada de superfície se torna tão espessa e tão bem mineralizada que a sua desmineralização fica seriamente limitada. Por outro lado, se o esmalte com alta concentração de fluoreto for removido pela erosão, exporá a subsuperfície, que tem uma concentração mais alta de carbonato, o que torna o esmalte mais permeável e solúvel. O autor concluiu que, como o fluoreto introduzido na cavidade bucal é perdido algum tempo depois, um suplemento contínuo ao longo da vida é necessário, para atuar reduzindo a solubilidade do esmalte.

TANAKA, MORENO, MARGOLIS (1993) afirmaram que procedimentos de enriquecimento com fluoretos *in vitro*, simulando condições bucais, nas quais os desafios cariogênicos forçam a incorporação de flúor no esmalte, quando este íon está disponível nas fontes locais, através de bochechos ou dentifrícios, por difusão através da placa, são efetivos para tornar o esmalte mais resistente à dissolução sob condições ácidas.

TEN CATE (1994) afirmou que durante a desmineralização a camada de superfície, que tem uma composição diferente das camadas subjacentes, por ter maior conteúdo de flúor e por sofrer maiores alterações pela modificação ou "transformação química" dos cristais mais externos, é removida, deixa exposta uma camada com menor conteúdo mineral que fica sujeita às alterações ácidas do meio bucal. O aumento da resistência desta nova camada de superfície depende do conteúdo de fluoreto da solução e da severidade da desmineralização. Quando os fluxos opostos de cálcio, fosfato e íons flúor e do pH, na camada de superfície, resultam num local de supersaturação com respeito à fluorapatita, uma nova camada de superfície será formada, com um mineral menos solúvel do que a substância dental original.

SILVERSTONE (1977) estudou o reendurecimento do esmalte após um procedimento de desmineralização (amolecimento superficial, com um solução de acetato 0,001 M, em pH 5,5), encontrando que, quando 1 p.p.m. de flúor foi adicionado às soluções remineralizantes, acelerou o processo de reendurecimento do esmalte. Verificou que a adição de íons fluoreto aos fluidos calcificantes desempenhou um papel significativo em reduzir a taxa de solubilidade da superfície do esmalte, posteriormente.

MELLBERG (1984) observou que o esmalte remineralizado, particularmente quando formado em presença de fluoreto, é mais resistente a futuros ataques de cárie. A remineralização será aumentada pelo uso frequente de fluoreto, que pode ser através da água de consumo fluoretada, dentifrícios ou bochechos, que produzem uma remineralização muito lenta, porém mais profunda. O esmalte, no ambiente bucal, está em equilíbrio dinâmico com a saliva e os fluidos da placa e sofre constantemente, pequenos ganhos e perdas minerais. Quando as condições favorecem a perda de mineral, por exemplo

um baixo pH, ocorrerá a formação de erosão ou cárie, quando as condições favorecem o ganho de mineral, ocorrerá maturação ou remineralização.

MARGOLIS, MORENO, MURPHY (1986) monitoraram, através de M.E.V. e de luz polarizada, a desmineralização do esmalte humano em meio ácido, enriquecido ou não com fluoreto, observando que uma desmineralização rápida ocorreu quando em ausência de fluoreto. Quando a solução desmineralizante continha 1 ppm de fluoreto, nenhuma perda mineral foi observada. Concluíram que, num meio subsaturado com relação ao esmalte, este se dissolverá entretanto, em presença de fluoreto, o meio se torna mais altamente supersaturado com respeito a fluorapatita e, conseqüentemente, a deposição de uma fase apatítica fluoretada, na superfície do esmalte parcialmente dissolvido, será acelerada. Quando a taxa de deposição da fluorapatita é maior do que a taxa de perda mineral, a desmineralização do esmalte será efetivamente inibida.

CLARK et al (1988) compararam a remineralização do esmalte erosionado através do uso de um dentifício de fluoreto de sódio e de uma combinação de dentifício mais um agente fluoretado tópico, encontrando que o grupo do tratamento combinado mostrou mais fluoreto do que o grupo tratado somente com dentifício. Através de radiomicrografias revelaram um conteúdo mineral mais alto nos 2/3 basais das lesões tratadas combinadamente.

TEN CATE (1990), revisando os efeitos do fluoreto sobre os processos de des-remineralização do esmalte, demonstrou que a remineralização não ocorre somente durante os períodos de pH neutro, mas principalmente durante os períodos de queda de pH, quando ocorre um fluxo de íons e precipitados minerais, enquanto o esmalte está sendo dissolvido. Lembrou, ainda, que os períodos de desafio e possível reparo são usualmente de duração limitada na boca, desta forma, durante o dia podem ocorrer vários períodos rápidos de queda do pH, que se eleva lentamente até um nível fisiológico, resultando numa série de quedas de pH de 30 minutos, seguidos de períodos de repouso. Como a solubilidade dos minerais de fosfato de cálcio é pH dependente, estes ciclos levam a uma dissolução com conseqüente reprecipitação do mineral dental, assim, a presença de flúor no ambiente, pode levar a uma aumento da remineralização ou a uma inibição da desmineralização.

TEN CATE, DUIJSTERS (1993) Analisaram a influência do fluoreto em solução sobre a desmineralização do esmalte e observaram que a perda de íons cálcio e fosfato do esmalte, quando sujeito a uma solução desmineralizante, estava em função contínua do pH e do conteúdo de flúor na solução. A perda de cálcio e fosfato foi acompanhada de absorção de íons flúor pelo esmalte. A absorção de flúor aumentou sob condições de perda mineral, provavelmente devido ao aumento na área de superfície, mostrando ser dependente do suprimento de flúor, da perda mineral e do pH. Quando a solução estava supersaturada com respeito ao fluoreto de cálcio (CaF_2) houve uma taxa consideravelmente mais baixa de perda mineral, quando comparadas com soluções subsaturadas. Isto pode ser causado pela morfologia dos depósitos de CaF_2 , que formam uma camada globular, protegendo o esmalte subjacente, retardando a taxa de desmineralização.

SORVARI et al (1994) estudaram o efeito do fluoreto sobre a erosão inicial do esmalte, utilizando blocos de esmalte de terceiros molares humanos, que foram tratados por 24 horas com verniz Duraphat ou por 48 horas com uma solução de NaF 1,2%, lavados e imersos em bebida do tipo "cola" (pH 2,6) por 15 minutos, encontrando que ambos os tratamentos protegeram a superfície do esmalte do amolecimento, durante os estágios iniciais do processo, desde que os valores de microdureza dos grupos teste permaneceram significativamente mais altos quando comparados ao grupo controle.

Na tentativa de melhorar os procedimentos de remineralização do esmalte, para prevenir ou controlar a erosão dental, alguns investigadores têm proposto a adição de outros elementos químicos às soluções remineralizantes e/ou às bebidas com potencial erosivo.

SORVARI, KIVIRANTA, LUOMA (1988) em um estudo *in vivo*, em animais de laboratório, avaliaram o potencial erosivo de bebidas esportivas e de um produto-teste com um valor de pH de 3,2, puro ou adicionado com 15 p.p.m. de flúor, ou de 38,5 p.p.m. de magnésio, ou ainda de flúor e magnésio. Os resultados indicaram que os grupos que receberam o produto com adição de flúor ou de flúor e magnésio, apresentaram um decréscimo significativo no grau de erosão, quando comparados aos grupos que receberam os produtos puros. A adição de magnésio sozinho ao produto-teste não alterou seu potencial erosivo. Os autores observaram, ainda, que nas faces cobertas

por placa dental, o grau de erosão também foi significativamente menor, atribuindo este fato à presença física da placa sobre o dente e ao acúmulo de flúor na mesma. Concluíram que a suplementação de flúor às bebidas esportivas deve ser feita, uma vez que ficou provado o potencial erosivo destas bebidas e a eficiência do flúor na prevenção de lesões de cáries e de erosão dental.

GROBLER, HORST (1982) analisaram diferentes marcas comerciais de refrescos quanto ao pH, capacidade tampão e concentração de flúor, cálcio e fosfato inorgânico, afirmando que a adição de componentes orgânicos e inorgânicos, tais como cálcio e fosfato, modificam o potencial desmineralizante da dieta, por sua ação protetora contra os ácidos presentes na mesma, em especial os ácidos cítrico e tartárico. Salientaram ainda, que a adição de flúor, cálcio e ortofosfatos a estas bebidas reduziriam o efeito da dissolução do esmalte dental, devido à formação de compostos de fluoreto de cálcio amorfo, fosfato de cálcio hidrogenado e fluorapatita, que confeririam ao esmalte, maior resistência à ação dos ácidos presentes na dieta.

Com relação ao conteúdo, pH e capacidade tampão das bebidas esportivas, sucos, refrigerantes e outros alimentos, e sua influência sobre a erosão do esmalte, LISSI, JÄGGI, SCHÄRER (1993) observaram que, quando as bebidas esportivas continham flúor, o seu potencial erosivo diminuiu, assim como para aqueles alimentos com alto conteúdo de Ca^{2+} e P.

2.5. Do tratamento preventivo

MJÖR, FEJERSKOV (1990), em sua descrição sobre a estrutura do esmalte e suas características físico-químicas, referem que o esmalte é um tecido não vital e, portanto, é incapaz de regeneração. Baseados neste conceito, muitos autores têm se preocupado com os aspectos preventivos, através de informação e alerta aos pacientes, do potencial erosivo de determinados alimentos, bem como da elaboração detalhada de uma anamnese na busca de fatores de risco para o desenvolvimento da erosão dental.

ECCLES (1982) lembrou que, quando a erosão for detectada em estágios iniciais, pode não haver necessidade de tratamento restaurador, podendo se aplicar somente medidas preventivas e manter um controle para que o problema não progrida. Aplicações tópicas de fluoretos podem ser de grande ajuda para aumentar a resistência dos dentes aos ácidos.

Por ser a erosão dental um processo irreversível, SMITH, SHAW (1987), alertaram para o fato de que o consumo de sucos de frutas, por bebês, requer precauções a fim de prevenir a erosão dental e que, um alerta aos pais é requerido para a sua correta administração. Enfatizaram que é importante não deixar a criança com o suco em contato com os dentes por um período prolongado, como ocorre quando este é administrado em mamadeiras como um confortador, e que sua ingestão diária deve ser restringida.

A importância do diagnóstico precoce da erosão e a identificação dos fatores de risco, foram salientados por JÄRVINEN, RYTOMÄÄ, HEINONEN (1991), como sendo fundamentais para aumentar as possibilidades de sucesso do tratamento e reduzir complicações associadas com a intervenção mecânica, e que muitos fatores poderiam ser eliminados por medidas gerais, tais como o aumento na disponibilidade de informações sobre produtos ácidos, condições gástricas, bem como na alteração da fórmula de alguns produtos industrializados.

Para TOUYZ (1994), do ponto de vista dental, o consumo de grandes quantidades de sucos de frutas industrializados, não é nem natural, nem saudável. O aconselhamento dietético deve incluir a limitação da quantidade de ingestão de sucos, não utilizá-los congelados como picolés, encorajando os pacientes para consumi-los somente através de canudo, diluídos em água, reduzir sua frequência de ingestão ou consumi-los como parte de uma refeição, não como lanche ou isoladamente, e não bebê-los antes de dormir. O enxágue da boca com bochechos alcalinos ou com dentifrícios são medidas aconselháveis porém, a escovação dental logo após a ingestão de bebidas ácidas é desaconselhável, uma vez que pode provocar abrasão da superfície do esmalte amolecido. Segundo o autor, com estas medidas, o problema da indução de patologias dentais pelo consumo de sucos de frutas, pode ser reduzido.

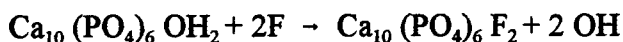
2.6. Do mecanismo de ação dos fluoretos

Os fluoretos tópicos têm sido amplamente utilizados na prevenção da cárie, no entanto pouco se sabe sobre sua efetividade no processo de erosão (SORVARI et al, 1994).

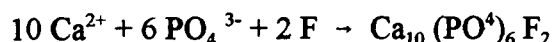
Diversos autores têm citado a utilização de fluoretos tópicos como tratamento complementar, em pacientes portadores de quadros de erosão (GARONE FILHO, MURILLO Y MURILLO, GARONE NETO, 1975, HACHYIA et al, 1985, CARDOSO, 1987, TAYLOR et al, 1992), no entanto, o efeito do fluoreto sobre a progressão da erosão não tem sido estudado de forma sistemática.

Para que se possa entender os efeitos dos fluoretos sobre os tecidos duros do dente, faz-se necessário entender os seus mecanismos de ação. Segundo WHITE, NANCOLLAS (1990), a reatividade do íon fluoreto com a apatita ocorre de três formas principais, conforme segue:

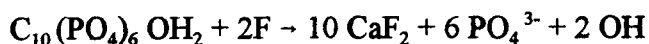
- (a) Por troca iso-tônica de íons F⁻ por íons OH⁻ na apatita, através da seguinte reação



- (b) Através do crescimento do cristal de fluorapatita a partir de soluções supersaturadas



- (c) Pela dissolução da apatita com formação de CaF₂



As reações (a) e (b) geralmente ocorrem com baixos níveis de fluoreto na solução, entre 0,01 e 10 p.p.m. de F⁻ e resultam na incorporação de fluoreto na rede apatítica, definido como "fluoreto firmemente ligado" ao esmalte, ou seja, nas formas de fluorapatita (FA) ou fluorhidroxiapatita (FHA). Em concentrações mais elevadas de flúor, entre 100 a 10.000 p.p.m., outras reações químicas têm lugar, com formação de quantidades significantes de CaF₂ (c). Estas reações são dependentes do pH, sendo que o CaF₂ pode ser formado em pH neutro quando as concentrações de flúor estão numa faixa

de 500 a 1.000 p.p.m., mas em níveis de pH mais baixos, pode ser formado em concentrações tão baixas como entre 10 a 100 p.p.m. de flúor na solução.

SILVERSTONE (1977), em seu estudo sobre os fenômenos da remineralização, observou que o efeito da remineralização requer a presença de fluoreto no ambiente fluído da superfície dental, enquanto o efeito da antissolubilidade aumenta a estabilidade química da superfície para subsequentes ataques ácidos. O fluoreto pode ser provido, nos sítios de dissolução, do fluído do ambiente oral ou de cristais que estão se dissolvendo no esmalte. Este fluoreto favorecerá as modificações no cristal de apatita. Desta forma, o enriquecimento do esmalte com fluoreto protegerá a superfície do dente, mesmo que parte deste fluoreto não se incorpore na rede apatítica do esmalte.

Estudando a significância da remineralização na prevenção de cáries, SILVERSTONE (1984) observou que, quando empregou soluções calcificantes, foram obtidos diferentes graus de remineralização que variaram com os diferentes níveis de cálcio nos fluídos e que, a presença ou ausência de íons flúor desempenhou um significativo efeito no aumento da remineralização, resultando numa unidade de fluorhidroxiapatita mais estável.

HATTAB (1986), ao estudar a difusão do fluoreto através do esmalte, utilizando três soluções de diferentes compostos fluoretados, constatou que o transporte de uma substância (íon, molécula ou complexo), através do esmalte, é governado por um complexo de fatores de relativa magnitude, entre eles, as propriedades estruturais e físico-químicas do esmalte, a reatividade do tipo de difusão com o mineral esmalte (adsorção ou trocas iônicas) e se a difusão ocorre através de ambas as fases líquida e sólida do esmalte, indicando que este se comporta como uma membrana seletiva de íons com um certo efeito peneira-molecular. Desta forma, a presença de flúor no sistema, poderia reduzir a força de direção da solubilidade do esmalte em ácido.

Alguns dados encontrados na literatura sugerem a possibilidade da formação de uma camada de superfície mais mineralizada,, quando há fluoreto disponível no meio bucal, como resultado de reações de adsorção ou incorporação de íons flúor na rede cristalina.

CHRISTOFFERSEN et al (1988) constataram que as aplicações tópicas profissionais de fluoretos, causam precipitação de CaF_2 ou de um material "tipo CaF_2 ", sobre o esmalte. Estes precipitados e as trocas iônicas entre os agentes tópicos e a superfície do esmalte formam uma camada de hidroxiapatita, sob a camada de CaF_2 , que pode se transformar em fluorapatita. Quando agentes fluoretados são aplicados, os íons Ca^{2+} , necessários para a formação do CaF_2 , são originados do esmalte. Assim, a hidroxiapatita (HA) e a fluorapatita (FA) são mais solúveis do que o CaF_2 , senão, o material "tipo CaF_2 " não poderia se formar sobre o esmalte. Em presença de fosfato, a taxa de crescimento e de dissolução dos cristais de CaF_2 fica severamente reduzida. Este efeito inibitório diminui com o decréscimo dos valores de pH. Desta forma os íons flúor são liberados lentamente e quando o pH é elevado podem ser reprecipitados como FA ou são adsorvidos nos cristais de HA, no esmalte subjacente.

Da mesma forma, FEATHERSTONE et al (1990) demonstraram que concentrações de 1 p.p.m. de flúor ou mais reduziram a taxa de dissolução inicial da apatita e que esta taxa aumentou em proporção à concentração de flúor, concluindo que as reduções encontradas nas taxas de dissolução foram o resultado do fluoreto na solução, do fluoreto adsorvido à superfície da apatita ou do fluoreto formando uma camada muito fina de uma fase de baixa solubilidade, semelhante a fluorapatita. Se a superfície do cristal de apatita do esmalte está em contato com o fluoreto, proveniente de fontes tópicas, e este flúor se adsorve junto com cálcio e fosfato, produzirá uma superfície tipo fluorapatita, embora a concentração total de fluoreto na superfície do esmalte nunca chegue próximo a 37.000 p.p.m. de flúor, como encontrado na fluorapatita pura, porém, a superfície dos cristais poderá facilmente se comportar como tal, reduzindo marcadamente a solubilidade do esmalte.

WHITE, NANCOLLAS (1990) avaliando a reatividade química do fluoreto firmemente ligado (FA) e fracamente ligado (CaF_2) no processo cárie e nos processos de des-remineralização, observaram que, em solução ácida, tanto a FA como a FHA provêm significantes quantidades de íons F para a solução. Em pH neutro, entretanto, o nível de F no ambiente é muito baixo, o que leva a crer que o fluoreto firmemente ligado provê um reservatório limitado de F, para aumentar a capacidade remineralizante da saliva. Já, o CaF_2 não é significativamente influenciado pelo pH da solução, e provê um alto nível de fluoreto no ambiente, que pode agir aumentando o processo de remineralização na

superfície do esmalte amolecido ou na subsuperfície da lesão. Assim, enquanto tanto a FA como o CaF_2 podem reduzir a desmineralização, através da liberação de íons flúor na solução ácida subsaturada, o CaF_2 exerce um efeito maior sobre a taxa de remineralização dos minerais adjacentes, através da liberação de F em pH neutro. Enfatizaram que o maior efeito do íon flúor, para aumentar o crescimento do cristal e retardar a dissolução do esmalte dental, é derivada da sua contribuição para aumentar a supersaturação ou diminuir a subsaturação no ambiente.

ARENDS, CHRISTOFFERSEN (1990) analisando a natureza e o papel do fluoreto fracamente ligado ao esmalte, sugeriram que o fluoreto fracamente ligado é o fluoreto adsorvido aos cristais do esmalte e que, o resultado da dissolução pode ser descrito por um modelo no qual existe um equilíbrio dinâmico entre o fluoreto na solução e o fluoreto adsorvido à superfície do cristal. Isto implica que, quando íons fluoreto não estão adsorvidos em certa região do cristal, este pode dissolver-se localmente. Assim, a total inibição da dissolução ocorre somente quando a solução se torna saturada com respeito a FA e a superfície do cristal está 100% coberta com íons flúor. Quando uma solução fluoretada, de cerca de 10 p.p.m. ou mais é usada, ocorre formação de CaF_2 na saliva, na placa, sobre os dentes ou em lesões de cárie, na forma de depósitos globulares. Estas estruturas globulares têm sido identificadas como um material "tipo CaF_2 " porque, *in vivo*, estão contaminadas por fosfato, proteínas e outros compostos, que alteram sua solubilidade. Além disso, na superfície do esmalte, *in vivo*, estes glóbulos ficam cobertos pela película adquirida e/ou placa e estão sujeitos às flutuações do pH, desta forma, o material "tipo CaF_2 " pode se dissolver durante as quedas de pH, provendo íons F₂ que se adsorvem à superfície do esmalte. Concluíram que aplicações frequentes de fluoreto, em baixas concentrações, são mais efetivas do que aplicações em altas doses, poucas vezes ao ano, porque os níveis de fluoreto livre e adsorvido ao esmalte são mantidos altos, e que o fluoreto adsorvido é mais importante, no efeito inibitório à dissolução do esmalte, do que aquele contido dentro do cristal.

Além da capacidade de reduzir a dissolução do esmalte à ação ácida, GAFFAR, AFFLITTO (1992) relataram que a atividade intrínseca do fluoreto, é sua habilidade para aumentar ou acelerar a deposição mineral no esmalte dental e inibir o processo de desmineralização.

Uma série de estudos sobre os mecanismos de ação dos fluoretos têm demonstrado a importância do pH, concentração, tempo de contato do fluoreto e presença de outros íons no meio, durante os processos de des-remineralização.

MCCANN (1968) estudou a atividade dos produtos da solubilidade da fluorapatita e do CaF_2 , devido ao fato de que estes dois sais se formam na superfície do esmalte, durante tratamentos tópicos com fluoretos. Encontrou que, em pH próximo ou abaixo de 6, a fluorapatita pode ser sintetizada e solubilizada, de tal modo, que ela pode reprecipitar e recristalizar até o equilíbrio. A taxa de solubilidade da FA pode variar e se tornar extremamente mais baixa, em função de traços de impurezas na sua composição. Quando se usam soluções ácidas, mais flúor pode ser incorporado à hidroxiapatita para formar fluorapatita. Em pH próximo a 4,5 as concentrações de Ca^{2+} e F_2 , dissolvidos da fluorapatita, são suficientes para igualar os produtos de solubilidade do CaF_2 , acima deste pH o CaF_2 tende a se precipitar. Com a adição de íons fosfato, ocorre um aumento do pH, o que reduz a solubilidade da fluorapatita. Assim a fase líquida fica em equilíbrio com respeito a fluorapatita e supersaturada com respeito ao CaF_2 . Desta forma, qualquer solução capaz de introduzir quantidades muito significantes de flúor no esmalte, pode formar uma quantidade considerável de CaF_2 , que atuaria durante os processos de dissolução, liberando íons flúor, que se incorporariam ao esmalte desmineralizado, para formar fluorapatita.

LAMMERS, BORGGREVEN, DRIESSENS (1991), através de radiomicrografias e testes de densitometria, encontraram que a presença de fluoreto durante a remineralização prévia do esmalte, retardou a desmineralização subsequente, no entanto, os espécimes remineralizados em pH 6,8, contendo baixas concentrações de flúor (0,03 p.p.m.), mostraram menor grau de desmineralização quando comparados com aqueles remineralizados em pH 5,5. Em presença de concentrações mais altas de fluoreto (0,3 ou 1,0 p.p.m.), a desmineralização dos grupos remineralizados em pH 6,8 tendeu a ser maior do que nos grupos remineralizados em pH 5,5, porém a diferença não foi estatisticamente significante. Concluíram que a presença de fluoreto, durante a remineralização, reduziu a quantidade de desmineralização subsequente e seu efeito inibitório foi dependente de concentrações mais baixas de fluoreto e do pH da solução remineralizante usada.

PETERSSON (1992) avaliando a eficácia cariostática dos bochechos com NaF neutro a 0,05 - 0,2% e de dois vernizes comerciais contendo flúor, verificou que a interação do fluoreto com o esmalte dental envolve diversas reações químicas com a apatita biológica, dependentes da sua composição química e ultraestrutura, concentração de fluoreto na apatita sólida, bem como do fluoreto adsorvido aos cristais da superfície. Verificou também que, após aplicações tópicas de fluoretos, a concentração de flúor na saliva, cerca de $1 \mu\text{mol/L}$, se eleva imediatamente e mantém esta concentração elevada por diversas horas após.

Atualmente, a utilização de fluoretos tópicos, em baixas concentrações e alta frequência, tem sido amplamente indicado preventiva e terapeuticamente para atuar nos processos de des- remineralização assim, RIPPÄ (1992) afirmou que, atualmente, o composto mais frequentemente utilizado é o fluoreto de sódio neutro, em baixas concentrações, para bochechos, que tem as vantagens da estabilidade química e um gosto agradável.

TOUMBA, CURZON (1992) avaliando os sistemas de aplicações tópicos frequentes de fluoretos, de concentrações relativamente baixas, encontraram que a liberação intra-oral de fluoreto varia irregularmente dentro de um período de 24 h, mas permanece elevada e estável, sob uma base de uso diário.

TANAKA, MORENO, MARGOLIS (1993) afirmaram que procedimentos de enriquecimento com fluoreto, *in vitro*, simulando condições bucais, nas quais os desafios cariogênicos forçam a incorporação de F⁻ no esmalte, quando este íon está disponível nas fontes locais, através de bochechos ou dentifrícios, por difusão através da placa, são efetivos para tornar o esmalte mais resistente à dissolução sob condições ácidas.

DUCKWORTH, STEWART (1994) observaram que as concentrações de fluoreto salivar aumentaram significativamente com o aumento da concentração de fluoreto na solução, a despeito do volume aplicado permanecer constante, concluindo que a concentração de fluoreto aplicada é mais importante na determinação da retenção oral de fluoreto do que o volume aplicado, uma vez que os bochechos são normalmente aplicados por um curto período de tempo, no qual somente uma fração,

da quantidade total de fluoreto aplicado, é retida na boca após ser expelido. Os autores sugeriram que a aplicação de um volume menor, com uma concentração mais alta de fluoreto pode aumentar a sua eficácia, sem aumentar o risco de efeitos adversos, desde que, quando dado a crianças, seja sob supervisão.

2.7. Da deposição de CaF_2 sobre o esmalte dental

A aplicação tópica de produtos fluoretados causa a deposição de produtos de reação ricos em flúor, na forma de depósitos globulares, que têm sido descritos na literatura como um material "tipo CaF_2 ", fluoreto fracamente ligado ao esmalte, flúor "on" ou fluoreto alcali-solúvel, assim como um aumento na quantidade de flúor ligado a rede apatítica do esmalte, na forma de cristais de fluorapatita (FA) ou fluorhidroxiapatita (FHA), também denominado de fluoreto fortemente ligado ao esmalte, flúor "in" ou flúor alcali-insolúvel. Estas denominações estão relacionadas com as características físico-químicas destes depósitos.

Vários estudos têm demonstrado a influência do pH, do condicionamento ácido ou dos processos de desmineralização sobre a deposição do CaF_2 , no esmalte.

SILVERSTONE (1983) investigando aspectos do processo de remineralização de lesões de esmalte *in vitro*, encontrou que baixas concentrações de fluoreto, na ordem de 1 p.p.m., resultaram num grau de remineralização maior do que o encontrado quando usou concentrações mais altas. Observou, também, que mais flúor foi tomado pela área da lesão do que pelo esmalte sadio circunjacente, concluindo que a lesão pode agir como um reservatório de íons fluoreto que favoreceria a remineralização, durante o processo de dissolução, quando os íons cálcio e fosfato são liberados.

HICKS, SILVERSTONE, FLAITSZ (1984) realizaram um experimento para investigar o efeito do ataque ácido sobre lesões de esmalte tipo cárie, tratadas previamente com NaF. Observaram que, quando o esmalte sadio é exposto a um agente fluoretado tópico, produtos de reação ricos em flúor, formam uma cobertura sobre a superfície do esmalte. O condicionamento do esmalte, após o

tratamento com o NaF, mostrou diferentes padrões morfológicos da superfície do esmalte, que dependeu do tempo de exposição e do tipo de agente ácido utilizados. A aparência variou de um padrão típico de condicionamento ácido do esmalte sadio, com microporosidades, até zonas com dissolução da periferia dos prismas. Em todas as superfícies encontraram uma camada de cobertura composta de pequenos glóbulos, sugestivos de tratarem-se de CaF_2 , concluindo que o ataque ácido, de uma lesão tratada com NaF, poderia facilitar a remineralização da lesão pelos fluidos orais ou por soluções remineralizantes sintéticas.

Avaliando a absorção de fluoreto em esmalte sadio e em esmalte com lesões artificiais tipo-cárie, através de tratamentos tópicos com diferentes agentes fluoretados, HICKS, FLAITSZ, SILVERSTONE (1986) observaram que o esmalte sadio adquiriu menos flúor do que o esmalte com lesões, indicando que as lesões de esmalte têm uma maior afinidade para absorver fluoreto do que o esmalte sadio. Demonstraram que os níveis aumentados de fluoreto presentes na lesão seriam de grande benefício em reduzir a probabilidade da progressão da lesão. Atribuíram isto ao fato de que a exposição da superfície do esmalte a agentes tópicos fluoretados resulta na formação de produtos de reação que podem afetar o início ou a progressão da lesão, por agir como uma barreira de difusão, reduzindo a solubilidade do esmalte, provendo um reservatório de produtos ricos em flúor, resultando na liberação de fluoreto na placa dental e nos fluidos orais, que podem aumentar a remineralização do esmalte durante os períodos de desmineralização, ou entre eles, mantendo a superfície do esmalte intacta.

Entre os métodos químicos utilizados para quantificar os produtos de reação depositados sobre o esmalte, particularmente o CaF_2 , após aplicações tópicas de fluoretos, vários autores têm utilizado o método de quantificação química proposto por CASLAVSKA, MORENO, BRUDEVOLD (1975), que consiste, basicamente, em remover o fluoreto álcali-solúvel (CaF_2), adsorvido na superfície do esmalte, com uma solução M de KOH.

DIJKMAN, TAK, ARENDS (1982) compararam a quantidade de fluoreto depositado sobre a superfície do esmalte e a quantidade de fluoreto adquirido pelo esmalte, após um único tratamento tópico com um gel de flúor fosfato acidulado e de dois vernizes tópicos contendo fluoreto,

demonstrando que os três diferentes tratamentos, sobre o esmalte humano, resultaram num enriquecimento do conteúdo de flúor no esmalte e no acúmulo de produtos de reação. Análises químicas demonstraram que este material se tratava de CaF_2 ou um material "tipo CaF_2 ". Demonstraram, ainda, que o tempo de contato tem um papel dominante no efeito fluoretante das camadas mais profundas do esmalte, bem como para a quantidade de CaF_2 depositada na superfície do esmalte.

Investigando a absorção e retenção de fluoreto alcali-solúvel e alcali-insolúvel sobre esmalte sadio após bochechos diários com solução de NaF 0,05% por duas semanas e uma semana após um único bochecho com uma solução de NaF 0,2%, ou após uma única aplicação tópica de uma solução de NaF 2%, por 4 minutos, ÖGAARD, RÖLLA, HELGELAND (1983a e b) encontraram uma baixa, mas significativa absorção de fluoreto alcali-insolúvel na camada mais externa do esmalte, após bochechos diários com NaF 0,05% durante duas semanas e após um único bochecho com NaF 0,2%, sendo que o maior incremento foi encontrado no grupo que recebeu um único tratamento com NaF 2% que, em grande parte, estava depositado no esmalte desmineralizado. O fluoreto alcali-solúvel, consistindo de CaF_2 ou outro íon fluoreto adsorvido ou fracamente aderido, consistiram na maior parte da fração de fluoreto retido, podendo servir como um reservatório de fluoreto que seria redepositado diretamente em áreas de desmineralização e cavidades, reduzindo a perda mineral pela reprecipitação de estruturas apatíticas estáveis. Os autores concluíram que este aumento no incremento de fluorapatita no esmalte desmineralizado pode ser devido à rápida transformação do fluoreto em fluorapatita, o que confirma a teoria de que o principal valor dos tratamentos com fluoretos tópicos é aumentar a remineralização de lesões que estão se formando no esmalte.

LARSEN, JENSEN (1986) avaliaram, através de análise química, diversas soluções fluoretadas para aplicação tópica e bochechos com relação a sua capacidade de formação de CaF_2 sobre o esmalte humano. Observaram que, quando uma solução de NaF 0,02% neutra foi usada, a quantidade de CaF_2 formada estava próxima do limite mais baixo de detecção, semelhante ao da água destilada. Atribuíram isto à transferência do fluoreto para a solução de enxágue utilizada (uma solução de KOH) que se mostrou saturada com CaF_2 . No entanto, quando o pH da solução fluoretante foi diminuído, ou o tempo de exposição foi aumentado, também aumentou a formação de CaF_2 sobre

o esmalte, pois os hidrogênios do ácido liberam o Ca^{2+} da estrutura dental, o que aumenta a atividade do fluoreto, permitindo a formação de maior quantidade de CaF_2 . Qualquer mecanismo que tende a suprimir a liberação de Ca^{2+} do esmalte, tende a diminuir a formação de CaF_2 . Observaram que a perda mineral é maior desde que nem todo o Ca^{2+} liberado do esmalte reage para precipitar CaF_2 , no entanto, presumindo que a remineralização substitui parte do mineral perdido, concluíram que um maior número de tratamentos tópicos pode ser feito, sem causar danos aos dentes.

MALMBERG, NORÉN, MELLSTRANDT (1987) trataram esmalte bovino (que é semelhante ao esmalte humano) com diversos agentes tópicos fluoretados e concluíram que a maior parte de fluoreto, após tratamentos tópicos, especialmente em altas concentrações, se deposita como CaF_2 .

ARENDS, REINTSEMA, DIJKMAN (1988) através da extração pelo KOH, seguindo a metodologia de CASLAVSKA, MORENO, BRUDEVOLD (1975) para análise do fluoreto álcali-solúvel, ou seja o CaF_2 , encontraram que cerca de 40% do fluoreto tomado pelo esmalte é extraível pelo KOH e pode ser considerado tratar-se de um material "tipo CaF_2 ".

SAXEGÅRD, RÖLLA (1988) observaram a deposição de grânulos de CaF_2 sobre a superfície de esmalte intacto e pré-tratado com duas substâncias, antes da aplicação tópica de soluções de fluoreto em diferentes tempos, concentrações, pH e disponibilidade de Ca^{2+} , concluindo que a disponibilidade de Ca^{2+} , obtida através da dissolução do esmalte por meio de um ataque ácido, é um importante fator para a formação de CaF_2 .

SEPPÄ (1988) estudou a remineralização de esmalte pré-amolecido através de única ou múltiplas aplicações de NaF com diferentes concentrações, com a finalidade de determinar a resistência ao ácido e a absorção de fluoreto pelo esmalte, encontrando que todos os tratamentos preveniram o amolecimento do esmalte efetivamente sendo que, os tratamentos com uma solução de NaF 0,01% foram os menos efetivos. Os esmaltes tratados com verniz fluoretado mostraram a melhor resistência ao ácido. O experimento demonstrou que o esmalte desmineralizado, remineralizou devido aos tratamentos com fluoretos, visto que o grupo controle, que não recebeu fluoreto, dissolveu marcadamente durante o período do experimento. A utilização dos vernizes foi hábil para promover

a remineralização, uma vez que as aplicações concentradas depositam uma camada de fluoreto solúvel, principalmente CaF_2 , sobre o esmalte, que se dissolve lentamente promovendo remineralização por longos períodos de tempo. Assim, as aplicações infrequentes de fluoretos concentrados, da mesma forma que as aplicações frequentes de bochechos, em baixas concentrações, podem resultar na presença contínua de pequenas quantidades de fluoreto na interface placa-esmalte, que levaria a um aumento no conteúdo de flúor do esmalte e na liberação de flúor no ambiente oral, durante os ataques ácidos.

SAXEGÅARD, RÖLLA (1989) realizaram dois experimentos, *in vivo*, para determinar a aquisição e a perda de CaF_2 em esmalte sadio e desmineralizado, durante bochechos diários com uma solução de NaF 0,023% e 0,9%, concluindo que o esmalte sadio adquiriu quantidades moderadas de fluoreto e mais como CaF_2 do que como apatita fluoretada e, que o esmalte desmineralizado depositou mais fluoreto como apatita fluoretada com uma tendência a diminuir a deposição de CaF_2 , continuando a incorporar mais fluoreto firmemente ligado, indicando que o CaF_2 foi transformado em apatita fluoretada através da remineralização do esmalte condicionado.

ÖGAARD (1990) numa revisão sobre as reações do fluoreto com o esmalte e as razões da retenção prolongada do CaF_2 no ambiente bucal, observou que o íon fluoreto em solução aquosa tem uma alta afinidade pelo esmalte dental. O flúor reage com o esmalte de diversas maneiras, pode se incorporar a rede apatítica por trocas iônicas, formando fluorhidroxiapatita ou fluorapatita, ou através de processos de dissolução-reprecipitação. Pode se adsorver ao mineral do esmalte e pode reagir com o carbonato (CO_3^{2-}) e fosfatos ácidos (HPO_4^{3-}) do esmalte para formar um precipitado, na forma de CaF_2 , que se deposita na superfície do esmalte.

CRUZ, RÖLLA, ÖGAARD (1991) quantificaram a formação de fluoreto álcali-solúvel (CaF_2) e álcali-insolúvel (FA), quando bochechos com soluções fluoretadas foram aplicadas em esmalte sadio humano, concluindo que, mesmo durante curtos períodos de aplicação, houve depósitos sobre a superfície do esmalte que aumentaram com o tempo de exposição, sendo que somente após o tratamento por 60 minutos, com NaF 0,05%, quantidades significantes de fluoreto álcali-solúvel foi depositada. Não encontraram quantidade mensurável de fluoreto firmemente ligado concluindo que,

provavelmente, este é formado como um produto final durante as reações de desmineralização-remineralização, na qual os íons fluoretos são provenientes do material "tipo CaF_2 ".

BRUUN, GIVSKOV (1991) quantificaram a formação de CaF_2 , sobre esmalte sadio e em lesões tipo cárie, após diferentes períodos de tratamento com uma solução de NaF 2% neutra e com verniz Duraphat, demonstrando que quantidades muito pequenas de CaF_2 são produzidas sobre esmalte sadio, quando comparado com lesões tipo cárie, após 5 minutos de aplicação da solução de NaF 2%. A quantidade de CaF_2 produzida sobre lesões tipo cárie, pelo verniz Duraphat, foram similares às da solução de NaF 2% quando aplicados pelo período de 18 horas. O aumento do tempo de aplicação não aumentou significativamente a precipitação de CaF_2 sobre o esmalte.

CHOW, TAKAGI (1991) realizaram um experimento para avaliar a efetividade de um sistema com duas soluções de fluoreto para bochechos, na deposição de fluoreto na superfície do dente, comparado com diversas outras soluções para bochechos, com mesmo conteúdo de flúor, comumente utilizadas. Observaram que as soluções que continham cálcio, fosfato e um pH mais ácido, tenderam a depositar mais produtos de reação (CaF_2) sobre a superfície do esmalte do que soluções de NaF, em pH neutro, lembrando que o flúor fosfato acidulado tem um baixo pH inicial, que causa a dissolução de pequena quantidade do mineral dental, necessária para a precipitação de CaF_2 . Por outro lado, a reação de precipitação do CaF_2 requer que a concentração de cálcio seja a metade daquela do flúor total, mas uma alta concentração de cálcio pode aumentar a taxa de precipitação de CaF_2 . Ainda, o fosfato na solução em altas concentrações pode causar a precipitação de fosfato de cálcio, o que deixa menos cálcio disponível para a precipitação de CaF_2 , sugerindo que o sistema utilizado, de duas soluções contendo cálcio e fosfato, seria significativamente mais efetivo do que o bochecho com NaF de mesma concentração de flúor.

BRUUN, GIVSKOV (1993) avaliando a formação de CaF_2 de preparados tópicos menos concentrados, que são usualmente aplicados por um período de tempo mais curto, e que atuam em combinação com a saliva (dentífricos fluoretados e soluções fluoretadas para bochecho), observaram que somente quantidades desprezíveis de CaF_2 foram produzidas sobre o esmalte sadio mas, sobre lesões artificiais de cárie, quantidade significativa foi depositada e foi maior com a solução de NaF

0,02% do que para os dentifrícios. Concluíram que a formação de CaF_2 sobre o esmalte sadio é de pouca importância clínica e pode ser perdido facilmente por forças físicas normais da cavidade bucal ou pela escovação. Nas áreas desmineralizadas, o aumento da área de superfície disponível, promove um maior acúmulo de produtos de reação, que são retidos nos poros da superfície por períodos prolongados, servindo como um reservatório de liberação lenta de flúor.

TEN CATE, DUIJSTERS (1993) estudaram a desmineralização do esmalte em soluções de fosfato de cálcio subsaturado com diferentes concentrações de fluoreto e pH, e concluíram que, durante o processo inicial de desmineralização, o cálcio é preferencialmente removido. A supersaturação da solução desmineralizante com respeito ao CaF_2 mostrou ser mais efetiva em retardar a taxa de desmineralização do que a solução supersaturada com fluorapatita, atribuíram este fato à diferente morfologia dos depósitos de CaF_2 , que formam uma camada globular na superfície do esmalte, protegendo as camadas subjacentes, devido a sua baixa taxa de dissolução em baixo pH.

Diversos autores têm demonstrado, através de imagens de microscopia eletrônica de varredura (M.E.V.), a presença de produtos de reação, na forma de grânulos de CaF_2 , denominados de material "tipo CaF_2 ", por estar contaminado com íons fosfato e/ou proteínas de origem salivar.

Segundo TEN BOSCH, BOOIJ (1992) a utilização de imagens de M.E.V., juntamente com análises químicas quantitativas da concentração de fluoreto, é extremamente importante para a confirmação de ambos os achados.

NELSON, JONGEBLOED, ARENDS (1983) utilizando três diferentes agentes fluoretados tópicos, sobre a superfície de esmalte íntegro, analisaram, através de M.E.V., o padrão morfológico da camada de superfície promovido por cada agente, encontrando uma camada de produtos de reação cobrindo a superfície do esmalte. Estes produtos tinham um formato globular, sugerindo tratar-se de CaF_2 , e variavam em tamanho e na distribuição, de acordo com o agente fluoretado utilizado.

BARBAKOW, SCHERLE, IMFELD (1985) examinaram, através de M.E.V., a morfologia do esmalte humano após tratamento com uma solução aquosa de SnF_2 8% e após vários períodos de

lavagem em água. Observaram a presença de precipitados, na forma de estruturas globulares, densamente agrupadas sobre a superfície tratada, com um limite bem definido entre os lados controle e teste. Estes depósitos foram diminuindo com o aumento do tempo de lavagem. Após 24 h em água não havia precipitado óbvio ou qualquer margem distinta entre as superfícies tratada e controle, porém a superfície tratada apresentava um aspecto granular rugoso o que foi atribuído ao ataque da solução ácida. A natureza do material amorfo, presente antes da lavagem, não foi definida mas foi julgada ser composta de estruturas globulares de CaF_2 , densamente condensadas.

ARENDS, REINTSEMA, DIJKMAN (1988) avaliaram, através de M.E.V., a presença de um material "tipo CaF_2 ", formado *in vivo*, sobre esmalte desmineralizado, após uso de dentifício fluoretado, por três diferentes técnicas. Observaram diminutos glóbulos, claramente visíveis nos espaços interprismáticos, que indicaram tratar-se de um material "tipo CaF_2 ". Pelo método de espectroscopia Raman encontraram sinais de intensidade semelhantes àqueles do CaF_2 sintético puro, concluindo que a lesão (esmalte atacado) continha CaF_2 na ordem de 1 vol %.

DIJKMAN, ARENDS (1988), após experimentos com um gel de flúor fosfato acidulado, e de dois vernizes fluoretados, Duraphat e Fluor-protector, encontraram glóbulos "tipo CaF_2 ", precipitados sobre a superfície do esmalte.

HATTAB, WEI, CHAN (1988) analisaram, através de M.E.V., alterações morfológicas no esmalte humano tratado com diferentes agentes tópicos fluoretados, encontrando que todos os tratamentos induziram a formação de uma cobertura, sobre a superfície do esmalte, composta de glóbulos de CaF_2 , de diversos tamanhos e formas, que variaram de acordo com o produto usado, e que permaneceram na superfície do esmalte por, pelo menos, 24 horas *in vivo*. Afirmaram que a retenção prolongada de uma cobertura de superfície, rica em flúor, pode agir como um reservatório de suplemento de flúor para o microambiente do esmalte, contribuindo, assim, para a sua remineralização.

CRUZ, RÖLLA, ØGAARD (1991) observaram que a formação de fluorapatita é um processo lento e o conceito mais recente é que a aplicação tópica de fluoreto causa deposição de um material "tipo

CaF₂" que é, subsequentemente, incorporado ao esmalte, através de reações de desmineralização-rem mineralização. Em seu estudo através de fotomicrografias de M.E.V. encontraram formação de grânulos de CaF₂ sobre a superfície do esmalte mesmo durante os períodos mais curtos de aplicação porém, o tratamento de 60 minutos promoveu uma distribuição mais regular e uniforme de glóbulos sobre a superfície da amostra.

Num estudo, através de M.E.V., para verificar se a película adquirida poderia interferir com a formação do CaF₂, durante uma aplicação tópica de uma solução de NaF 2% neutra, CRUZ, RÖLLA (1991) observaram que a mesma não afeta a deposição do CaF₂ sobre o esmalte, concluindo que o mecanismo envolvido poderia ser pela penetração do fluoreto na película adquirida e que o Ca²⁺ seria fornecido pela superfície do esmalte.

CRUZ, ÖGAARD, RÖLLA (1992) analisaram o fluoreto álcali-solúvel e álcali-insolúvel no esmalte dental humano, após aplicação de verniz Duraphat e de uma solução de fluoreto de sódio 2% neutra. Através de M.E.V. verificaram que nas amostras tratadas com NaF 2%, mais fluoreto foi depositado do que nas amostras tratadas com Duraphat. Análises químicas não mostraram quantidades mensuráveis de fluoreto firmemente ligado (álcali-insolúvel), concluindo que este seria formado mais tardiamente, durante os ciclos de pH da placa.

CHRISTOFFERSEN et al (1988) realizaram um trabalho com a finalidade de determinar as taxas de crescimento e dissolução do CaF₂ puro em suspensões aquosas, e o possível mecanismo controlando este processo, e para estudar as propriedades do material "tipo CaF₂" sintético, simulando aquele formado sobre o esmalte dental, como resultado de tratamentos tópicos com soluções acidificadas, contendo altas concentrações de flúor. Observaram que o CaF₂ puro têm um formato cúbico rugoso, com aproximadamente 1 a 2 μm de extensão, enquanto que o material "tipo CaF₂", que é contaminado por íons fosfato, se caracteriza por ser esférico e rugoso, com cerca de 0,1 a 0,03 μm, sendo que os glóbulos maiores são compostos por outros cristais muito menores. Quanto mais contaminados, menores são os cristais formados.

Tem, ainda, sido citada na literatura, a utilização de métodos de espectroscopia de dispersão de energia (E.D.E.) e Difração de Raios-X (HARDING et al, 1994), para determinação da composição química elemental destes depósitos, onde todos têm demonstrado tratar-se de uma substância com composição e características similares àquelas do CaF_2 puro.

DUSCHNER, UCHTMAN (1988) avaliaram, através de espectroscopia de absorção atômica para Ca^{2+} e espectrofotometria para P, o balanço de íons na superfície do esmalte após tratamentos com soluções de fluoreto, neutra ou ácida, em níveis relativamente altos de concentração de flúor, típicos de aplicações tópicas, encontrando que, com fluoreto nas soluções, a quantidade de cálcio removido da superfície do esmalte diminuiu drasticamente. Quando soluções de fluoreto, neutra ou levemente ácida foram usadas, o Ca^{2+} tendeu a permanecer imóvel enquanto que o PO_4^{3-} foi removido. A quantidade de PO_4^{3-} removido da superfície foi diretamente correlacionada com a concentração de fluoreto, acidez da solução e o tempo de tratamento, evidenciando que os íons fluoreto degradam a superfície do esmalte, mesmo em pH neutro. A espectroscopia eletrônica, junto com os dados analíticos da composição química da fase de solução, evidenciam um possível processo de degradação/precipitação induzido pelo fluoreto. Enfatizaram que, em trabalhos prévios, a precipitação de CaF_2 sobre a superfície do esmalte, após tratamentos tópicos com fluoreto, reduziu drasticamente a taxa de ataque ácido do esmalte e que, esta reduzida susceptibilidade ao ácido, é mantida enquanto os precipitados permanecem na superfície, o que está correlacionado diretamente com a estabilidade do CaF_2 sobre a superfície do esmalte.

2.8. Da solubilidade do CaF_2

O CaF_2 depositado sobre a superfície do esmalte, após aplicações tópicas de fluoretos, *in vivo*, tem sido descrito como um material "tipo CaF_2 ", em função de não ser um cristal de CaF_2 puro, por estar contaminado com íons fosfato (PO_4^{3-}) e proteínas salivares, que alteram a sua solubilidade, tornando-o mais solúvel do que o CaF_2 puro. Esta maior solubilidade, deste material "tipo CaF_2 ", levou alguns pesquisadores a acreditarem que estes depósitos seriam um produto de reação dos fluoretos

indesejável, uma vez que seriam perdidos rapidamente pela ação da saliva e que, portanto, deveria ser evitado (MCCANN, 1968).

Com a finalidade de estudar o balanço de íons na superfície do esmalte, após tratamentos com soluções de fluoreto neutra ou ácida, em níveis relativamente altos de concentração de flúor, semelhantes aos utilizado nas aplicações tópicas, DUSCHNER, UCHTMAN (1988) avaliaram, através de espectroscopia de absorção atômica para Ca^{2+} e espectroscopia para P, a quantidade de Ca^{2+} e PO_4^{3-} removidos da superfície do esmalte, durante tratamentos tópicos com fluoretos. Observaram que, quando soluções de fluoreto neutra ou levemente ácida foram usadas, o Ca^{2+} tendeu a permanecer imóvel enquanto o PO_4^{3-} foi removido. A quantidade de PO_4^{3-} , removido da superfície, estava diretamente correlacionada com a concentração de fluoreto, acidez da solução e o tempo de tratamento, evidenciando que os íons fluoreto degradam a superfície do esmalte, mesmo em pH neutro. Os resultados da espectroscopia eletrônica, junto com os dados analíticos da composição química da fase de solução, evidenciam um possível processo de degradação/precipitação, induzido pelo fluoreto. Enfatizaram que, em trabalhos prévios, a precipitação de fluoreto de cálcio sobre a superfície do esmalte, após tratamentos tópicos com fluoretos, reduziu drasticamente a taxa de ataque ácido do esmalte e que esta reduzida susceptibilidade ao ácido é mantida, enquanto os precipitados permanecem na superfície, o que está correlacionado diretamente com a estabilidade do CaF_2 , sobre a superfície do esmalte.

DIJKMAN, BOER, ARENDS (1983), num estudo *in vivo*, seguiram por um período de três meses a quantidade de fluoreto presente sobre e no esmalte humano, após uma única aplicação de flúor fosfato acidulado gel e de dois vernizes fluoretados (Duraphat e Fluor-Protector). O CaF_2 foi perdido em todos os três tratamentos, numa taxa de cerca de 20 g/cm^2 na primeira semana, no entanto, para o Fluor-Protector, havia quantidade notável de flúor após um mês. O mesmo sucedeu com o flúor "in" (FA), o que levou a concluir que, se suficiente CaF_2 é depositado sobre o esmalte, *in vivo*, por um período de tempo suficientemente longo, a quantidade de F. adquirido pelo esmalte, na forma de fluorapatita, pode ser aumentada significativamente.

CHRISTOFFERSEN et al (1988) avaliando a taxa de dissolução do CaF_2 puro e do material "tipo CaF_2 ", observaram que os cristais de CaF_2 contaminado, quando expostos à água ou a um tampão fosfato em pH 6,0, inicialmente se dissolvem mais rápido do que o CaF_2 puro, o que permite uma liberação mais rápida de íons flúor. Explicaram o mecanismo de dissolução do CaF_2 , através de um mecanismo de hidratação parcial dos íons cálcio, situados na superfície do cristal. Esta hidratação não permitiria a formação de ligações iônicas fortes, desta forma ocorrendo a dissociação e liberação de íons flúor. Como os íons cálcio subjacentes ficam parcialmente hidratados, impedem o rápido retorno dos íons flúor. A dissolução do CaF_2 puro é severamente inibida pela presença de fosfato na solução, indicando que os cristais de CaF_2 puro, precipitados sobre o esmalte dental, não podem agir como um reservatório de liberação lenta de flúor e que o material "tipo CaF_2 ", contendo fosfato, é mais apropriado, devido a sua taxa de dissolução mais rápida.

RÖLLA (1988), em um estudo sobre o papel do CaF_2 no mecanismo cariostático do fluoreto, determinou que o CaF_2 , de fato, tem uma solubilidade limitada na saliva e que ele persiste por semanas, após uma simples aplicação tópica de fluoreto. Presumiu que a resistência do CaF_2 é causada pela adsorção de íons PO_4^{3-} secundários, em sítios ativos, sobre os cristais de CaF_2 e à formação de uma fase limitante da solubilidade. Também observou que o CaF_2 estabilizado com o PO_4^{3-} se torna instável em baixo pH, pela perda destes íons. Os íons F_2^- , assim liberados, podem reagir com íons Ca^{2+} e PO_4^{3-} e com fosfatos ácidos, que são formados no ou liberados do esmalte durante desafios cariogênicos, causando a reprecipitação destes na forma de fluorhidroxiapatita, no entanto, mais importante é a reação de recristalização *per se*, que ocorre quando o ambiente está supersaturado com relação a FA e FHA, quando os componentes do esmalte desmineralizado estão imobilizados pelos íons F_2^- , em lugar de serem perdidos para a fase líquida circundante. Por outro lado, os cristais de fluorapatita se formam através de reações de dissolução/precipitação e se adsorvem à superfície do CaF_2 , o que pode ser significativo como uma fase mineral mais resistente ao ácido.

ÖGAARD (1988) avaliou a aplicabilidade das técnicas de ataque ácido para a determinação do fluoreto, depositado sobre o esmalte, após tratamentos tópicos com fluoretos, indicando que o material "tipo CaF_2 " foi totalmente removido por estas técnicas, enquanto que o CaF_2 puro dissolveu

mais lentamente. O presente estudo indicou que o material "tipo CaF_2 ", formado sobre o esmalte durante tratamentos tópicos com fluoretos, pode ter propriedades químicas diferentes do CaF_2 puro porém, estudos *in vivo*, demonstraram que este material é mais estável no ambiente bucal. O PO_4 adsorvido ao material "tipo CaF_2 " reduz a sua solubilidade, o que é de grande interesse clínico.

SAXEGÅARD, LAGERLÖF, RÖLLA (1988) estudaram o comportamento de dissolução do CaF_2 na saliva, simulando condições bucais, e na água, demonstrando que a taxa de dissolução do CaF_2 é mais baixa na saliva do que na água. Este fato foi atribuído aos íons PO_4^{3-} presentes na saliva que se adsorvem à superfície do CaF_2 , formando uma fina camada de cobertura que limitaria a dissolução do CaF_2 , num contínuo efeito inibitório cumulativo, pelo aumento no grau de interação entre o CaF_2 e o PO_4^{3-} , concluindo que a adsorção de íons PO_4^{3-} sobre os cristais de CaF_2 é, provavelmente, o maior mecanismo na redução da taxa de dissolução do CaF_2 .

SAXEGÅARD (1988) estudou o comportamento de dissolução do CaF_2 em KOH 1M após incubação em água e em um tampão de fosfato de sódio, demonstrando que o CaF_2 , quando exposto ao PO_4^{3-} , mostra uma redução na sua taxa de dissolução em álcali (KOH), que é dependente do tempo, ou seja, quanto maior o tempo de exposição do CaF_2 ao PO_4^{3-} , mais reduzida será sua taxa de dissolução, reafirmando a teoria da formação de uma camada de cobertura, formada por íons PO_4^{3-} e de fluorapatita, sobre o cristal de CaF_2 , reduzindo a sua solubilidade, o que levaria a uma subestimação da quantidade de CaF_2 formada sobre a superfície de esmalte, após tratamentos com fluoretos tópicos.

IJIMA, KOULOURIDES (1989) observaram que o fluoreto formado na superfície do esmalte sadio (CaF_2) é menos estável do que o formado ou incorporado (fluorapatita) na lesão do esmalte, podendo ser removido pelo aumento do fluxo salivar, mecânicamente pela escovação ou pela mastigação. Salientaram ainda que, o esmalte desmineralizado apresenta abundantes microespaços na sua subsuperfície que podem ser, parcial ou totalmente, preenchidos com cristais ricos em fluoreto durante os períodos de remineralização. A aparência morfológica deste depósito, observado em M.E.V., é de glóbulos esféricos.

A quantidade e tamanho destes glóbulos tem se mostrado dependente do pH, concentração de flúor no ambiente e do tempo de exposição. *In vitro*, a taxa de dissolução do CaF_2 tem se mostrado muito mais lenta do que se pensava anteriormente. O CaF_2 , formado nas depressões ou nas linhas das periquimácias, não seria tão facilmente lavado ou removido mecanicamente, como nas superfícies lisas. Em pH de 6,5 a 8,5 íons PO_4^{3-} se adsorvem à superfície do CaF_2 , formando uma camada que limita a sua taxa de solubilidade. Na saliva íons PO_4^{3-} e moléculas de proteína se adsorvem à superfície do CaF_2 . Esta cobertura é solubilizada em pH abaixo de 5, agindo como um depósito controlado pelo pH para liberação de íons flúor, durante os períodos de queda de pH. Por outro lado, parte do CaF_2 pode se transformar em fluorapatita, que tem uma taxa de solubilidade menor que a hidroxiapatita (ÖGAARD, 1990).

RÖLLA, SAXEGAARD (1990), numa revisão sobre a natureza química e composição do CaF_2 , formado após curtos períodos de aplicação de agentes fluoretados, tais como dentifrícios e bochechos, observaram que o fluoreto é retido principalmente como CaF_2 , numa forma não pura, com um precipitado de íons PO_4^{3-} . Estes íons PO_4^{3-} , presentes durante a formação do CaF_2 na fase líquida, parecem inibir a precipitação do CaF_2 , de soluções saturadas e, também, limitar o tamanho do cristal. Por outro lado, os cristais de CaF_2 , com concentrações relativamente altas de PO_4^{3-} são depositados em pH neutro, e parecem ser mais solúveis do que o CaF_2 puro, depositado em pH mais baixo. Em água, a dissolução do CaF_2 contaminado com PO_4^{3-} é reduzida na mesma extensão que o CaF_2 puro portanto, *in vivo*, a quantidade de PO_4^{3-} presente na saliva, é capaz de inibir a taxa de dissolução do CaF_2 , mesmo aquele formado em pH neutro. Desta forma, quando o pH cai abaixo de 5 ocorre a liberação dos íons limitantes da dissolução da superfície do CaF_2 depositado sobre o esmalte. Assim, o CaF_2 pode servir como um reservatório de liberação lenta de flúor, governado pelo pH, que economiza flúor quando em pH neutro, devido aos íons PO_4^{3-} adsorvidos a sua superfície. Para a formação de fluorapatita, o processo consome mais tempo e necessita da presença de fluoreto no ambiente por extensos períodos de tempo, ocorrendo somente durante os ciclos de pH, nos processos de des-remineralização.

ÖGAARD, RÖLLA (1992) afirmaram que o material "tipo CaF_2 " é globular e quimicamente diferente do CaF_2 puro, que é cúbico. O material "tipo CaF_2 " tem sido descrito como CaF_2 contendo PO_4^{3-} que interfere com a formação do CaF_2 , tornando-o menos solúvel.

LARSEN, RAVNHOLT (1994) estudando a dissolução do CaF_2 puro e do CaF_2 com vários graus de impurezas, em soluções inorgânicas e na saliva humana estimulada, demonstraram que a dissolução do CaF_2 não é um simples processo direto, mas apresentou três padrões diferentes, dependendo da natureza e origem do sal e da composição da solução solubilizante. Em água destilada, embora a solubilidade dos sais tenha diferido levemente, a saturação com respeito a apatita e fluorapatita foi rapidamente estabelecida e nenhuma outra reação ocorreu. Quando expostos a saliva, saturada com respeito ao CaF_2 , foi necessário aumentar a concentração de flúor para 4 a 6 p.p.m., acima do valor fisiológico de 0,04. Tal concentração de flúor levou a uma supersaturação com respeito a fluorapatita de cerca de 100 vezes, levando à dissolução do CaF_2 , elevando a concentração de flúor e reduzindo a concentração de Ca^{2+} e PO_4^{3-} na solução. Em soluções de fosfato (PO_4^{3-}), somente o CaF_2 puro não alterou a concentração de PO_4^{3-} na solução. Concluíram que o CaF_2 menos perfeitamente cristalizado é mais facilmente dissolvido do que o CaF_2 puro e que, portanto, o material "tipo CaF_2 " formado sobre o esmalte, após aplicações tópicas de fluoretos, é de mais baixa qualidade e se dissolveria rapidamente, saturando a saliva com respeito ao CaF_2 , induzindo a formação de fluorapatita que, por sua vez, aumentaria a concentração de fluoreto na solução, levando a uma rápida dissolução e conversão do CaF_2 em fluorapatita.

2.9. Da remoção do CaF_2 da superfície do esmalte

CASLAVSKA, MORENO, MARGOLIS (1975) realizaram um experimento para quantificar o CaF_2 formado sobre o esmalte humano, por soluções de fluoreto. Avaliaram a dissolução do CaF_2 com diferentes quantidades de fluorapatita sintética, misturas de esmalte pré-fluoretado e CaF_2 , e blocos de esmalte, quando submetidos a um tratamento com hidróxido de potássio (KOH) 1M, por um período de 24 horas. Os resultados mostraram que, quando misturas de CaF_2 e compostos apatíticos são expostos a uma solução fortemente alcalina (KOH), ocorre a dissolução dos sais formados

(CaF₂), porém, não ocorre dissolução da apatita. Este comportamento químico distingue o CaF₂ do fluoreto contido na apatita, na forma de fluorapatita ou fluorhidroxiapatita, formadas durante as aplicações de soluções tóxicas de fluoretos sobre os dentes. Quando analisaram a solução de KOH, esta se mostrou saturada com respeito ao CaF₂ e ao hidróxido de cálcio (Ca(OH)₂), indicando que parte do Ca²⁺ se precipita na forma de Ca(OH)₂. Esta precipitação induz futuras dissoluções do CaF₂ até que a solução se torne saturada com ambos os sais, o que indica o limite para o qual o CaF₂ pode dissolver neste meio alcalino. Através de cálculos matemáticos concluíram que, em sistemas contendo menos do que 60µg de CaF₂ por ml de KOH, todo o sal se dissolveria, sem precipitação de Ca(OH)₂, e o F₂ detectado na solução corresponderia ao F₂ inicialmente presente neste sal. O Ca²⁺ e o F₂ presentes na solução, reprimem a solubilidade do mineral esmalte, de tal forma, que nenhum PO₄ pode ser detectado na solução alcalina, indicando que as concentrações de Ca²⁺ e/ou F₂ reduzem drasticamente a solubilidade do fosfato básico de cálcio (hidroxiapatita).

Com a finalidade de determinar se o CaF₂ poderia se formar sobre esmalte sadio, durante tempos de tratamento clinicamente relevantes, HARDING et al (1994) realizaram um estudo usando duas soluções de fluoreto neutras (0,26 mol /L F₂), com e sem lactato, utilizando blocos de esmalte bovino, com e sem película adquirida. O fluoreto álcali-solúvel foi determinado através de análises químicas, pela técnica de extração do CaF₂ com KOH 1M / 24 h, através de M.E.V., de difração de raios-X e de espectroscopia de dispersão de energia. Encontraram que o CaF₂ foi o produto que mais se formou sobre as amostras de esmalte, como resultado do tratamento com soluções fluoretadas, sob a forma de grânulos, que variaram no formato de acordo com a solução utilizada. Nas amostras de esmalte tratado com solução contendo lactato, apresentaram uma forma cuboidal, enquanto nos espécimes tratados sem lactato, os grânulos eram mais esféricos. Nas amostras com película, encontraram uma precipitação de cristais de forma esférica ou globular, somente após 60 minutos, independente da presença do lactato na solução fluoretada.

Assim, o método de extração do CaF₂ pelo KOH sugere uma grande especificidade na sua quantificação total, sendo que o fluoreto não removido por este método, provavelmente corresponde aquele adsorvido mais fortemente ao cristal (FHA) ou fazendo parte da rede apatítica (FA).

3 PROPOSIÇÃO

Com base nos dados encontrados na literatura, demonstrando a formação de compostos químicos promovidos pela aplicação tópica de fluoretos, bem como a quantificação química dos níveis de fluoreto, adquiridos pela superfície do esmalte, realizamos este estudo *in vitro* com as seguintes proposições:

- 1) analisar morfológicamente, através de Microscopia Eletrônica de Varredura (M.E.V.), a superfície do esmalte de dentes decíduos humanos, sadio e erosionado com suco de limão;
- 2) analisar, através de M.E.V., as modificações morfológicas da superfície do esmalte de dentes decíduos, sadio e erosionado, submetidos ao tratamento com uma solução de NaF 2% neutra;
- 3) analisar, através de M.E.V., a morfologia da superfície do esmalte de dentes decíduos, sadio e erosionado, após tratamento com uma solução M de hidróxido de potássio (KOH), para remoção do fluoreto de cálcio (CaF_2) depositado sobre o esmalte, após o tratamento com solução de NaF 2% neutra;
- 4) quantificar quimicamente o CaF_2 depositado sobre o esmalte sadio e erosionado, comparando o nível de deposição entre as duas superfícies;
- 5) determinar, através de Espectroscopia de Dispersão de Energia (E.D.E.) a composição química elemental da superfície de esmalte sadio e erosionado, após a remoção do CaF_2 .

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Especificações de materiais, instrumentais e aparelhos

Ácido Nítrico

Acrílico rosa para prótese

Adesivo instantâneo Super Bonder (LOCTITE BRASIL LTDA. - SP, BR)

Agitador magnético 257 FANEM

Agitador Orbital mod. 255-B FANEM

Água destilada

Água destilada deionizada

Alicates ortodônticos, n° 150 e de corte

Aparelho micro-fatiador Buehler Isomet (AB - Buehler Ltd.)

Bakers de polietileno

Branco de Espanha

Cera para fundição azul (Wilson Ind. Com. de Artigos Dentários Ltda.)

C.D.T.A. p.a. (Vetec Química Fina Ltda.)

Citrato de sódio dihidratado p.a. (Grupo Química Industrial Ltda.)

Citrato trissódico 2.hidratado p.a. (Merk S.A. Indústrias Químicas)

Cloreto de Sódio

Contra-ângulo

Corning pHmeter 220

Disco de diamante Diamond Wafering Blade Low Speed Saw

Dissecador Pyrex

Eletrodo para Flúor Orion 9409 Calomelano Ingold

Escova de Robinson
Esmalte de unhas (Colorama 1010)
Estereomicroscópio
Fio de aço cirúrgico
Fluoreto de Sódio p.a. (Merk S.A. Indústrias Químicas)
Formol 2%
Hidróxido de Potássio p.a. (Reagen - Quimibrás Ind. Químicas S.A.)
Metanol absoluto
Micro-fatiador (Buehler Isomet, AB - Buehler Ltd.)
Micro-motor
Microscópio Eletrônico de Varredura Jeol JSM-5300
Microscópio Eletrônico de Varredura XL 30 Philips
Micro-sonda de Raios-X Edax XL30 Philips
Paquímetro Mitutoyo (padronizado internacionalmente)
pHmetro HI 8014 (Hanna Instruments)
pHmetro Micronal B 374
Potenciômetro (MICRONAL B 374)
Resina de poliuretano
Sílica gel azul (CETUS - Ind. e Com. de Produtos Químicos Ltda.)
Sonicador Thornton T14
Sputter coater BLAZERS SCD-050
Stubs de alumínio para M.E.V.
Suco de limão LIMONJAL (Citro-Fischer Produção e Comércio de Bebidas Ltda.)
TISAB III (preparado com reagentes grau analítico)

4.2. Considerações gerais

A amostra consistiu de 6 molares, de um total de 18 molares decíduos, esfoliados e doados para este estudo. A seleção foi feita através de um estereomicroscópio, sendo descartados aqueles elementos

que apresentavam trincas, lesões de manchas brancas ou outros defeitos estruturais. Após limpeza com uma pasta de branco de Espanha e água destilada, com taça de borracha em baixa rotação, foram mantidos em formol a 2% até o uso.

Cada dente foi incluído em uma resina de poliuretano, formando uma base para fixação em um aparelho micro-fatiador (Buehler Isomet, AB - Buehler Ltd.), onde foram seccionados com um disco diamantado (Diamond Wafering Blade Low Speed Saw), em 6 fatias, no sentido vestibulo-lingual e paralelo ao longo eixo do dente, medindo 0,5mm de espessura (medidas com um paquímetro Mitutoyo). Cada fatia foi montada em uma haste de aço cirúrgico, presas comacrílico rosa para prótese, identificadas com uma etiqueta adesiva conforme modelo:

Dente 1 Fatia 1 = D1F1; Dente 1 Fatia 2 = D1F2, e assim por diante. (FIG. 1)

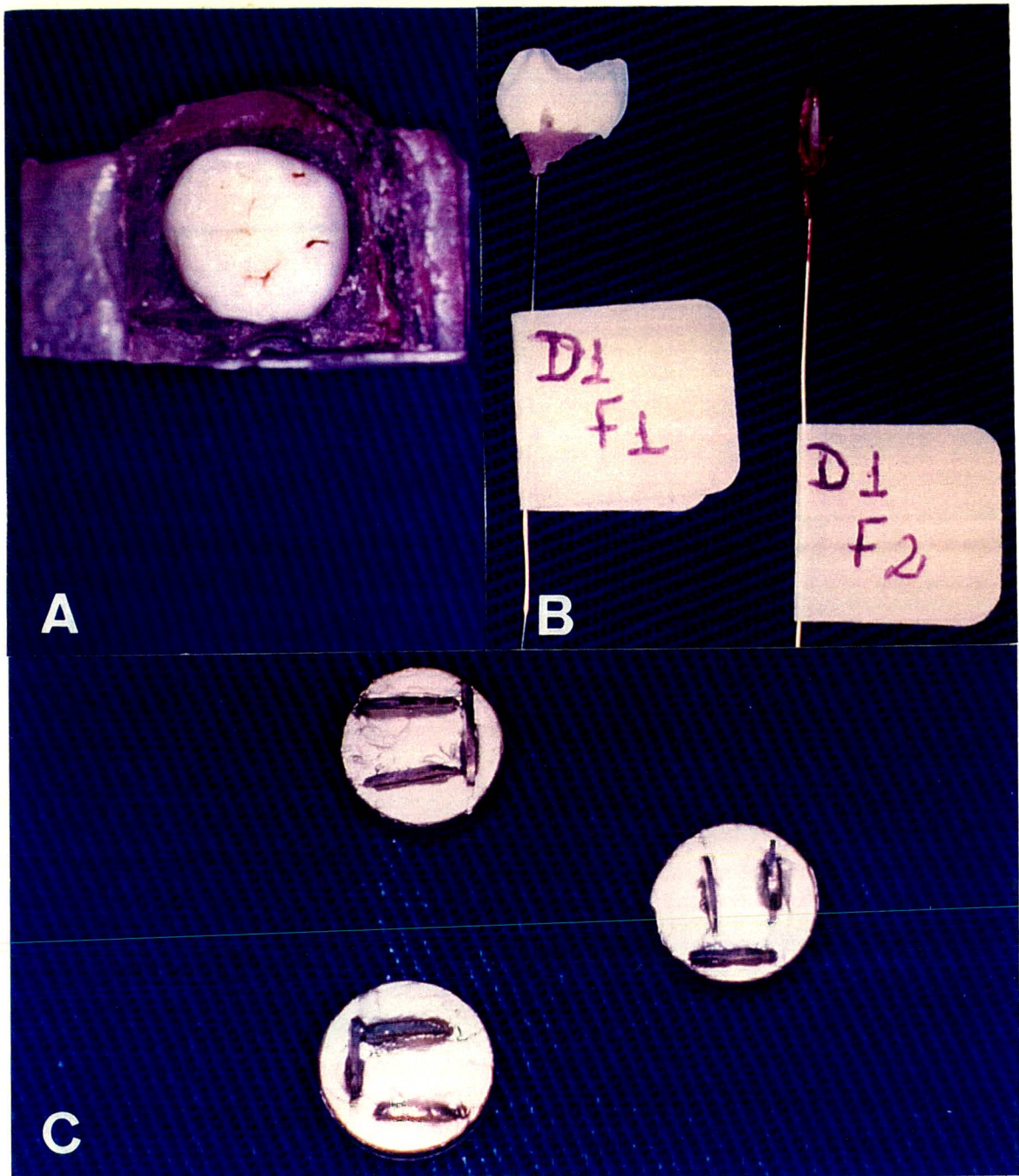


FIGURA 1 - Sequência de preparo dos espécimes para os procedimentos laboratoriais. Em A, molar decíduo incluído na resina de poliuretano. B, fatias montadas em fio de aço cirúrgico e identificadas. C, fatias montadas em "stabs" e preparadas para análise em M.E.V.

Após serem limpas em um sonificador (Thornton T 14), com água destilada durante 10 minutos, três vezes, e em metanol absoluto durante 10 minutos, duas vezes cada, foram cobertas com esmalte de unhas vermelho, deixando exposta uma janela de esmalte dental, na superfície vestibular do dente, medindo 1mm² (2mm x 0,5mm), e então separadas, aleatoriamente, em dois grandes grupos (A e B), sub-divididos em três sub-grupos (A 1 a A 3 e B 1 a B 3), de modo que cada sub-grupo tivesse uma fatia de cada dente, num total de seis fatias por sub-grupo, visando evitar, tanto quanto possível, as variações nas propriedades ultra-estruturais e físico-químicas do esmalte, entre dentes, mantendo-se apenas as variáveis inerentes ao mesmo dente (HATTAB, 1986).

O quadro abaixo mostra a distribuição das 36 fatias obtidas (F 1 a F 6), pertencentes aos 6 dentes da amostra (D 1 a D 6), entre os sub-grupos (A 1 a B 3), correspondentes aos grupos A (esmalte sadio) e B (esmalte erodido):

GRUPO	A			B		
	Sub-grupo	Sub-grupo	Sub-grupo	Sub-grupo	Sub-grupo	Sub-grupo
DENTE	A 1	A 2	A 3	B 1	B 2	B 3
D 1	F 2	F 1	F 5	F 6	F 4	F 3
D 2	F 3	F 5	F 4	F 6	F 1	F 2
D 3	F 1	F 5	F 4	F 6	F 2	F 3
D 4	F 2	F 6	F 1	F 5	F 3	F 4
D 5	F 4	F 6	F 3	F 5	F 1	F 2
D 6	F 1	F 6	F 2	F 5	F 4	F 3

O GRUPO A constituiu-se de amostras de esmalte sadio, subdividido em três sub-grupos:

SUB-GRUPO A 1

Este sub-grupo constituiu-se no grupo controle, do Grupo A, esmalte sadio, sem nenhum tratamento.

SUB-GRUPO A 2

Este sub-grupo recebeu tratamento com uma solução de fluoreto de sódio (NaF) 2%, neutra, durante 30 minutos.

SUB-GRUPO A 3

Este sub-grupo foi submetido ao tratamento com solução M de hidróxido de potássio (KOH) para extração e quantificação química do fluoreto de cálcio (CaF_2) depositado sobre a superfície do esmalte sadio após o tratamento com a solução neutra NaF 2% (CASLAVSKA, MORENO, BRUDEVOLD, 1975).

O GRUPO B constituiu-se de amostras de esmalte erosionado pelo suco de limão, subdividido em três sub-grupos conforme segue:

SUB-GRUPO B 1

Este sub-grupo serviu como controle do Grupo B, para análise do padrão de erosão superficial.

SUB-GRUPO B 2

Este sub-grupo recebeu um tratamento com uma solução de NaF 2%, neutra, durante 30 minutos.

SUB-GRUPO B 3

Este sub-grupo foi submetido ao tratamento com uma solução M de KOH, para extração e quantificação química do CaF_2 depositado sobre a superfície do esmalte erosionado, após tratamento com a solução neutra de NaF 2% (CASLAVSKA, MORENO, BRUDEVOLD, 1975).

4.3. Procedimentos laboratoriais

4.3.1. Preparo da solução de NaF 2%

A solução de NaF 2%, foi preparada a partir da diluição de 10,0g de NaF p.a. (Merk S.A. Ind. Químicas) em 500,0 ml de água destilada e deionizada.

A curva padrão foi determinada a partir da solução padrão de NaF 2 %, diluída em concentrações que variaram de 10^{-1} M a 10^{-6} M. As leituras foram feitas em um potenciômetro (MICRONAL B374), dotado de um eletrodo específico para flúor, 5 minutos após a adição de cada concentração, em TISAB III.

4.4. Preparo das amostras

Após a cobertura dos espécimes com esmalte de unhas, todos foram sonicados em água deionizada, em um sonicador, durante 10 minutos, 5 vezes cada.

Os espécimes do Grupo B foram, então, submersos em bakers de polietileno contendo 20 ml do agente erosivo, suco de limão LIMONJAL (Citro-Fischer - Prod. e Com. de Bebidas Ltda. - contendo suco concentrado de limão e açúcar), diluído conforme instruções do fabricante - 1 parte de suco: 9 partes de água (GRANDO et al, 1993). Durante o processo de erosão a temperatura ($^{\circ}$ C) e os valores de pH foram lidos no início, 3 e 6 horas após, em um pHmetro HI 8014 (HANNA INSTRUMENTS), calibrado a cada leitura, encontrando-se as seguintes médias gerais, para as variações de temperatura $24,03 \pm 0,31$ $^{\circ}$ C, e de pH $2,65 \pm 0,01$.

Os espécimes dos sub-grupos A1 e B1, para análise, em MEV, do padrão de superfície do esmalte sadio e do padrão de erosão superficial, respectivamente, foram sonicados em água deionizada, durante 10 minutos, 5 vezes cada e armazenados em um dissecador. Os espécimes dos sub-grupos

A 2, A 3, B 2 e B 3 foram sonicadas em água deionizada durante 10 minutos, 5 vezes, e então submersos em 10,0 ml de uma solução de NaF 2% neutra, recém-preparada, durante 30 minutos, sob agitação constante (Agitador Orbital 255-B - FANEM - SP, BR), em temperatura ambiente de 22°C (HICKS et al., 1984, CRUZ, RÖLLA, 1991). O tempo de 30 min, para a aplicação da solução de NaF 2 %, usado neste estudo, teve a finalidade de prover uma maior reação do fluoreto com a estrutura dental para aumentar a sensibilidade da análise química (CRUZ, RÖLLA, 1991).

A seguir, os espécimes foram lavados delicadamente, com água deionizada, durante 2 minutos, para remover o excesso da solução fluoretada.

Os espécimes dos sub-grupos A 3 e B 3, foram então tratados com 5,0 ml de uma solução M de hidróxido de potássio (KOH), durante 24 horas, sob agitação constante, em temperatura ambiente a 22°C, para extração do fluoreto de cálcio depositado sobre o esmalte (CASLAVSKA, MORENO, BRUDEVOLD, 1975). Em seguida foram lavadas com água deionizada, em sonicador, durante 10 minutos, 5 vezes cada, e armazenadas em um dissecador, para posterior análise morfológica e espectroscópica.

4.4.1. Análise química para quantificação de CaF_2

A determinação do fluoreto depositado sobre o esmalte foi realizado através da metodologia descrita por CASLAVSKA, MORENO, BRUDEVOLD (1975), pela extração do fluoreto fracamente ligado ao esmalte (CaF_2), por uma solução fortemente alcalina (KOH).

A solução de KOH obtida foi, então, neutralizada com 5,0 ml de ácido nítrico (HNO_3 1 M), 5,0 ml de uma solução de citrato trissódio e tamponada com 20,0 ml de TISAB III até atingir pH 5,0. A seguir foi feita a análise potenciométrica com um eletrodo seletivo para flúor (Orion 9409, Calomelano Ingold), previamente calibrado com as soluções utilizadas para a determinação da curva padrão. Esta técnica é considerada a mais sensível para determinação de níveis de flúor, pois

é capaz de detectar até a concentração de 10^{-11} M de fluoreto, em soluções (NICHOLSON, DUFF, 1981).

A quantificação do CaF_2 foi calculada através da fórmula proposta por CASLAVSKA, MORENO, BRUDEVOLD (1975):

$$d\text{CaF}_2 = \frac{W \text{ CaF}_2 (\text{g})}{3,18 \times \text{área exposta} (\text{cm}^2)}$$

onde:

d = densidade do CaF_2 , na amostra

$W \text{ CaF}_2$ = peso em gramas de CaF_2 na solução

3,18 = densidade do CaF_2 no estado cristalino

área exposta = $0,1 \text{ cm}^2$ ou 1 mm^2

4.4.2. Preparo da amostra para análise em Microscopia Eletrônica de Varredura (M.E.V.)

Todos os espécimes foram deixados em dissecador contendo sílica gel azul (CETUS - Ind. Com. de Produtos Químicos Ltda.), em temperatura ambiente, durante 7 dias, após os quais, foram fixados em "stubs" de alumínio, cobertos com uma camada de ouro de 20 nm de espessura, pela evaporação a vácuo, num aparelho Sputter Coater (BLAZERS SCD - 050) e analisados em microscópio eletrônico de varredura (JEOL JSM - 5300), do Centro de Microscopia Eletrônica, da Faculdade Paulista de Medicina, operado em 10 a 25 Kv, a fim de se estudar o padrão da morfologia superficial (A 1 e B 1), de deposição de fluoreto (A 2 e B 2) e do padrão de superfície após a remoção do CaF_2 (A 3 e B 3), sobre o esmalte sadio e erosionado.

4.4.3. Análise em Espectroscopia de Dispersão de Energia (E.D.E.)

Este método foi usado para analisar o depósito de cobertura da superfície dos espécimes após tratamento com KOH, previamente observado em M.E.V., para determinação de sua possível composição química elemental.

Os espécimes dos sub-grupos A 3 e B 3 foram submetidos a uma micro-sonda de Raios-X Edax, acoplada a um microscópio eletrônico de varredura (XL 30 Philips), do Departamento de Materiais, da Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina, para análise química qualitativa e semi-quantitativa deste material de cobertura (HARDING et al, 1994).

A microanálise por raios-X é feita pela emissão de elétrons que passam através de uma fina camada da amostra, de aproximadamente 10 μm de espessura. Os átomos desta amostra liberam raios-X característicos do seu número atômico, desta forma, o detector pode identificar e quantificar os elementos presentes, emitindo um espectro com picos característicos de cada elemento componente da amostra e sua quantificação em peso % da composição química desta camada do espécime (GOLDSTEIN et al, 1977).

5 RESULTADOS

5.1. Análise morfológica através dos dados da M.E.V.

Os resultados da análise morfológica podem ser vistos nas fotomicrografias obtidas através de M.E.V.

5.1.1. Análise morfológica dos espécimes do grupo A - esmalte sadio

SUB-GRUPO A 1

A superfície do esmalte normal dos dentes decíduos, constantes na amostra, mostrou uma superfície lisa, com ranhuras e depressões, características da estrutura superficial do esmalte, ou que, ainda, podem ser interpretadas como alterações provocadas por traumas químicos e físicos ao longo da vida do dente (FIG. 2a e 2b). Observa-se, ainda, a presença de elevações e depressões, bem como de diversas porosidades, que corresponderiam a região das caudas dos prismas (elevações ou cristas) e às cabeças dos prismas (depressões), conforme descrito por MJÖR, FEJERSKOV (1990), (FIG. 3).

SUB-GRUPO A 2

Após o tratamento dos espécimes com uma solução de NaF 2% neutra, pode ser visualizado, com pequeno aumento, um depósito de material granular com distribuição homogênea e uniforme

(FIG. 4). Em maiores aumentos, percebe-se que esta cobertura é composta de grânulos característicos de um material "tipo CaF_2 " (CASLAVSKA, MORENO, BRUDEVOLD, 1975), de vários tamanhos, alguns isolados e a maioria com diversos graus de coalescência (FIG. 5 e 6).

SUB-GRUPO A 3

Após o tratamento com a solução de KOH o material de aspecto globular, observado no sub-grupo A 2, foi totalmente removido, apesar disto, a superfície ficou recoberta por uma substância amorfa homogeneamente distribuída (FIG. 7 a 9), provavelmente resultante da reação do KOH com o CaF_2 ou, ainda, poderia tratar-se de uma produto de reação do NaF com o esmalte, mais fortemente ligado e não removido pelo KOH. Este aspecto é diferente daquele do esmalte sadio, sem qualquer tratamento (FIG. 2a e 2b).

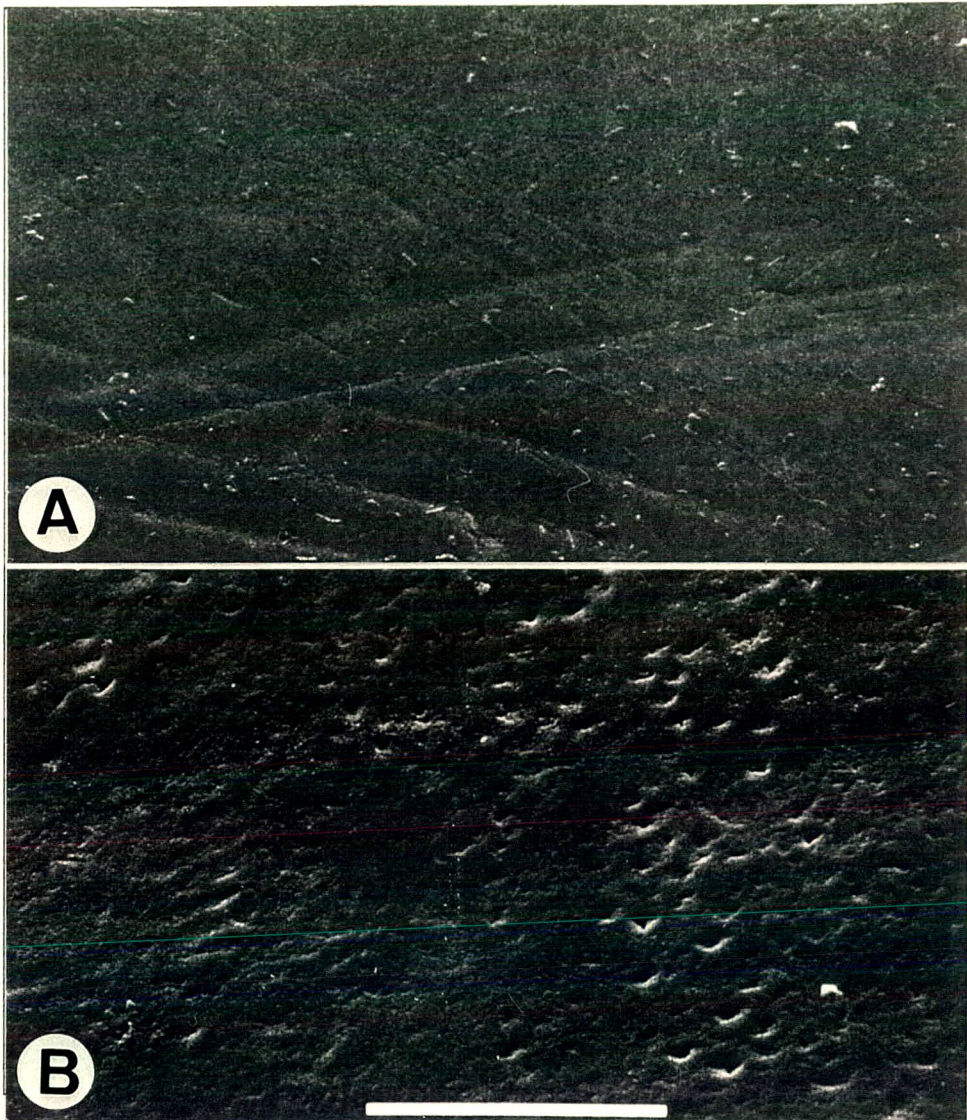


FIGURA 2 - Aspecto morfológico superficial do esmalte de dente decíduo sadio, sem qualquer tratamento (Sub-grupo A 1), onde pode-se observar ranhuras (A) e depressões (B). A barra equivale a 50 μm . (Aumento 500x)

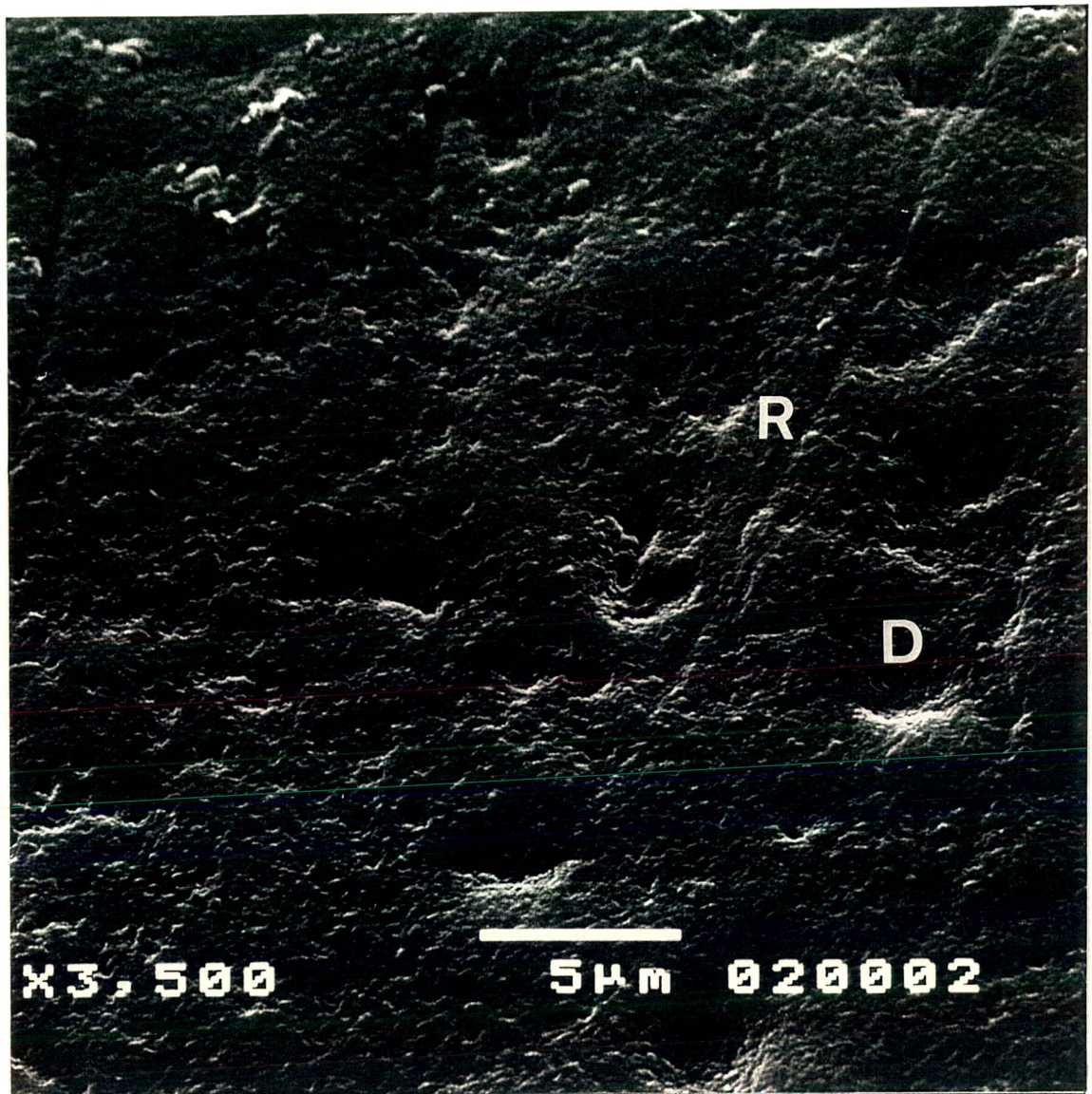


FIGURA 3 - Ampliação da FIG. 2 B, mostrando o aspecto das ranhuras (R) e depressões (D).

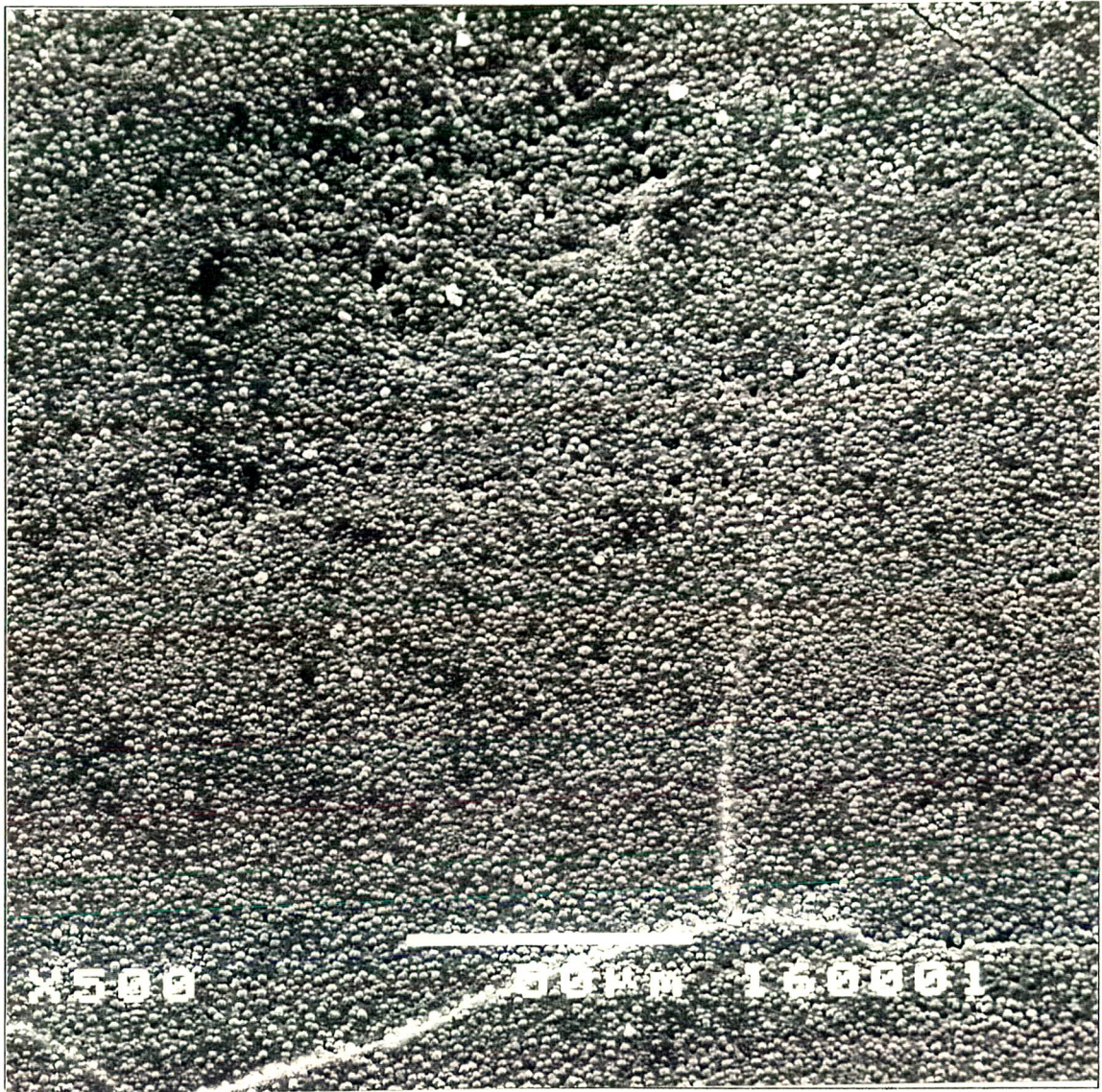


FIGURA 4 - Superfície de esmalte sadio após aplicação de solução neutra de NaF 2%. Notar depósito globular, característico do material "tipo CaF_2 ".

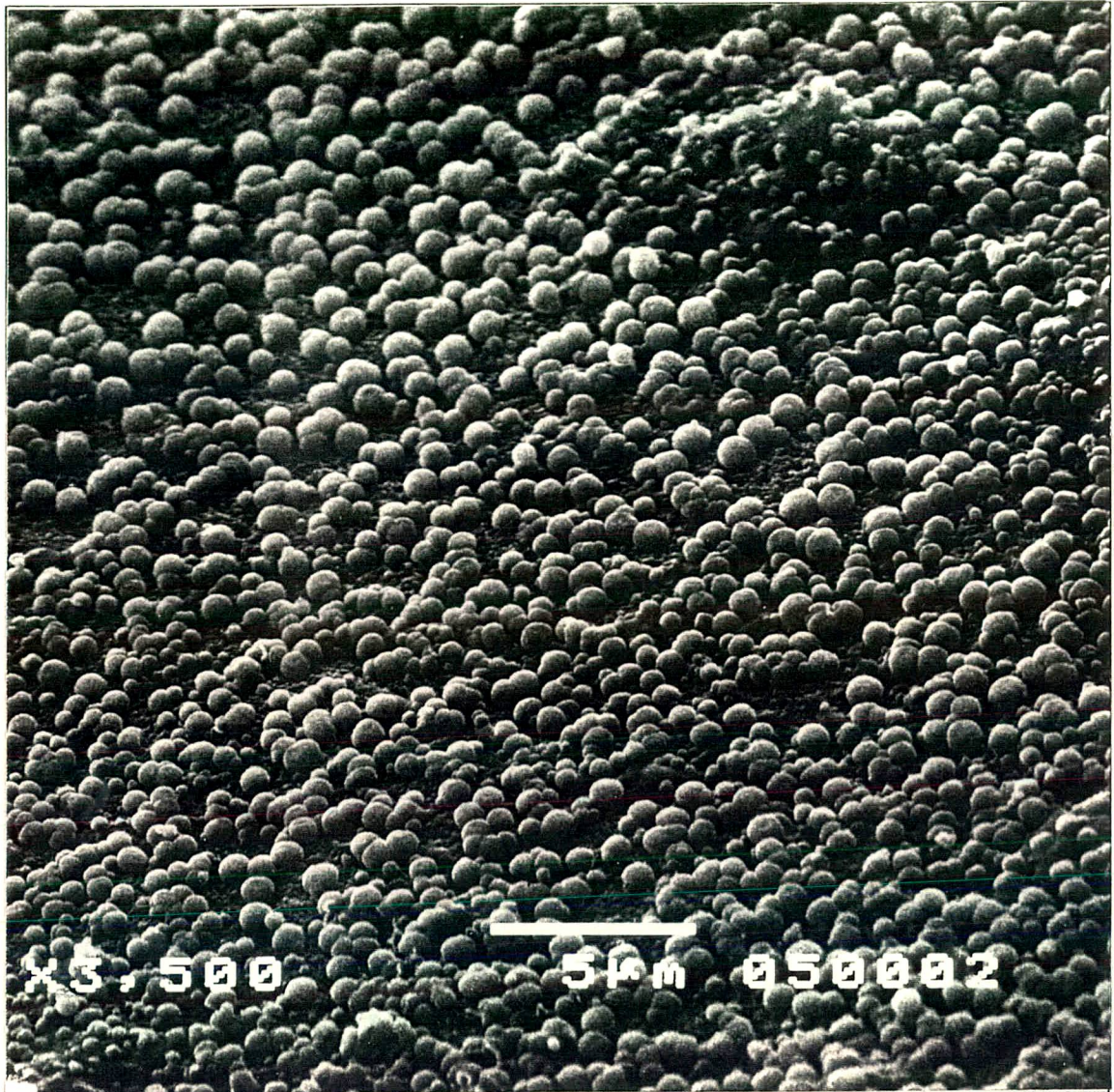


FIGURA 5 - Ampliação da superfície mostrada na FIG. 4. Os glóbulos, de diversos tamanhos, mostram-se uniformemente distribuídos.

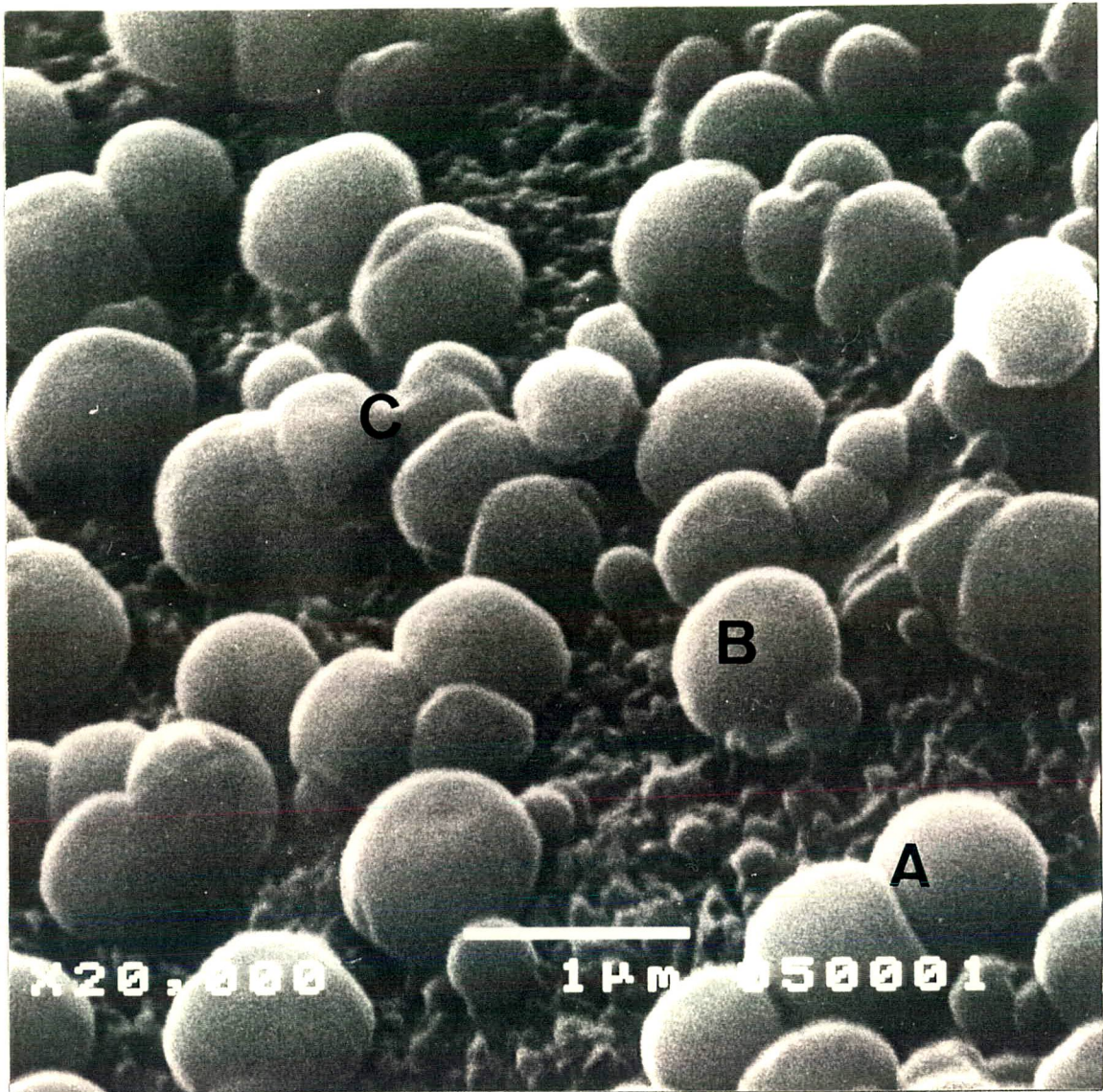


FIGURA 6 - Alta magnificação dos glóbulos do material "tipo CaF₂", mostrando presença de glóbulos de vários tamanhos, com predomínio dos maiores ($\pm 1\mu\text{m}$ de diâmetro), com nítida tendência a se coalescerem, de diversas maneiras: (A) maior com maior; (B) maior com menor; (C) vários tamanhos.



FIGURA 7 - Após tratamento com KOH, sobre a superfície de esmalte sadio fluoretado, desapareceu o material "tipo CaF_2 ", deixando uma cobertura de material com característica amorfa.

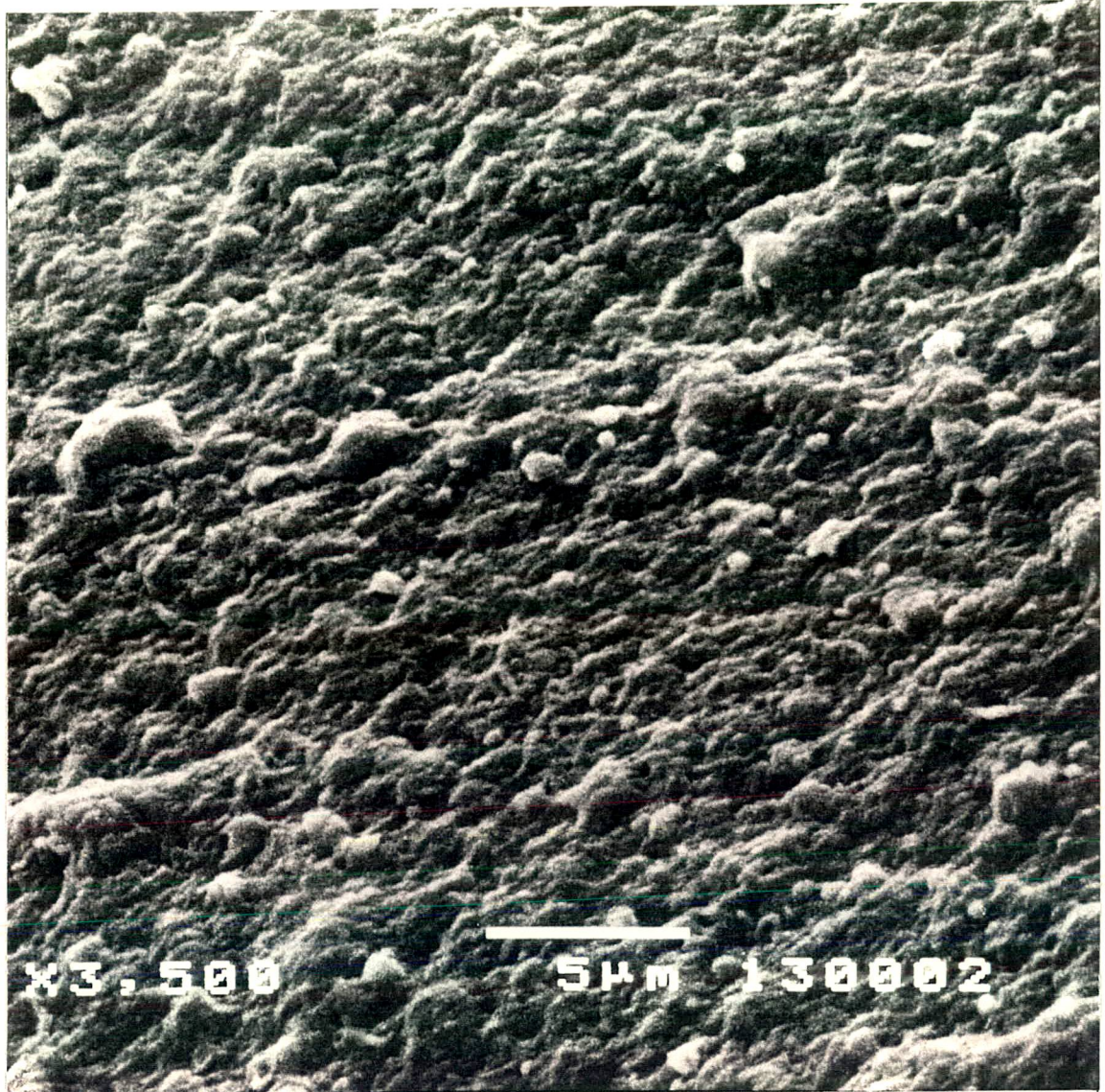


FIGURA 8 - Maior aumento da FIG. 7, demonstrando uma deposição irregular do material amorfo.



FIGURA 9 - Alta magnificação, mostrando o aspecto homogêneo e de distribuição irregular do material amorfo. Notar que a morfologia superficial não corresponde àquela do esmalte sadio sem qualquer tratamento (FIG. 2a e b, e 3), mesmo após a remoção do material "tipo CaF_2 ".

5.1.2. Análise morfológica dos espécimes do grupo B - esmalte erodido

SUB-GRUPO B 1

O padrão superficial da erosão causada no esmalte de dentes decíduos, constantes da amostra, após serem submetidos ao agente erosivo, mostrou uma dissolução preferencial da periferia e das caudas dos prismas, deixando os corpos se sobressaindo da superfície (FIG. 10 e 11). Em maior aumento, observa-se o detalhe da cabeça de um prisma, onde os cristais se dispõem com várias orientações, demonstrando uma desorganização da orientação normal dos cristais nesta região do prisma (FIG. 12). O limite entre esmalte sadio e a área de esmalte erodido pode ser observado nitidamente (FIG. 10).

SUB-GRUPO B 2

Após o tratamento com solução de NaF 2% (FIG. 13 e 14), observa-se que houve deposição de grande quantidade de grânulos de um material "tipo CaF_2 ", de tamanho menor e mais densamente distribuídos do que no esmalte sadio (FIG. 4 e 5). Em maior aumento pode se notar que os grânulos se depositam recobrendo totalmente as cabeças dos prismas e preenchendo os espaços deixados pelas bainhas e caudas dissolvidos, observados no sub-grupo B 1. Esta deposição é feita por grande quantidade de micro-grânulos que apresentam uma nítida tendência para se coalescerem, formando glóbulos maiores e de superfície irregular, de cerca de $1 \mu\text{m}$ de diâmetro (FIG. 15).

SUB-GRUPO B 3

Após o tratamento com KOH, observa-se que os grânulos característicos, do "tipo CaF_2 ", foram removidos, deixando uma cobertura homogênea amorfa (FIG. 16 e 17), semelhante àquela

encontrada em esmalte sadio (FIG. 8 e 9). Em alta magnificação, pode se notar que o material de cobertura tem aspecto granular e distribuição homogênea, não permitindo visualizar o padrão de disposição dos cristais, como nas FIG. 11 e 12, dando a impressão de que cada glóbulo corresponde à terminação de um cristal (FIG. 18).

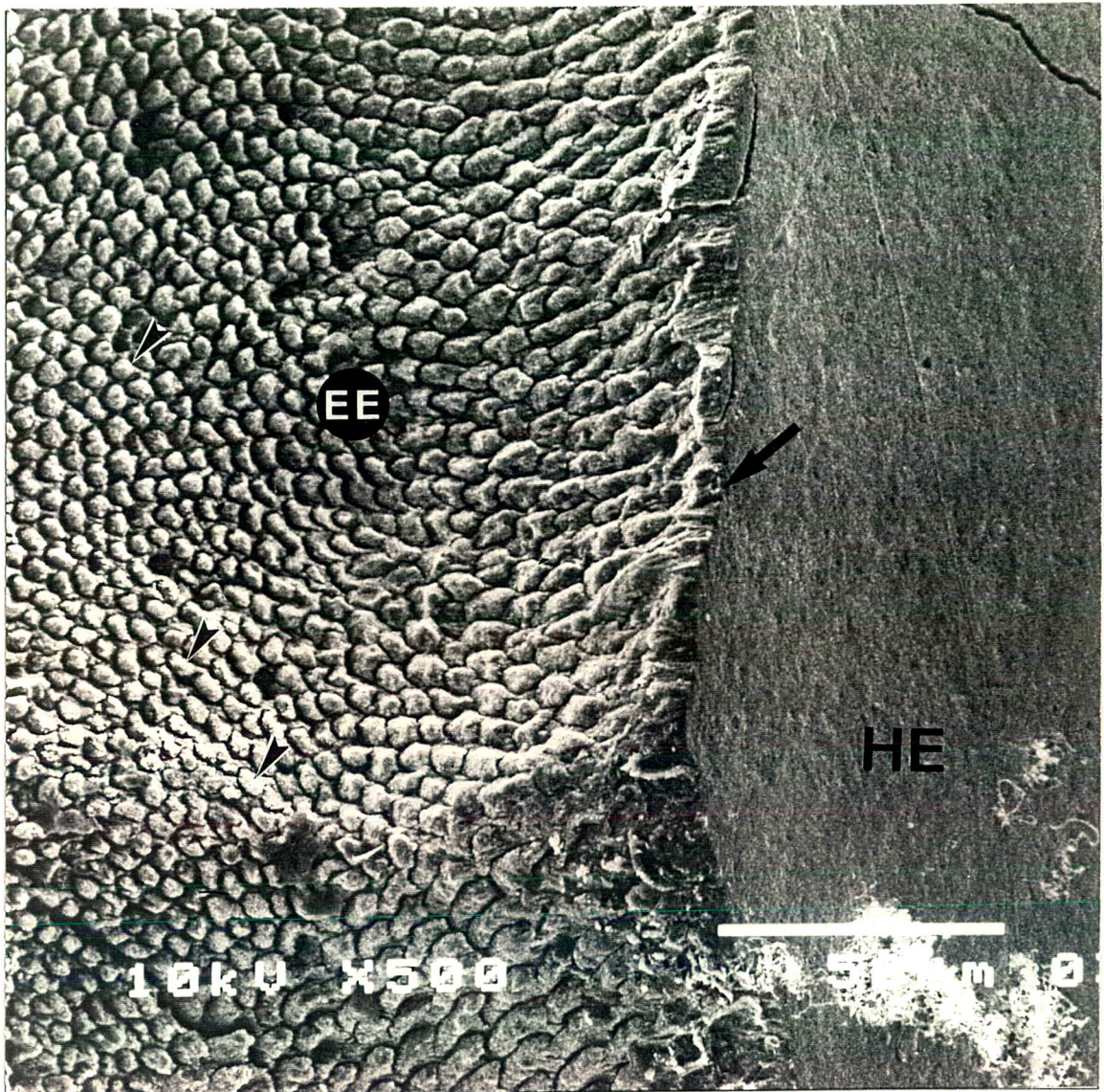


FIGURA 10 - Aspecto do esmalte de dente decíduo após erosão. A seta indica o limite entre esmalte sadio (HE) e esmalte erosionado (EE). As cabeças de seta mostram o aspecto transversal de alguns prismas do esmalte, expostos pela erosão.

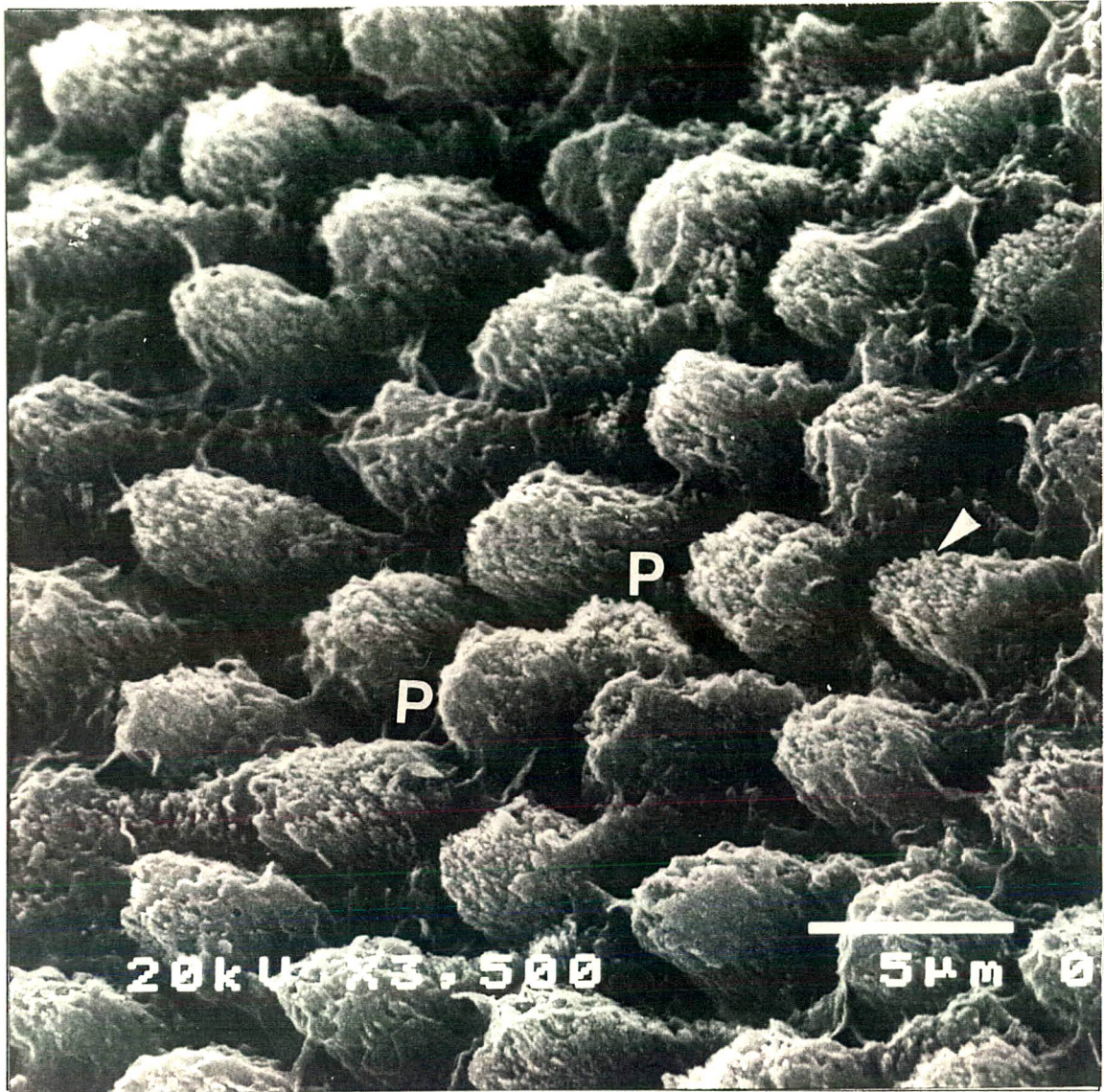


FIGURA 11 - Maior aumento da FIG. 10, mostrando o padrão de ataque ácido do tipo II, com dissolução preferencial da periferia dos prismas (P). A seta indica a disposição dos cristais de apatita na cabeça de um prisma.

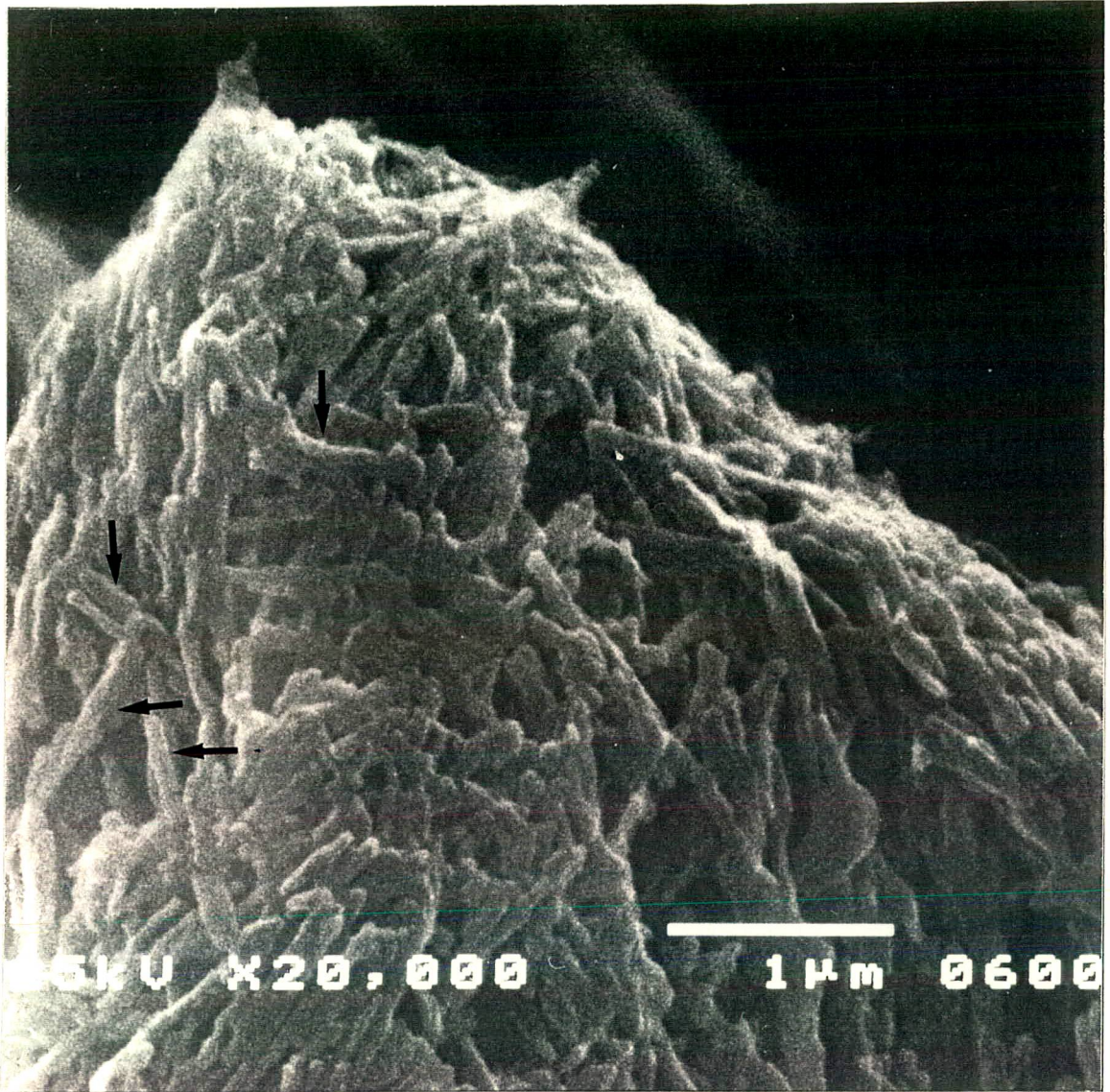


FIGURA 12 - Alta magnificação. Detalhe da cabeça de um prisma após erosão, demonstrando uma desorganização na orientação normal dos cristais de apatita (setas).

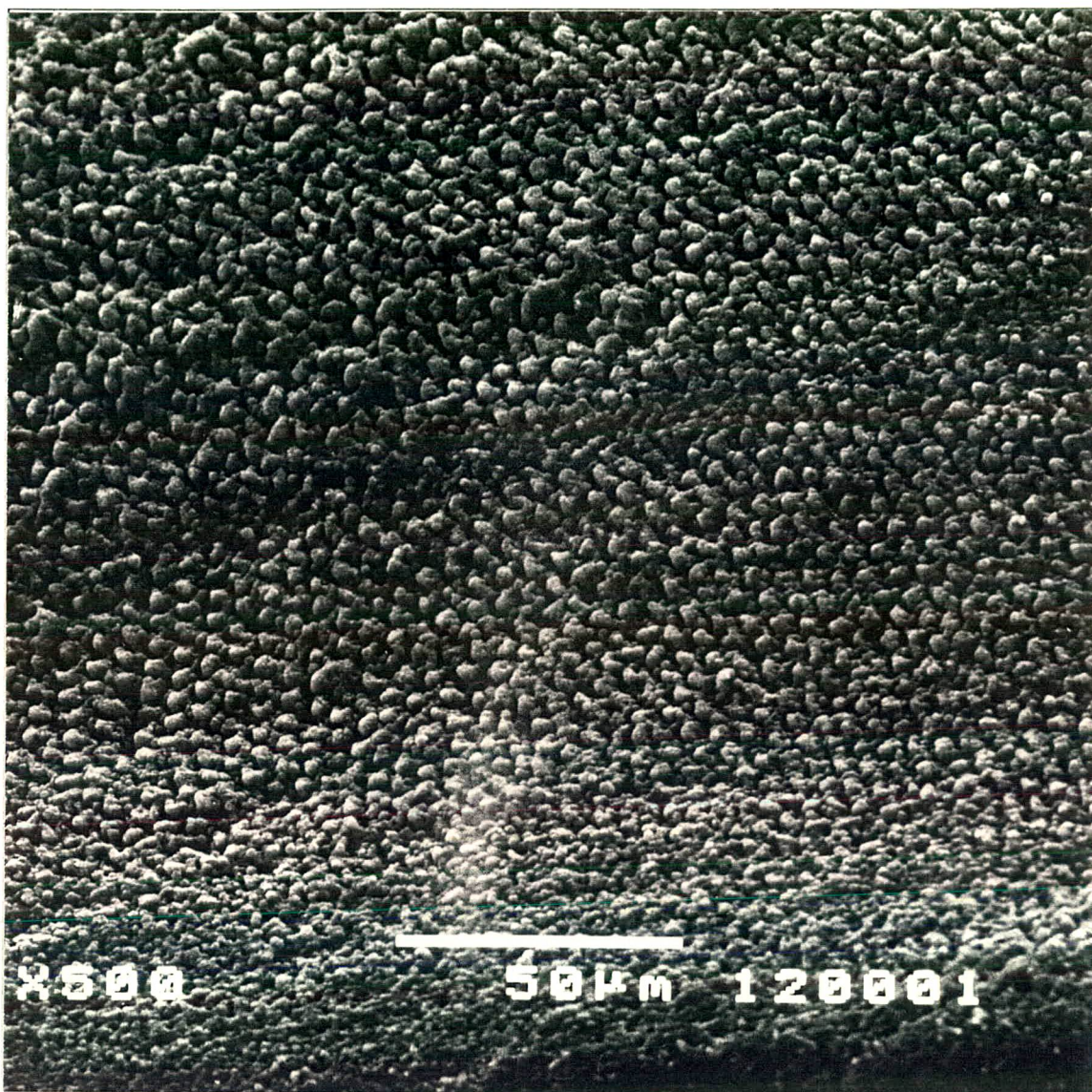


FIGURA 13 - Aspecto da superfície do esmalte erosionada após fluoretação. Notar, neste aumento, a semelhança com o esmalte erosionado, sem fluoretação (FIG. 10).



FIGURA 14 - Aumento maior da FIG. 13, mostrando o material "tipo CaF_2 " densamente depositado sobre toda a superfície dos prismas (setas).

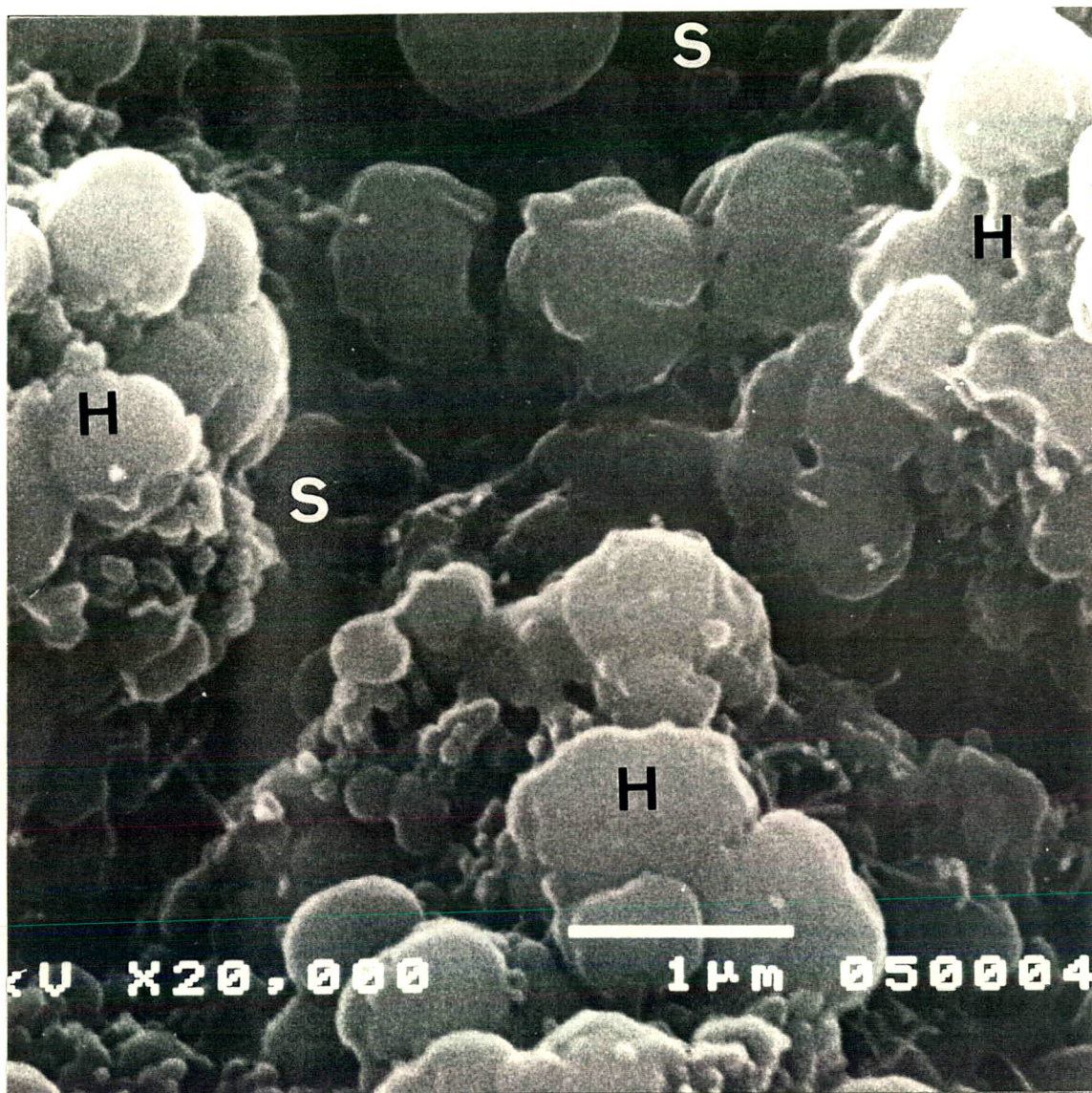


FIGURA 15 - Alta magnificação da FIG. 14, mostrando diversos tamanhos de glóbulos coalescentes e densamente distribuídos sobre toda a superfície dos prismas (H), bem como nos espaços da periferia (S).



FIGURA 16 - Superfície do esmalte erosionado após a ação do KOH. O material "tipo CaF_2 " foi totalmente removido, ficando uma cobertura de um material amorfo, não deixando os prismas erosionados tão evidentes como nas FIG. 10 e 13.



FIGURA 17 - Maior aumento da FIG. 16. Observa-se que os prismas erosionados estão totalmente cobertos pelo material amorfo, não permitindo a visualização da disposição dos cristais de apatita como na FIG. 11.

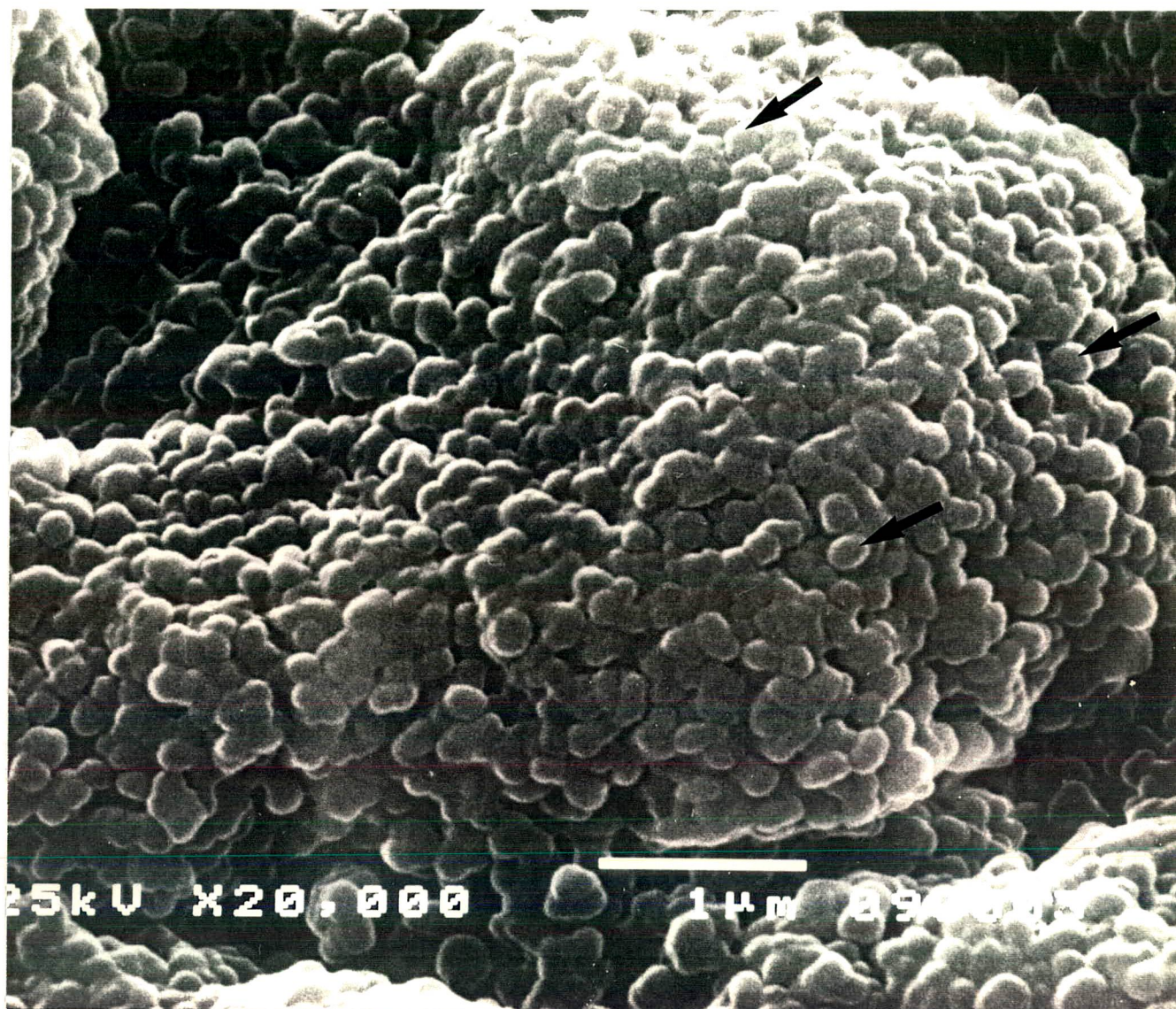


FIGURA 18 - Em alta magnificação, detalhe de um prisma e de sua periferia, totalmente cobertos pelo material amorfo. As formações globulares sugerem terminações de cristais, como vistos na FIG. 12, cobertos pelo material amorfo (setas).

5.2. Resultados da análise química quantitativa

Os resultados da análise química quantitativa convencional e da análise de E.D.E. foram analisados através do teste estatístico não paramétrico de MANN WHITNEY, em função do tipo de amostra utilizado neste experimento.

A partir das concentrações de F (mg/L), obtidas nas leituras das soluções de KOH, foi quantificado o CaF_2 depositado nas áreas expostas dos corpos de prova, em mg/cm^2 , através do cálculo utilizando-se a fórmula proposta por CASLAVSKA, MORENO, BRUDEVOLD (1975).

Os resultados obtidos pela metodologia química quantitativa para mensurar a concentração de flúor estão contidos nas tabelas 1, 2 e resumidos no gráfico 1. A tabela 3 contém os resultados da análise estatística comparativa entre os grupos A e B. Nas tabelas 1 e 2 o símbolo C* corresponde ao resultado obtido após a aplicação da fórmula proposta por CASLAVSKA, MORENO, BRUDEVOLD (1975).

TABELA 1 - Resultados da análise química quantitativa do fluoreto depositado sobre a superfície de esmalte sadio (Sub-grupo A 3), após tratamento com solução de NaF 2% neutra, e após remoção pelo KOH.

ESPÉCIME	C F. mg/L	C* CaF_2 mg/cm^2
D1 F5	1,49	4,68
D2 F4	2,07	6,50
D3 F4	1,43	4,50
D4 F1	4,20	13,20
D5 F3	2,55	8,01
D6 F2	2,45	7,70
X	2,365	7,431
s	1,013	3,184

TABELA 2 - Resultados da análise química quantitativa do fluoreto depositado sobre a superfície de esmalte erosionado (Sub-grupo B 3), após tratamento com solução de NaF 2% neutra, e após remoção pelo KOH.

ESPÉCIME	C F, mg/L	C* CaF ₂ mg/cm ²
D1 F3	2,81	8,84
D2 F2	6,30	20,06
D3 F3	3,27	10,28
D4 F4	3,55	11,16
D5 F2	2,81	8,84
D6 F3	9,65	30,34
X	4,731	14,920
s	2,740	8,643

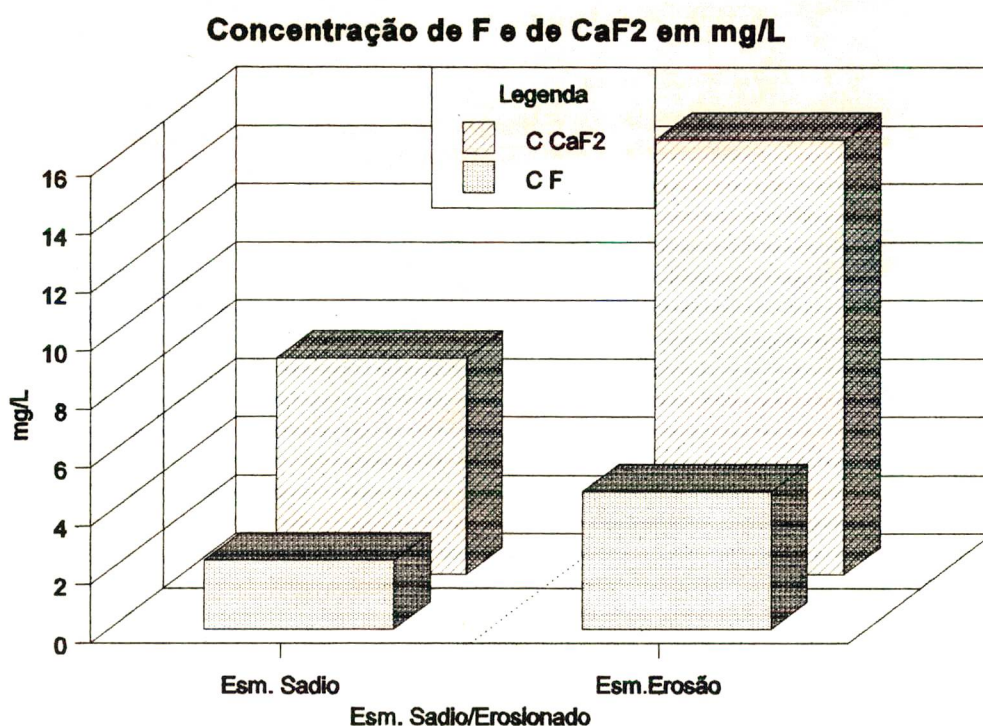


GRÁFICO 1 - Concentração de F₋ e de CaF₂ em mg/L, depositado na superfície de esmalte sadio e erosionado, após tratamento com a solução de NaF 2% neutra, quantificado pela metodologia de CASLAVSKA, MORENO, BRUDEVOLD (1975)

Analisando os valores contidos nas tabelas 1 e 2 pode-se observar que houve uma maior deposição de flúor (4,731 mg/L) e de fluoreto de cálcio (14,920 mg/L) no esmalte erosionado, cujos valores médios são aproximadamente o dobro dos valores médios encontrados para o esmalte sadio (2,365 e 7,431 mg/L, respectivamente).

TABELA 3 - Resultados do teste estatístico de MANN WHITNEY, comparando o nível de deposição de Flúor e de CaF_2 , entre os grupos A (sadio) e B (erosionado).

COMPARAÇÃO	VALOR	NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA
F - GA x GB	$U = 4/U' = 32$	$p = 0,0247$
CaF_2 - GA x GB	$U = 4/U' = 32$	$p = 0,0247$

Os resultados obtidos através do teste não paramétrico de MANN WHITNEY, demonstram um resultado estatisticamente significativo ($p = 0,0247$) sugerindo que os corpos de prova do grupo B tiveram uma maior deposição de CaF_2 e F. do que os do grupo A.

5.3. Resultados da análise química qualitativa e semi-quantitativa através de espectroscopia de dispersão de energia (E.D.E.)

Após o tratamento com KOH, todos os espécimes dos sub-grupos A3 e B3 foram submetidos à micro-sonda de Raios-X para determinação química qualitativa e semi-quantitativa do depósito de cobertura da superfície do esmalte, obtendo-se os resultados constantes nas tabelas 4, 5, e resumidos no gráfico 2. Estes resultados foram tabulados a partir de análises efetuadas em espectrogramas, como os mostrados nas figuras 19 e 20. O grau de significância das diferenças encontradas entre os dois grupos, está demonstrado na tabela 6.

TABELA 4 - Resultados qualitativos e semi-quantitativos da análise de E.D.E., dos elementos F, P, Ca²⁺ e O, dados em valores relativos de peso percentual (W%) na superfície de esmalte sadio (Sub-grupo A 3)

ESPÉCIME	F ₁	P	Ca ²⁺	O
D1 F5	0,208	12,973	21,053	19,311
D2 F4	0,470	13,154	20,902	26,088
D3 F4	1,691	4,599	2,546	22,127
D4 F1	0,104	14,619	21,766	21,078
D5 F3	0,253	13,924	23,136	28,184
D6 F2	0,373	13,851	20,035	28,113
X	1,016	12,186	18,239	23,150
s	1,804	3,763	7,757	5,670

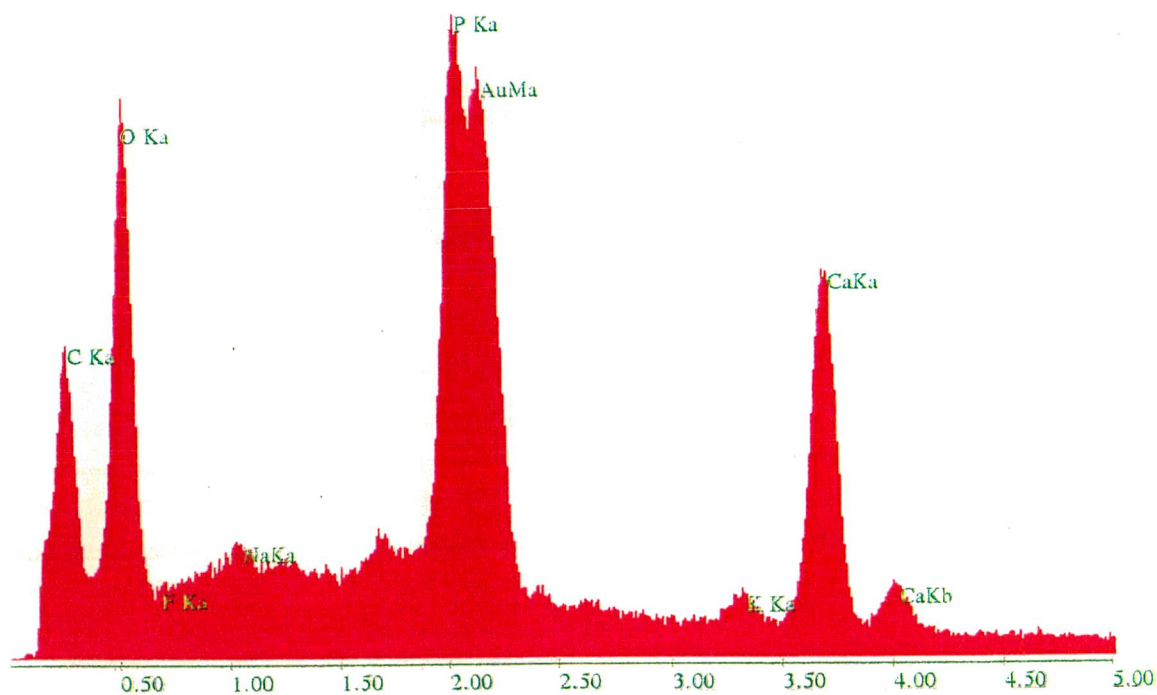


FIGURA. 19 - Espectrograma característico dos espécimes do sub-grupo A 3. O símbolo Ka corresponde à camada de leitura.

TABELA 5 - Resultados qualitativos e semi-quantitativos da análise de E.D.E. dos elementos F, P, Ca²⁺ e O, dados em valores relativos de peso percentual (W%) na superfície do esmalte de dentes erosionados (Sub-grupo B3)

ESPÉCIME	F	P	Ca ²⁺	O
D1 F3	0,218	15,659	25,688	31,606
D2 F2	0,283	15,524	26,148	28,794
D3 F3	0,138	13,962	22,360	34,767
D4 F4	0,168	15,576	35,480	23,896
D5 F2	0,222	16,614	28,239	29,584
D6 F3	0,092	17,476	30,199	26,726
X	0,186	15,726	28,015	29,228
s	6,810	1,134	4,505	3,777

Comparando-se os resultados das tabelas 4 e 5, observa-se que os valores encontrados para flúor são semelhantes em ambos os grupos, sugerindo que o tratamento com KOH é efetivo em remover o fluoreto fracamente ligado ao esmalte (CaF₂). Os valores encontrados para P, Ca²⁺ e O são ligeiramente maiores na amostra de esmalte erosionado (Sub-grupo B3).

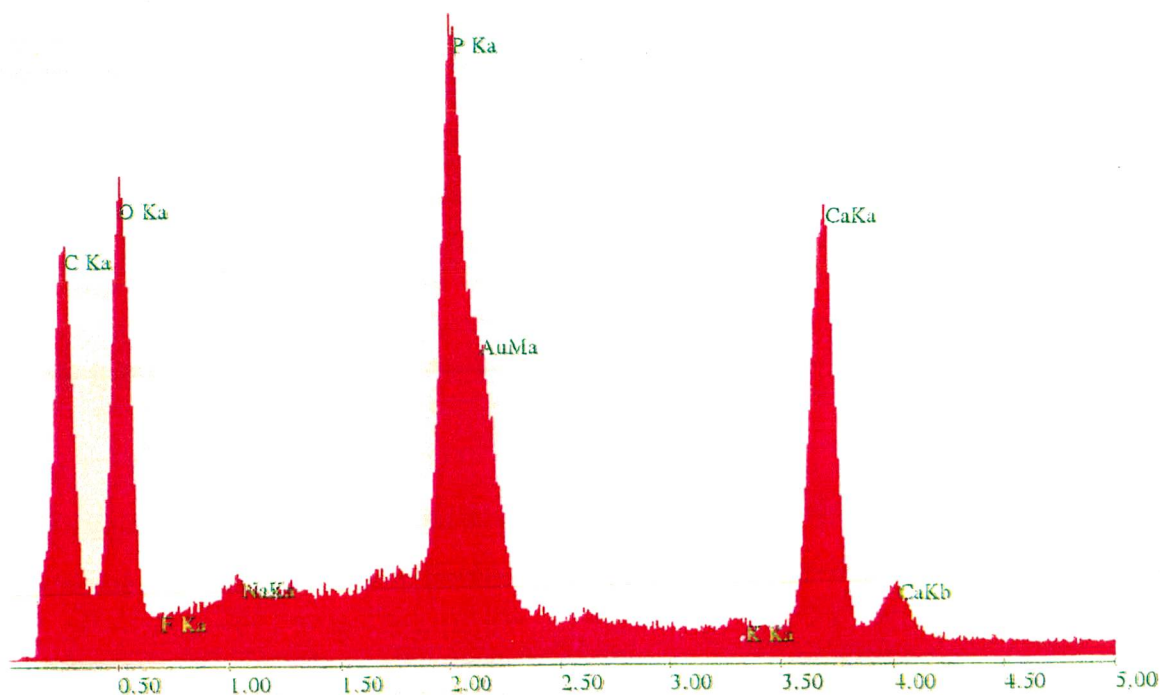


FIGURA 20 - Espectrograma característico dos espécimes do Sub-grupo B 3.

Concentração de O, Ca, P e F

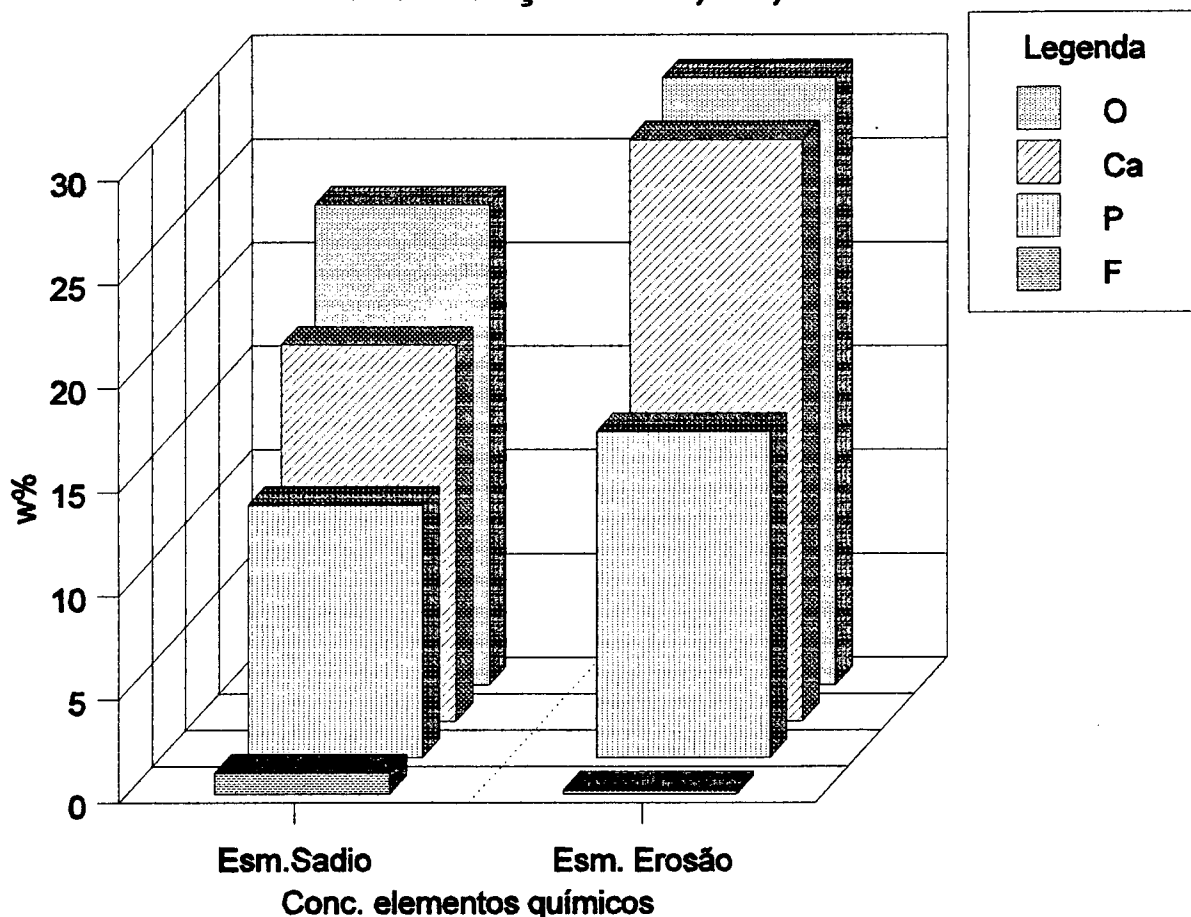


GRÁFICO 2 - Concentração de F, P, Ca²⁺ e O em w%, na superfície de esmalte sadio e erosionado, determinado através de E.D.E.

TABELA 6 - Resultados do teste estatístico de MANN WHITNEY, comparando-se os valores médios de F, P, Ca²⁺ e O, entre os grupos A e B.

COMPARAÇÃO		VALOR	NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA
F	GA x GB	$U = 27/U' = 9$	$N \sim s$
P	GA x GB	$U = 1/U' = 35$	$p = 0,0043$
Ca ²⁺	GA x GB	$U = 1/U' = 35$	$p = 0,0043$
O	GA x GB	$U = 5/U' = 31$	$p = 0,0411$

Quando submetidos ao teste estatístico não paramétrico de MANN WHITNEY, comparando-se os valores médios de F, P, Ca²⁺ e O encontrados para os sub-grupos A 3 e B 3, os resultados mostraram-se não significantes para F, altamente significantes para P (p = 0,004), Ca²⁺ (p = 0,004) e significantes para O (p = 0,041).

Tais resultados sugerem que, após o tratamento dos espécimes com KOH, fica sobre a superfície do esmalte, tanto sadio quanto erosionado uma substância homogênea amorfa composta predominantemente de íons P, Ca₂₊ e O que, provavelmente, trata-se de *fosfato básico de cálcio*, cuja fórmula química é Ca₅(PO₄)³OH, ou seja, hidroxiapatita, numa forma não cristalina, depositada em maior quantidade na superfície do esmalte erosionado.

6 DISCUSSÃO

6.1. Dos aspectos gerais

Sabe-se que o esmalte dental é o tecido mineralizado mais duro do corpo humano, no entanto, apresenta variações na sua constituição química (NIKIFORUK, 1985). Além disso, os traumas sofridos pela sua exposição ao meio bucal, ao longo da vida, causam alterações na sua microestrutura e composição química da camada mais externa (MJÖR, FEJERSKOV, 1990).

Sua constituição química heterogênea e o arranjo estequiométrico dos elementos componentes dos cristais, tornam-no um tecido instável que apresenta uma tendência para formar vacâncias na sua rede cristalina, permitindo substituições iônicas que alteram propriedades importantes, tais como forma, tamanho e o produto de solubilidade dos cristais (KÖNIG, 1984).

Quando exposto ao meio bucal, o esmalte está em equilíbrio dinâmico com a saliva e os fluidos da placa e sofre, constantemente, pequenos ganhos e perdas de minerais. Quando as condições favorecem a perda, por exemplo um baixo pH, ocorrerá a formação de erosão ou cárie. Quando as condições favorecem o ganho mineral, ocorrerá maturação ou remineralização (MELLBERG, 1984).

Desta maneira fica demonstrada a possibilidade de se alterar não só a composição química, como também as propriedades físico-químicas do esmalte.

O contato de diferentes bebidas com o esmalte dental resultam em interações químicas, dentre as quais a dissolução dos cristais de hidroxiapatita, devido ao baixo pH destes produtos (GROBLER, HORST, 1982, GRANDO et al, 1993). O suco de limão utilizado neste trabalho confirmou isto uma vez que ocorreu dissolução do esmalte, dentro do período de tempo experimental.

Vários autores têm demonstrado o potencial erosivo de bebidas industrializadas, em especial aquelas contendo ácido cítrico, como os sucos de frutas puros e/ou diluídos (SMITH, SHAW, 1987, MEURMAN et al, 1990, LISSI, JÄGGI, SCHÄRER, 1993, MISTRY, GRENBY, 1993, MILLWARD et al, 1994). Cabe salientar que a literatura relata dados demonstrando que o suco de limão é um agente erosivo mais potente que os ácidos clorídrico e sulfúrico em concentrações semelhantes (ELSBURY, 1952 apud FULLER, JOHNSON, 1977).

ASHER, READ (1987) verificaram que estas bebidas são especialmente utilizadas por crianças que, normalmente as consomem de forma mais concentrada do que a diluição recomendada pelos fabricantes. Além disso, segundo observado por MILLWARD et al (1994), as crianças se tornam especialmente susceptíveis à erosão dental em função da ingestão prolongada de sucos de frutas, principalmente quando usados na mamadeira, como um confortador, na hora de dormir, devido, não somente à presença de uma camada fina de esmalte e dentina nos dentes decíduos, bem como ao seu gradiente de mineralização significativamente mais baixo do que nos dentes permanentes (WILSON, BEYNON, 1990) que pode levar à rápida e extensa perda dos tecidos dentais, causando inclusive exposição pulpar (SMITH, SHAW, 1987). Por este motivo, torna-se importante o estudo dos mecanismos erosivos bem como da sua incidência em dentes decíduos, especialmente com sucos contendo ácido cítrico, como o de limão, por ser considerado com mais alto potencial erosivo.

Em vista do diagnóstico tardio e da característica irreversível da perda de tecido dental causada pela erosão, os tratamentos preconizados tornam-se complexos tecnicamente e bastante onerosos para o paciente. Concomitante ao tratamento restaurador, diversos autores têm recomendado a utilização de fluoretos tópicos como uma forma de remineralizar as áreas menos afetadas (ECCLES, 1982, CARDOSO, 1987, TAYLOR et al, 1992).

Apesar da recomendação clínica para a utilização de fluoreto em dentes erosionados, não encontramos na literatura dados sobre as prováveis modificações morfológicas e/ou fisico-químicas induzidas pela fluoretação. Assim sendo, nossos dados contribuem ao esclarecimento da importância da utilização dos fluoretos em lesões de erosão, pois detectamos a formação de uma camada de

produtos de reação, sobre o esmalte, que permaneceu mesmo após a remoção do CaF_2 , modificando as características de sua morfologia e, provavelmente, também de suas propriedades físico-químicas.

Outros autores também têm sugerido a incorporação de íons flúor, cálcio e fosfato, às formulas de tais bebidas, com a finalidade de reduzir o seu potencial erosivo, bem como para aumentar a resistência do esmalte à ação dos ácidos presentes na dieta (GROBLER, HORST, 1982, TEN CATE, 1990, TEN CATE, DUIJSTERS, 1993, SORVARI et al , 1994).

LARSEN (1990) verificou que a dissolução do esmalte ocorre na fase líquida, quando há uma subsaturação com respeito à apatita do esmalte. Se houver mais Ca^{2+} e/ou PO_4 e/ou F na fase aquosa, menos mineral será perdido e portanto, a erosão será mais superficial.

TEN CATE (1994) afirma que, durante a desmineralização do esmalte, a camada externa é dissolvida e que o aumento de resistência desta nova superfície dependerá do conteúdo de fluoreto presente na solução. Assim, quando os fluxos opostos de Ca^{2+} , PO_4^{3-} e F₂ ocorrem num local de supersaturação com respeito à apatita, uma camada de superfície será formada com um mineral menos solúvel do que a substância dental original.

Segundo TANAKA et al (1993), quando o F₂, proveniente de aplicações tópicas, dentifrícios ou soluções fluoretadas para bochecho, está disponível no ambiente local, é efetivo para tornar o esmalte mais resistente à dissolução sob condições ácidas.

Assim, fica evidente a importância de estudos para detectar as reações da superfície do esmalte erosionado ou não, com compostos fluoretados.

6.2. Da erosão dental

O procedimento de erosão provocado *in vitro*, pela exposição do esmalte dental ao agente erosivo, utilizado neste experimento, causou um padrão de erosão do tipo II, com dissolução preferencial da periferia dos prismas e dissolução parcial das caudas. Segundo MJÖR, FEJERSKOV (1990), TEN CATE (1994) este padrão de ataque está relacionado com a orientação dos cristais, sendo que os cristais que estão orientados perpendicularmente à superfície do esmalte, na região da cabeça dos prismas, são os mais vulneráveis à dissolução, durante os ataques ácidos. Cabe salientar que, nossos resultados, conforme demonstrado na FIG. 12, sugerem que a erosão causou uma alteração não só a nível superficial, mas também a nível de subsuperfície, provocando desorientação na disposição dos cristais, dentro do prisma, na região da cabeça. Isto poderia indicar que o processo de erosão afeta não somente a camada mais externa do esmalte, mas atua também a nível da estruturação cristalina dentro do prisma e isto, possivelmente, causa algum efeito na subsuperfície, o que estaria de acordo com as opiniões de DAVIS, WINTER (1980), SMITH, SHAW (1987).

Diversos autores têm citado o efeito erosivo do ácido cítrico, contido nos sucos de frutas puros e diluídos, bem como de seus baixos valores de pH (ASHER, READ, 1987, MEURMAN, HARKÖNEN, NÄVERI, 1990, MISTRY, GRENBY, 1993, GRANDO et al, 1993, MILLWARD et al, 1994). Em nosso experimento utilizamos, como agente erosivo um suco de limão enlatado, diluído conforme instruções do fabricante, com um valor médio de pH de $2,65 \pm 0,01$, que se manteve constante durante todo o período experimental, o qual foi altamente erosivo, promovendo um padrão de ataque do tipo II, conforme pode ser observado nas fotomicrografias (FIG. 10 a 12) obtidas através de M.E.V.

Cabe salientar que diversos autores relataram o fato de que crianças, normalmente, consomem estas bebidas em maior quantidade e por um período de tempo mais prolongado e, além disso, numa concentração mais alta do que aquela recomendada pelos fabricantes (ASHER, READ, 1987, MILLWARD et al, 1994, TOUYZ, 1994), o que aumenta o seu potencial e efeito erosivo sobre os tecidos dentais.

6.3. Da deposição de CaF₂

Nossa análise morfológica, através de M.E.V., mostrou uma deposição de produtos de reação da solução fluoretada com a superfície do esmalte, na forma de grânulos de CaF₂, conforme descritos por CASLAVSKA, MORENO, BRUDEVOLD (1975), DIJMAN, TAK, ARENDS (1982), CRUZ, RÖLLA, ÖGAARD (1991), ÖGAARD, RÖLLA (1992).

Este depósito foi composto por microgrânulos, distribuídos homogênea e uniformemente sobre a superfície do esmalte, tanto sadio como erosionado. Observamos que estes grânulos apresentavam-se de diversos tamanhos, com uma tendência a se coalescerem, formando glóbulos maiores, de cerca de 1 μm de diâmetro, conforme pode ser observado nas Figs. 5, 6 e 15, sem contudo, preencher todos os defeitos provocados pela erosão.

CHRISTOFFERSEN et al (1988) observaram que o material "tipo CaF₂" se caracteriza por ser esférico e rugoso, com cerca de 0,1 a 0,03 μm de diâmetro, sendo que os glóbulos maiores são compostos por diversos cristais muito menores. Afirmaram que quanto mais contaminados por íons fosfato, menores são os cristais formados.

A forma globular deste depósito está relacionada com a contaminação do CaF₂ por íons PO₄³⁻ ou proteínas salivares (NELSON, JONGEBLOED, ARENDS, 1983, HATTAB, WEI, CHAN, 1988, ARENDS, CHRISTOFFERSEN, 1990, CRUZ, RÖLLA, 1991, HARDING et al, 1994).

DUSCHNER, UCHTMAN (1988) observaram que, quando soluções de fluoreto neutras ou levemente ácidas foram usadas, houve uma maior remoção de íons fosfato da superfície do esmalte enquanto que o cálcio tendeu a permanecer imóvel, o que evidenciou que os fluoretos degradam a superfície do esmalte, mesmo em pH neutro.

Em nosso experimento, foram eliminados os contaminantes salivares e foi utilizada somente água deionizada, tanto para o preparo das soluções utilizadas como para a limpeza dos espécimes, sugerindo que a contaminação do CaF_2 ocorreu por íons PO_4^{3-} provenientes da própria estrutura dental, em decorrência da reação da solução fluoretante (NaF 2%, neutra), por nós utilizada.

Por outro lado, deve ser salientado que a presença de íons PO_4^{3-} , adsorvidos à superfície do cristais de CaF_2 , é importante para reduzir a sua taxa de solubilidade, agindo num contínuo efeito inibitório cumulativo da sua taxa de dissolução, dependentes do tempo de contato dos íons PO_4^{3-} com o CaF_2 (SAXEGAARD, 1988, SAXEGAARD, LAGERLÖF, RÖLLA, 1988, ARENDS, CHRISTOFFERSEN, 1990), além disso, permitem a permanência destes precipitados na superfície do esmalte por um maior período de tempo (DUSCHNER, UCHTMAN, 1988).

Também encontramos uma maior deposição destes glóbulos sobre a superfície erosionada do que sobre o esmalte sadio. SILVERSTONE (1983), em sua investigação sobre o processo de remineralização de lesões de esmalte, observou que mais flúor foi absorvido pela área da lesão do que pelo esmalte sadio circunjacente, concluindo que a lesão pode agir como um reservatório de íons fluoreto que favoreceria a remineralização, durante a dissolução do esmalte. Segundo TEN CATE, DUIJSTERS (1993), sob condições de perda mineral, ocorre um aumento na área de superfície, o que aumenta a absorção de flúor pelo esmalte desmineralizado. IJIMA, KOULOURIDES (1989) salientaram que o esmalte desmineralizado apresenta abundantes microespaços na sua subsuperfície que podem ser parcial ou totalmente preenchidos com cristais ricos em fluoreto, na forma de fluorapatita, hidroxiapatita fluoretada ou CaF_2 durante os períodos de remineralização, que são retidos nos poros da superfície por períodos prolongados, servindo como um reservatório de liberação lenta de flúor (BRUUN, GIVSKOV, 1993)

Em todas as amostras de esmalte erosionado e fluoretado estudadas, observamos a presença de estruturas globulares diminutas preenchendo, parcialmente, os espaços deixados pelas bainhas e caudas dissolvidas e localizadas em planos inferiores e acima dos glóbulos maiores, indicando uma maior reatividade do esmalte erosionado na fixação do fluoreto.

Da mesma maneira, as irregularidades da superfície do esmalte sadio, teriam o mesmo potencial reservatório de fluoretos, pois, de acordo com ÖGAARD (1990) o CaF_2 , formado nas depressões ou nas linhas das periquimácias, não seria tão facilmente lavado ou removido mecanicamente, como nas superfícies lisas.

HICKS, FLAITSZ, SILVERSTONE (1986) também observaram que o esmalte sadio adquire menos flúor do que o esmalte com lesões o que indica que o esmalte desmineralizado tem maior afinidade para absorver fluoreto do que o esmalte sadio. Ainda salientaram o fato de que a formação de produtos de reação podem afetar o início ou a progressão da lesão, por agir como uma barreira de difusão, reduzindo a solubilidade do esmalte, provendo um reservatório de produtos ricos em flúor, e que, estes níveis aumentados de fluoreto sobre o esmalte sadio e sobre as lesões de esmalte, podem resultar na liberação de íons flúor na placa dental e nos fluídos orais, que aumentariam a remineralização do esmalte durante os períodos de desmineralização, ou entre eles, mantendo a superfície do esmalte intacta.

DUSCHNER, UCHTMAN (1988), encontraram que a presença destes precipitados reduziu drasticamente a taxa de ataque ácido do esmalte e que esta reduzida susceptibilidade ao ácido é mantida enquanto os precipitados permanecem na superfície do esmalte, o que está diretamente correlacionado com a estabilidade do CaF_2 .

Estes achados nos permitem sugerir a possibilidade de que o maior número de grânulos de CaF_2 que observamos na superfície do esmalte erosionado podem trazer os mesmos benefícios acima citados, ou seja, aumentar a resistência do esmalte aos ácidos, agir como um reservatório de íons F_2 , que são liberados durante os períodos de queda de pH, aumentando a remineralização do esmalte ou inibindo a sua dissolução (FEATHERSTONE et al, 1990, WHITE, NANCOLLAS, 1990), corroborando com o procedimento clínico do tratamento com fluoretos nos casos de erosão dental.

6.4. Da quantificação do CaF₂ depositado sobre o esmalte sadio e erodido

Analisando os dados apresentados na Tabela 1 e comparando-os com os da Tabela 2, vê-se que a adsorção do CaF₂ é mais pronunciada nos dentes do Grupo B, dentes com erosão ($X = 14,920 \text{ mg/cm}^2$), do que nos dentes do Grupo A, esmalte sadio ($X = 7,431 \text{ mg/cm}^2$), aproximadamente o dobro do valor médio encontrado para o esmalte sadio.

Uma série de investigações encontrados na literatura pertinente, não só confirmam estes dados, como também sugerem que o CaF₂ tem maior efeito sobre o esmalte previamente desmineralizado.

BRUUN, GIVSKOV (1993), avaliando a formação de CaF₂, provenientes de agentes tópicos menos concentrados (dentífricos e soluções para bochechos), observaram que somente quantidades insignificantes de CaF₂ foram produzidas sobre o esmalte sadio, mas sobre lesões artificiais de cárie, quantidades significantes foram depositadas, sugerindo que a formação de CaF₂ sobre o esmalte sadio é de pouca importância clínica e que, nas áreas desmineralizadas, o aumento da área de superfície disponível, promove uma maior acúmulo destes produtos de reação.

Avaliando a quantidade de fluoreto alcali-solúvel (CaF₂) e alcali-insolúvel (FA) depositado sobre esmalte sadio, após tratamentos tópicos com soluções para bochechos, ÖGAARD, RÖLLA, HELGELAND (1983a, b) verificaram que a maior parte do fluoreto retido consistiu de CaF₂ ou outro íon fluoreto adsorvido ou fracamente aderido. Lembraram que este material pode servir como um reservatório de fluoreto que seria redepositado diretamente em áreas de desmineralização e cavidades, reduzindo a perda mineral pela reprecipitação de estruturas apatíticas mais estáveis. Assim, torna-se duplamente importante a presença de fluoreto no ambiente, agindo como uma camada protetora sobre a superfície do esmalte (CaF₂) e como parte da estrutura dos cristais (FA), tornando esta superfície mais resistente à dissolução ácida.

Os métodos químicos quantitativos são importantes não só para as observações da adsorção menor ou maior de fluoreto, pelo esmalte sadio ou erosionado respectivamente (HICKS, FLAITZ, SILVERSTONE, 1986), mas também para determinar o grau de interferência de outros íons nos mecanismos de dissolução do esmalte por agentes ácidos. Assim, sabe-se que a disponibilidade de íons Ca^{2+} , obtida através da dissolução do esmalte por meio de um ataque ácido, intencional ou não, é um fator importante para a formação do CaF_2 .

Quando o esmalte se encontra erosionado, ou frente a uma severa queda de pH, como ocorre quando se ingere produtos ácidos, a superfície do esmalte apresenta íons Ca^{2+} e PO_4^{3-} livres, que podem atuar, aumentando a deposição de CaF_2 , quando íons flúor estiverem presentes no ambiente oral. Por outro lado, segundo RÖLLA (1988) o flúor presente nos fluídos orais ou liberados do CaF_2 , podem reagir com íons Ca^{2+} e PO_4^{3-} e com fosfatos ácidos, que são formados e ou liberados do esmalte durante os desafios cariogênicos, causando a reprecipitação destes íons na forma de fluorhidroxiapatita.

A formação de fluorhidroxiapatita ocorre, em esmalte sadio, inclusive utilizando concentrações baixas de fluoreto porém após tempos relativamente longos, como 0,05% durante 60 minutos. Em tempos menores ocorre principalmente a deposição de CaF_2 , existindo ainda a possibilidade de que a fluorapatita seja formada como um produto final durante as reações de desmineralização e remineralização, na qual os íons fluoreto são provenientes do material tipo CaF_2 (CRUZ, RÖLLA, ÖGAARD, 1991).

Em esmalte erosionado, temos uma superfície altamente reativa pela presença de íons Ca^{2+} e PO_4^{3-} livres, possivelmente permitindo a formação não só de CaF_2 , como também, de fluorapatita concomitantemente e em tempos menores e quantidades maiores.

Cabe salientar que, praticamente todos os trabalhos consultados na literatura, utilizaram o método preconizado por CASLAVSKA, MORENO, BRUDEVOLD (1975), para quantificação química do CaF_2 depositado sobre a superfície do esmalte, o que torna nossos resultados químicos quantitativos dentro de uma margem aceitável.

6.5. Dos resultados da espectroscopia de dispersão de energia

Após a remoção do CaF_2 da superfície do esmalte, pelo tratamento com uma solução M de KOH (CASLAVSKA, MORENO, BRUDEVOLD, 1975), podemos observar que todos os glóbulos, característicos de um material "tipo CaF_2 " foram removidos, deixando a superfície totalmente coberta por uma substância homogênea amorfa, tanto no esmalte sadio como no erosionado (FIG. 9 e 17), ainda não definido quimicamente, conforme a literatura consultada, justificando plenamente o seu estudo.

Alguns pesquisadores utilizaram análise de espectroscopia de dispersão de energia (E.D.E.) para analisar os produtos de reação, formados sobre a superfície do esmalte, após tratamentos tópicos, identificando-os como CaF_2 (DUSCHNER, UCHTMAN, 1988, HARDING et al, 1994), e outros, utilizaram a técnica de CASLAVSKA, MORENO, BRUDEVOLD (1975) para remoção deste material e sua quantificação química (DIJMAN, TAK, ARENDS, 1982, ÖGAARD et al, 1983 a e b, LARSEN, JENSEN, 1986, SAXEGAARD, 1988, ARENDS, REINTSEMA, DIJMAN, 1988, CRUZ, RÖLLA, ÖGAARD, 1994), no entanto, não encontramos trabalhos que tivessem utilizado a E.D.E. para analisar a superfície do esmalte, após a extração do CaF_2 , pelo KOH.

Os resultados da nossa análise química qualitativa e semi-quantitativa através de E.D.E. demonstraram que este material amorfo é basicamente constituído de íons P, Ca^{2+} , O e traços de íons F. Comparando-se as tabelas 4 (esmalte sadio) e 5 (esmalte erosionado), podemos observar que mais íons , P e Ca^{2+} e O permaneceram na superfície do esmalte erosionado, mesmo após a remoção do CaF_2 . Estes dados sugerem que na superfície erosionada havia uma maior quantidade de íons Ca^{2+} e PO_4 livres, que interagiram, em parte, com os íons F, da solução fluoretada e, outra parte, pode ter se redepositado no esmalte, sugerindo que a maior reatividade do esmalte erosionado não só permite a deposição mais acentuada de CaF_2 , mas também de PO_4 , Ca^{2+} e OH.

A existência desta estrutura de caráter amorfo é sugestiva de tratar-se de *fosfato básico de cálcio* ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$), cuja fórmula é semelhante a da hidroxiapatita ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{OH}_2$) (CASLAVSKA, MORENO, BRUDEVOLD, 1975). Se esta possibilidade for real, vem a explicar o posterior aumento da resistência da nova superfície do esmalte à dissolução pelo ataque de substâncias com caráter ácido acentuado. Poderíamos afirmar que, após a aplicação tópica de fluoretos, ocorre a formação de uma hidroxiapatita não cristalina sobre o esmalte como uma forma de reposição dos minerais perdidos durante o processo de erosão.

Por outro lado, SAXEGAARD, LAGERLÖF, RÖLLA (1988), estudando o comportamento de dissolução do CaF_2 no KOH 1M, demonstraram que o CaF_2 , quando exposto ao HPO_4 , mostra uma redução na sua taxa de dissolução em álcali (KOH), que é dependente do tempo em que o CaF_2 fica exposto ao HPO_4 . Estes dados são consistentes com os achados de outros autores que afirmam que íons PO_4^{3-} formam uma camada de cobertura sobre o CaF_2 , reduzindo sua solubilidade (ØGAARD, 1988, SAXEGAARD, 1988, RÖLLA, SAXEGAARD, 1990) o que poderia levar a uma subestimação da quantidade de CaF_2 formada sobre a superfície do esmalte após tratamentos tópicos.

Desta forma, segundo estes autores, a substância amorfa encontrada na superfície do esmalte, poderia ser *fosfato básico de cálcio* (CASLAVSKA, MORENO, BRUDEVOLD, 1975), proveniente de reações de degradação-precipitação da superfície do esmalte, induzido pelo fluoreto.

DUSCHNER, UCHTMAN (1988), demonstraram que os íons fluoreto degradam a superfície do esmalte, mesmo em pH neutro, o que permite a liberação de íons cálcio da superfície do esmalte, que reage com o fluoreto para formar CaF_2 . Este aspecto também foi demonstrado neste estudo, tanto através de fotomicrografias de M.E.V. como através dos resultados obtidos pela E.D.E., que demonstraram a formação de um material sugestivo de tratar-se de *fosfato básico de cálcio* tanto em esmalte sadio como em esmalte erodido.

Por ser a erosão dental um processo irreversível, somos de opinião que, embora a utilização de fluoretos tenha se mostrado benéfica em dentes erodidos com suco de limão, conforme demonstrado neste trabalho, a atuação dos profissionais da área da saúde deve estar mais voltada para os aspectos preventivos desta patologia, através de esclarecimentos, informações sobre os efeitos do

consumo exagerado de bebidas de baixo pH, da ação dos ácidos orgânicos e inorgânicos sobre os dentes e através de aconselhamento, aos pacientes, sobre a melhor forma de prevenir ou minimizar os efeitos de tais substâncias (SMITH, SHAW, 1987, JÄRVINEN, RYTÖMAA, HEINONEN, 1991, TOUYZ, 1994).

Ainda salientamos que, embora a utilização de fluoretos tópicos seja recomendada por diversos pesquisados como uma forma de prevenção da cárie dental, enfatizamos a sua importância na prevenção da erosão dental, atuando de forma a aumentar a resistência do esmalte à dissolução por ácidos ou inibindo a sua dissolução (DUSCHNER, UCHTMAN, 1988, LARSEN, 1990, TANAKA et al, 1993, TEN CATE, 1994).

7 CONCLUSÕES

- 1) A análise morfológica, através de M.E.V., demonstrou que o suco de limão causou um padrão de erosão, no esmalte de dentes decíduos, do tipo II, confirmando seu alto potencial erosivo sobre o esmalte dental.
- 2) A análise morfológica dos espécimes, através de M.E.V., demonstrou uma maior deposição de CaF_2 em esmalte erosionado do que em esmalte sadio, confirmando o achado de outros autores que afirmam que o esmalte desmineralizado absorve mais fluoreto, por apresentar uma superfície aumentada e mais reativa em função da perda de minerais ocorrida durante o processo de desmineralização.
- 3) A análise química confirmou os achados da análise morfológica, demonstrando uma deposição de CaF_2 , de cerca de duas vezes maior em esmalte erosionado do que em esmalte sadio.
- 4) A análise morfológica dos espécimes, através de M.E.V., após o tratamento com uma solução M de KOH, evidenciou um depósito de característica amorfa, cobrindo totalmente a superfície tanto do esmalte sadio como do erosionado, demonstrando a permanência de uma cobertura de produtos de reação sobre a superfície do esmalte, mesmo após a remoção de todo o CaF_2 .
- 5) A análise, através de E.D.E., demonstrou que este depósito amorfo é composto, predominantemente de íons Ca^{2+} , P e O, sugerindo tratar-se de *fosfato básico de cálcio*, ou de uma forma não cristalina de hidroxiapatita, depositado em maior quantidade no esmalte erosionado do que no esmalte sadio.

Uma vez que o esmalte dental é uma substância não vital, incapaz de regenerar-se, o tratamento da erosão dental deve ser baseado na sua prevenção, através de orientações à população sobre os efeitos erosivos de determinados componentes da dieta, em especial do suco de limão, e de seu caráter irreversível.

A utilização de fluoretos, com base de uso diário, através de dentifrícios e/ou bochechos, deve ser preconizada e indicada para todos os indivíduos, não só para fins de prevenção à doença cárie, mas como uma forma de aumentar a deposição mineral na superfície dental, durante os períodos de des-mineralização, com a finalidade de tornar o esmalte mais resistente à dissolução pelos ácidos orgânicos ou provenientes da dieta, reduzindo, assim, a ação do seu potencial erosivo.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AINE, L., BAER, M., MÄKI, M. Dental erosions caused by gastroesophageal reflux disease in children. A.S.D.C. J. Dent. Child., Chicago, v. 60, n. 3, p. 210-214, May/June, 1993.

ALBERT, M., GRENOBLE, D.E. An *in-vivo* study of enamel remineralization after acid etching. I.S.C.D.A., Los Angeles, v. 39, p. 747-750, Sept.,1971.

ARENDS, J., CHRISTOFFERSEN, J. Nature and role of loosely bound fluoride in dental caries. J. Dent. Res., Washington, v. 69, p. 601-605, Feb.,1990, Número especial.

ARENDS, J., REINTSEMA, H., DIJKMAN, T. G. "Calcium Fluoride-Like" material formed in partially demineralized human enamel *in vivo* owing to the action of fluoridated toothpastes. Acta Odontol. Scand. , Oslo, v. 46, n. 6, p. 347-353, Dec,1988.

ASHER, C., READ, M. J. F. Early enamel erosion in children associated with the excessive consumption of citric acid. Br. Dent. J., London, v. 162, n. 10, p. 384-387, May, 1987.

BARBAKOV, F., SCHERLE, W., IMFELD, T. Observations of SnF₂ - Treated human enamel using Scanning Electron Microscope. A.S.D.C. J. Dent. Child., Chicago, v. 4, n. 4, p. 279-286, July/Aug., 1985.

BARTLETT, D. W., EVANS, D. F., ANGGIANSAH, A., SMITH, B. G. N. The role of regurgitation in palatal dental erosion. Caries res., Basel, v. 29, n.4, p. 322, July/Aug., 1995. Abstract N. 105.

- BRITISH DENTAL ASSOCIATION. Memorandum on the erosion of teeth. Brit. Dent. J., London, v. 109, n. 4, p. 239-242, Apr., 1959.
- BRUUN, C., GIVSKOV, H. Formation of CaF₂ on sound enamel and in caries-like enamel lesions after different forms of fluoride applications *in vitro*. Caries Res., Basel, v. 25, n. 2, p. 96-100, Mar., 1991.
- BRUUN, C., GIVSKOV, H. Calcium fluoride formation in enamel from semi or low concentrated F agents *in vitro*. Caries Res., Basel, v. 27, n. 2, p. 96-99, Mar./Apr., 1993.
- BUONOCORE, M. G. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. J. Dent. Res., St. Louis, v. 34, n.6, p. 849-853, Dec., 1955.
- CARDOSO, A. C. Reabilitação oral da perimolise. R.G.O., Porto Alegre, v. 35, n. 5, p. 380-382, set./out., 1987.
- CASLAVSKA, V., MORENO, E. C., BRUDEVOLD, F. Determination of the calcium fluoride formed from *in vitro* exposure of human enamel to fluoride solutions. Archs. Oral Biol., Osford, v. 20, p. 333-339, 1975.
- CENTERWALL, B. S., ARMSTRONG, C. W., FUNKHOUSER, L. S., et al. Erosion of dental enamel among competitive swimmers at a gas-chlorinated swimming pool. Am. J. Epidemiol., Baltimore, v. 123, n.4, p. 641-647, Apr., 1986
- CHEUNG, S. P., DIMMER, A. Management of the worn dentition: a further use for the resin-bonded cast metal restoration. Rest. Dent., Epsom, v. 4, n. 4, p. 76-78, Nov., 1988.
- CHOW, L. C., TAKAGI, S. Deposition of Fluoride on tooth surfaces by a two-solution mouthrinses *in vitro*. Caries Res., Basel, v.25, n. 6, p. 397-401, Nov./Dec., 1991.

- CHRISTOFFERSEN, J., CHRISTOFFERSEN, M. R., KIBALCZYC, W., PERDOK, W. G.
Kinetics of dissolution and growth of calcium fluoride and effects of phosphate. Acta Odontol. Scand., Oslo, v. 46, n. 6, p. 325-336, Dec.,1988.
- CLARK, J. W., CORPRON, R. E., MORE, F. G., EASTON, J. W., MERRILL, D. F.,
KOWALSKI, C. J. Comparison of the effects of two topical fluoride regimens on demineralized enamel *in vivo*. J. Dent. Res., Washington, v. 67,n. 6, p. 954-958, June,1988.
- CRUZ, R., ÖGAARD, B., RÖLLA, G. Uptake of KOH-soluble and KOH-insoluble fluoride in sound human enamel after topical application os a fluoride varnish (Duraphat) or a neutral 2% NaF solution *in vitro*. Scand J. Dent. Res., Copenhagen, v.100, n. 3, p. 81-87, June,1992.
- CRUZ, R., RÖLLA, G. Deposition of alkali-soluble fluoride on enamel surface with or without pellicle. Scand. J. Dent. Res., Copenhgen, v. 99, n. 2, p. 96-99, Apr., 1991.
- CRUZ, R., RÖLLA, G., ÖGAARD, B. Formation of fluoride on enamel *in vitro* after exposure to fluoridated mouth-rinses. Acta Odontol. Scand., Oslo, v. 49, n.6, p.329-334, Dec.,1991.
- CRUZ, R., RÖLLA, G., ÖGAARD, B. Alkali-soluble fluoride deposition on human enamel exposed to monofluorophosphate-containing toothpaste *in vitro*. Acta Odontol. Scand., Oslo, v. 52, n.2, p. 72-76, Apr., 1994.
- DARBAR, U. R. The treatment of palatal erosive wear by using oxidized gold veneers: a case report. Quintessence Int., Berlin, v. 25, n. 3, p. 195-197, Mar.,1994.
- DAVIS, W. B., WINTER, P. J. The effect of abrasion on enamel and dentine after exposure to dietary acid. Brit. Dent. J., London, v.148, n. 11/12, p. 253-256, June 3, 1980.
- DIJKMAN, A. G., ARENDS, J. The role of "CaF₂ Like" material in topical fluoridation of enamel *in situ*. Acta Odontol. Scand., Oslo, v. 46, n. 6, p. 391-397, Dec.,1988.

- DIJKMAN, A.G., BOER,P. DE, ARENDS,J. *In vivo* investigation on the fluoride contend in and on human enamel after topical applications. Caries Res., Basel, v. 17, p.392-402, Sept./Oct., 1983.
- DIJKMAN, A.G., TAK, J., ARENDS, J. Fluoride deposited by topical applications in enamel - KOH-soluble and acquired fluoride. Caries Res., Basel, v. 16, n. 2 , p. 147-155, Mar./Apr., 1982.
- DUCKWORTH, R. M., STEWART, D. Effect of mouthwashes of variable NaF concentration but constant NaF contend on oral fluoride retentions. Caries Res., Basel, v. 28, n. 1, p. 43-47, Jan./Feb., 1994.
- DUSCHNER, H., UCHTMAN, H. Degradation of surface enamel and formations of precipitates after topical applications of sodium fluoride solutions *in vitro*. Acta Odontol. Scand., Oslo, v. 46, n. 6, p. 365-374, Nov./Dec., 1988.
- ECCLES, J. D. Erosion of teeth by gastric contents. Lancett. v. 2, p. 479, 26 Aug,1978.
- ECCLES, J. D. Dental erosion of non industrial origin: a clinical survey and classification. J. Prosthet.Dent., St. Louis, v. 42, n.6, p. 649-653, Dec., 1979.
- ECCLES, J. D. Erosion affecting the palatal surfaces of upper anterior teeth in young people. Br. Dent. J., London, v. 152, n. 11, p.375-378, June,1982.
- ECCLES, J. D., JENKINS, W. G. Dental erosion and diet. J.Dent., London, v. 2, n.4, p. 153-159, Dec.,1974.
- FEATHERSTONE, J. D. B., GLENA, R., SHRIATI, M., SHIELDS, C. P. Dependence of *in vitro* demineralization of apatita and remineralization of dental enamel on fluoride concentration. J. Dent.Res., Washington, v. 69, p. 620-625, Feb.,1990. Número especial.

- FEJERSKOV, O., THYLSTRUP, A., LARSEN, M. J. Rational use of fluorides in caries prevention. A concept based on possible cariostatic mechanisms. Acta Odontol. Scand., Oslo, v. 39, n. 4, p. 241-249, July/Aug., 1981.
- FULLER, J. L., JOHNSON, W. J. Citric acid consumption and the human dentition. JADA, Chicago, v. 95, n. 1, p. 80-84, July, 1977.
- GAFFAR, A., AFFLITTO, J. General principles for delivery of active agents from mouthrinses. Int. Dent. J., Guildford, v. 42, n. 4, p. 253-262, Aug. 1992. Suplemento.
- GARONE FILHO, W., MURILLO Y MURILLO, J. G., GARONE NETO, N. Estado atual do condicionamento ácido do esmalte e sua recuperação. Rev. A.P.C.D., São Paulo, v. 29, p. 1-7, jan., 1975.
- GOLDSTEIN, J. I., YAKOWITZ, H., NEWBURY, D. E., LIFSHIN, E. et al. Practical scanning electron microscopy. New York: Plenum Press, 1977, 582p. p. 401-403: Practical aspects of X-ray microanalysis.
- GRANDO, L. J., CARDOSO, A. C., TAMES, D. R., GABILAN, N. H. Erosão dental: estudo *in vitro* da erosão causada por refrigerantes e suco de limão no esmalte de dentes decíduos humanos - análises morfológicas. Rev. Odontoped., São Paulo, v. 2, n. 4, p. 203-211, out./dez., 1993.
- GRENBY, T. H., MISTRY, M. Cariogenic and erosive action of fruit juices and soft-drink base material in laboratory rats. Caries Res., Basel, v. 23, n.3, p. 233, May/June, 1991.
- GRIPPO, J. O., SIMRING, M. Dental "erosion" revisited. JADA, Chicago, v. 126, n. 5, p. 619-630, May, 1995.

- GROBLER, S. R., HORST, G. VAN DER. Biochemical analysis of various cool drinks with regard to enamel, de- and remineralization. J. Dent. Assoc. S. Afr., Cape Town, v. 37, n.10, p.681-684, Oct., 1982.
- GWINNETT, A. J. Structure and composition of enamel. Oper. Dent., Chicago, p.10-17, Jul.,1992, Suplemento.
- HACHIYA, Y., TAKATSU, T., HOSODA, H., FUSAYAMA, T. A varnish to prevent etching unrestored enamel. J. Prosthet. Dent., St. Louis, v. 53, n. 1, p. 46-50, Jan.,1985.
- HARDING, A. M., ZERO, D. T., FEATHERSTONE, J. D. B., MCCORMACK, S. M., SHIELDS, C. P., et al. Calcium fluoride formations on sound enamel using fluoride solutions with and without lactate. Caries Res., Basel, v.28, n. 1, p.1-8, Jan./Feb., 1994.
- HATTAB, F. N. Difusion of fluorides in human dental enamel *in vitro*. Archs. Oral Biol., Oxford, v. 31, n. 12, p. 811-814, Dec., 1986.
- HATTAB, F. N., WEI, S. H., CHAN, D. C. Scanning electron microscopic study of enamel surfaces treated with topical fluoride agents *in vivo*. J. Dent. Child., Chicago, v.3, n.55, p.205-209, May/June, 1988.
- HELLSTRÖM, I. Oral Complication in Anorexia Nervosa. Scand. J. Dent. Res., Copenhagen, v. 85, n. 1, p. 71-86, Jan., 1977.
- HICKS, M. J., FLAITZ, C. M., SILVERSTONE, L. M. Fluoride uptake *in vitro* of sound enamel and caries-like lesions of enamel from fluoride solutions of relatively low concentrations. J. Pedod., Boston, v. 11, n. 1, p. 47-61, Fall,1986.

- HICKS, M. J., SILVERSTONE, L. M., FLAITZ, C. M. A scanning electron microscopic and polarized light microscopic study of acid-etching of caries-like lesions in human tooth enamel treated with sodium fluoride *in vitro*. Archs Oral Biol., Oxford, v. 29, n. 10, p. 765-772, Oct., 1984.
- HOLST, J. J., LANGE, T. Perymolysis: a contribution toward the genesis of tooth wasting from non-mechanical causes. Acta Odontol. Scand., Oslo, v. 1, p. 36-48, 1939.
- HONG, Y. C., CHOW, L. C., BROWN, W. E. Enhanced fluoride uptake from mouthrinses. J. Dent. Res., Washington, v. 64, n. 2, p. 82-84, Feb., 1985.
- HOUSE, R. C., GRISIUS, R., BLIZIOTES, M. M., LICHT, J. H. Perimolysis: unveiling the surreptitious vomiter. Oral S. Oral M. Oral P., St. Louis, v. 51, n.2, p. 152-155, Feb., 1981.
- HOWDEN, G. F. Erosion as the presenting symptom in hiatus hernia. Brit. Dent. J., London, v. 131, n. 10, p. 455-456, Nov., 1971.
- IJIMA, Y., KOULOURIDES, T. Fluoride incorporation into and retention in remineralization enamel. J. Dent. Res., Washington, v. 68, n. 68, p. 1289-1292, Aug., 1989.
- INGRAM, G. S. Chemical events during tooth dissolution. J. Dent. Res., Washington, v. 69, p. 581-586, Feb., 1990, Número especial.
- JÄRVINEN, V., MEURMAN, J. H., HYVÄRINEN, H., et al. Dental erosion and upper gastrointestinal disorders. Oral Surg., St. Louis, v. 65, n. 3, p. 298-303, Mar., 1988.
- JÄRVINEN, V. K., RYTÖMAA, I. I., HEINONEN, O. P. Risk factors in dental erosion. J. Dent. Res., Washington, v. 70, n. 6, p. 942-947, June, 1991.

- KELLY, M. P., SMITH, B. G. N. The effect of remineralizing solutions on tooth wear "in vitro". J. Dent., Bristol, v.16, n. 3, p. 147-149, June, 1988.
- KÖNIG, K.G. Remineralization. Nijmegen: Jacques Bollman Ag, 1984, 41 p. p. 14-23.
- KOULOUIDES, T., CAMERON, B. Enamel remineralization as a factor in the pathogenesis of dental caries. J. Oral Pathol., Copenhagen, v. 9, n. 5, p. 255-269, Sept., 1980.
- LAMMERS, P. C., BORGGREVEN, J. M. P. M., DRIESSENS, F. C. M. Acid susceptibility of lesions in bovine enamel after remineralization at different ph values and in the presence of different Fluoride concentrations. J. Dent. Res., Washington, v. 70, n. 12, p. 1486-1490, Dec., 1991.
- LARSEN, M. J. Chemical events during tooth dissolution. J. Dent. Res., Washington, v. 69, p. 575-580, Feb., 1990, Número especial.
- LARSEN, M. J., JENSEN, S. J. On the properties of fluoride solutions used for topical treatment and mouth rinse. Caries Res., Basel, v. 20, n. 1, p. 56-64, Jan./Feb., 1986.
- LARSEN, M. J., RAVNHOLT, G. Dissolution of various calcium fluoride preparations in inorganic solutions and in stimulated human saliva. Caries Res., Basel, v. 28, n. 6, p. 447-454, Nov./Dec., 1994.
- LISSI, A., JÄGGI, T., SCHÄRER, S. The influence of different factors on *in vitro* enamel erosion. Caries Res., Basel, v. 27, n. 5, p.387-393, Sept./Oct., 1993.
- MALMBERG, E., NORÉN, J. G., MELLSTRAND, T., et al. Fluorine uptake in bovine enamel from various treatment agents. Swed. Dent. J., Jonkoping, v. 11, n. 6, p. 263-271, Nov./Dec., 1987.

- MANNERBERG, F. Saliva factors in cases of erosion. Odont. Rev., Malmo, v. 14, n. 2, p.156-166, Feb., 1963.
- MARGOLIS, H. C., MORENO, E. C., MURPHY, B. J. Effect of low levels of fluoride in solution on enamel demineralization *in vitro*. J. Dent. Res., Washington, v. 1, n.65, p. 23-29, Jan., 1986.
- MCCANN, H. G. The solubility of fluorapatite and its relationship to that of calcium fluoride. Archs. Oral Biol., Oxford, v. 13, p. 987-1001, Aug., 1968.
- MELLBERG, J. R. Current concepts in remineralization of early caries concepts. Acta Odontol. Pediat., Sto. Domingo, v. 2, n.5, p. 83-91, Dec., 1984.
- MEURMAN, J. H., FRANK, R. M. Progression and surface ultrastructure of in vitro caused erosive lesions in human and bovine enamel. Caries Res., Basel, v. 25, n. 2, p. 81-87, Mar./Apr., 1991.
- MEURMAN, J. H., HÄRKÖNEN, M., NÄVERI, H., et al. Experimental sport drinks with minimal dental erosion effect. Scand. J. Dent. Res., Copenhagen, v.98, n.2, p. 120-128, Apr., 1990
- MEURMAN, J. H. MÜRTOMAA, Effect of effervescent vitamin C preparations on bovine teeth on some clinical and salivary parameters in man. Scand. J. Dent. Res., Copenhagen, v. 94, n. 6, p. 491-499, Dec., 1986.
- MILLWARD, A., SHAW, L., SMITH, A. Dental erosion in four year-old children from differing socioeconomic backgrounds. A.S.D.C. J. Dent. Child., Chicago, v. 61, n. 4, p. 263-266, July/Aug., 1994.

- MILLWARD, A., SHAW, L., SMITH, A. J., RIPPIN, J. W., HARRINGTON, E. The distribution and severity of tooth wear and the relationship between erosion and dietary constituents in a group of children. Int. J. Paediatr. Dent., Oxford, v. 4, n. 3, p. 151-157, Sept., 1994.
- MISTRY, M., GRENBY, T. H. Erosion by soft drinks of rat molar teeth assessed by digital image analysis. Caries Res., Basel, v. 27, n. 1, p. 21-25, Jan./Feb., 1993.
- MJÖR, I. A., FEJERSKOV, O. Embriologia e histologia oral humana. São Paulo: Panamericana, 1990, p. 50-89: Esmalte dentário.
- MOTOKAWA, W., BRAHAM, R., ISHII, K., OZAKI, M. Preliminary investigations on the intake of ion drinks. Quint. Int., Berlin, v. 21, n. 12, p. 983-987, Dec., 1990.
- NELSON, D. G. A., JONGEBLOED, W. L., ARENDS, J. Morphology of enamel surfaces treated with topical fluoride agents. J. Dent. Res., Washington, v. 62, n. 12, p. 1201-1208, Dec., 1983.
- NICHOLSON, K., DUFF, E. J. Fluoride determination in water: an optimum buffer system for use with the fluoride-selective electrode. Analytical Letters, N. York, v. 14, n. A-7, p. 493-517, 1981.
- NIKIFORUK, G. Understanding Dental Caries. New York: Karger, 1985. v. 1, p. 83-110: The nature of tooth substance.
- ÖGAARD, B. Applicability of acid-etching techniques for fluoride determination on enamel after topical fluoride treatment. Acta Odontol. Scand., Oslo, v. 46, n. 6, p. 337-340, Dec., 1988.
- ÖGAARD, B. Effects of fluoride on caries development and progression *in vivo*. J. Dent. Res., Washington, v. 69, p. 813-819, Feb. 1990, Número especial.

- ÖGAARD, B., RÖLLA, G. Acquisition of alkali-soluble fluoride by enamel through treatment with NaF-containing toothpastes *in vitro*. Scand. J. Dent. Res., Copenhagen, v. 100, n. 2, p. 81-87, Apr., 1992.
- ÖGAARD, B., RÖLLA, G., HELGELAND, K. Alkali-soluble and alkali-insoluble fluoride retention in demineralized enamel *in vivo*. Scand. J. Dent. Res., Copenhagen, v. 91, n. 3, p. 200-204, June, 1983a.
- ÖGAARD, B., RÖLLA, G., HELGELAND, K. Uptake and retention of alkali-soluble and alkali-insoluble fluoride in sound enamel *in vivo* after mouthrinses with 0,05% or 0,2% NaF. Caries Res., Basel, v. 17, n. 6, p. 520-524, Nov./Dec., 1983b.
- O'SULLIVAN, E. A., CURZON, M. E. J. Salivary factors affecting erosion in children. Caries Res., Basel, v. 29, n. 4, p. 322, July./Aug., 1995. Abstract n. 106.
- PETERSSON, L. G. Fluoride mouthrinses and fluoride varnishes. Caries Res., Basel, v. 27, p. 35-42, Mar., 1992, Suplemento.
- PINDBORG, J. J. Pathology of Dental Hard Tissues. Philadelphia: Saunders, 1970. 443p. p.312-325: chemical and physical injuries.
- RIPÄ, L. N. Rinses for the control of dental caries. Int. Dent. J., Guildford, v. 42, n. 1, p. 263-269, Aug., 1992. Suplemento.
- RIPÄ, L. N., LESKE, G. S., SPOSATO, A. L., REBICH, T. Supervised weekly rinsing with a 0,2 % neutral NaF solution. Com. Dent. Oral. Epidemiol, Copenhagen, v. 11, n. 1, p.1-6, Feb., 1983.
- ROBB, N. D., SMITH, B. G. N. Prevalence of pathological tooth wear in patients with chronic alcoholism. Brit Dent. J., London, v. 169, n. 11, p. 367-369, Dec., 1990.

- RÖLLA, G. On the role of calcium fluoride in the cariostatic mechanism of fluoride. Acta Odontol. Scand., Oslo, v. 46, n. 6, p. 341-345, Dec., 1988.
- RÖLLA, G., SAXEGAARD, E. Critical evaluation of the composition and use of topical fluorides, with emphasis on the role of calcium fluoride in caries inhibition. J. Dent. Res., Washington, v. 69, p. 780-785, Feb., 1990, Número especial.
- SAXEGAARD, E. Alkali solubility of calcium fluoride pre-exposed to inorganic orthophosphate at pH 6,8. Acta Odontol. Scand., Oslo, v. 46, n. 6, p. 361-363, Dec., 1988.
- SAXEGAARD, E., LAGERLÖF, F., RÖLLA, G. Dissolution of calcium fluoride in human saliva. Acta Odontol. Scand., Oslo, v. 46, n. 6, p. 355-359, Dec., 1988.
- SAXEGAARD, E., RÖLLA, G. Fluoride acquisition on and in human enamel during topical application *in vitro*. Scand. J. Dent. Res., Copenhagen, v. 96, n. 6, p. 53-535, Dec., 1988.
- SAXEGAARD, E., RÖLLA, G. Kinetics of acquisition and loss of calcium fluoride by enamel *in vivo*. Caries Res., Basel, v. 23, n. 6, p. 406-411, Nov./Dec., 1989.
- SEPPÄ, L. Effects of a sodium fluoride solution, and a varnish with different concentrations on enamel remineralization *in vitro*. Scand. J. Dent. Res., Copenhagen, v. 96, n. 4, p. 304-309, Aug., 1988.
- SEPPÄ, L., TUUTTI, H., LUOMA, H. Three-year report on caries prevention using fluoride varnishes for caries risk children in a community with fluoridated water. Scand. J. Dent. Res., Copenhagen, v. 90, n. 2, p. 89-94, Apr., 1982.
- SILVERSTONE, L. M. Etching teeth with acids. Br. Dent. J., London, v. 135, p. 95- , 1973.

- SILVERSTONE, L. M. Remineralization phenomena. Caries Res., Basel, v.11, p. 59-84, 1977, Suplemento.
- SILVERSTONE, L. M. Remineralization and enamel caries: new concepts. Dent Update. London, v. 10, n.4 , p.261-273, May,1983.
- SILVERSTONE, L. M. The significance of remineralization in caries prevention. Can. Dent. Assoc. J., Ottawa, v. 50, n. 2, p. 157-167, Feb.,1984.
- SMITH, A. J., SHAW, L. Baby fruit juices and tooth erosion. Br. Dent. J., London, v. 162, n. 2, p. 65-67, Jan.,1987.
- SMITH, B. G. N., KNIGHT, J. K. An index for measuring the wear of teeth. Brit. Dent. J., London, v. 157, n.2, p. 435-438, June,1984a.
- SMITH, B. G. N., KNIGHT, J. K. A comparison of patterns of tooth wear with aetiological factors. Brit. Dent. J., London, v. 157, n. 1, p. 16-19, July, 1984b
- SORVARI, R., KIRIVANTA, I., LUOMA, H. Erosive effect of sport drink mixture with and without addition of fluoride and magnesium on the molar teeth of rats. Scand. J. Dent. Res., Copenhagen, v. 96, n.3, p. 226-231, June,1988.
- SORVARI, R., MEURMAN, J. H., ALAKUIJALA, P., FRANK, R. M. Effect of fluoride varnish and solution on enamel erosion *in vitro*. Caries Res., Basel, v. 28, n. 4, p. 227-232, July/Aug., 1994.
- SULLIVAN, R. E., KRAMER, W. S. Iatrogenic erosion of teeth. J. Dent. Child., Chicago, v. 50, n. 3, p. 192-296, May/June, 1983.

- SWEENEY, E. A., SWANSON, L. T., KABAN, L.B. Erosion of dental enamel by acids: report of case. J. Dent. Child., Chicago, v. 49, n. 6, p. 49-51, Nov./Dec., 1977.
- TANAKA, M., MORENO, E. C., MARGOLIS, H. C. Effect of fluoride incorporation into human dental enamel on its demineralization *in vitro*. Archs Oral Biol., Oxford, v. 38, n.10, p. 863-869, Oct., 1993.
- TAYLOR, G., TAYLOR, S., ABRAMS, R., MUELLER, W. Dental erosion associated with asymptomatic gastroesophageal reflux. J. Dent. Child., Chicago, v. 59, n. 3, p. 182-185, May/June, 1992.
- TEN BOSCH, J. J., BOOIJ, M. A quantitative comparison of methods measuring in solution or in enamel. J. Dent. Res., Washington, v. 71, p. 945-948, Apr., 1992. Número especial.
- TEN BRÜGGEN CATE, H. J. Dental erosion in industry. Br. J. Ind. Med., London, v. 162, n. 10, p. 384-387, May, 1987.
- TEN CATE, A. R. Oral Histology: development, structure and function. 4. ed. St. Louis: Mosby, 1994, 395 p. p. 239-256: Enamel structure, Cap. 12.
- TEN CATE, J. M. *In vitro* studies on the effect of fluoride on de- and remineralization. J. Dent. Res., Washington, v. 69, p. 614-619, Feb., 1990, Número especial.
- TEN CATE, J. M., DUIJSTERS, P. P. E. Influence of fluoride in solution on tooth demineralization. Caries Res., Basel, v. 27, n. 3, p. 193-199, May/June, 1993.
- THYLSTRUP, A., FEJERSKOV, O. Cariologia clínica. 2a. ed. São Paulo: Santos, 1995, 421 p., p.231-257: A química da cárie dentária e o flúor, mecanismos de ação.

- TOUMBA, K. J. CURZON, M. E. J. Slow-release fluoride. Caries Res., Basel, v. 27, p. 43-46, Mar., 1992, Suplemento.
- TOUYZ, L. Z. G. The acidity (pH) and buffering capacity of Canadian fruit juice and dental implications. J. Can. Dent. Assoc., Ottawa, v. 60, n. 5, p. 454-458, May, 1994.
- WARSHAWSKY, H. Organization of crystals in enamel. The Anatomical Record., New York, v. 224, n.2, p. 242-262, June, 1989.
- WEI, S. H. I. Scanning electron microscope study of stannous fluoride-treated enamel surfaces. J. Dent. Res., Washington, v. 53, n. 1, p. 57-63, Jan./Feb., 1974.
- WHITE, D. J., NANCOLLAS, G. H. Physical and chemical considerations of the role of firmly and loosely bound fluoride in caries prevention. J. Dent. Res., Washington, v. 69, p. 587-594, Feb., 1990, Número especial.
- WILSON, P. R., BEYNON, A. D. Mineralization levels in pre- and post-natal human deciduous molar enamel. J. Paed. Dent., Oxford, v. 6, n. 1, p. 35-39, Apr., 1990.
- XONGA, F. A., SGNNAES, R.F. Dental erosion: progress of erosion measured clinically after various fluoride applications. JADA, Chicago, v. 87, P. 1223-1228, Nov., 1973.