



Universidade do Porto  
Faculdade de Medicina Dentária

**CONTRIBUIÇÃO PARA O ESTUDO DA SMEAR LAYER (LAMA  
DENTINÁRIA) NA PREPARAÇÃO DOS CANAIS DENTÁRIOS**

Manuel José Fontes de Carvalho  
Porto – 2005

*Dissertação de candidatura ao grau de Doutor  
Apresentada à Faculdade de Medicina Dentária  
Da Universidade do Porto*

À Teresa  
Luis, Teresinha e Francisco

À memória de minha Mãe  
Ao meu Pai  
Aos meus irmãos

Ao Professor Doutor  
Belo Moreira

Ao Professor Doutor  
Rogério Gonzaga

Àqueles que me  
ensinaram e ensinam

Aos meus colegas da  
Faculdade e de todo o  
País

Aos meus amigos

## **Conselho Científico da Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto**

### **Professores Efectivos**

Prof. Doutor Acácio Eduardo Soares Couto Jorge

Prof. Doutor Afonso Manuel Pinhão Ferreira

Prof. Doutor Américo dos Santos Afonso

Prof. Doutor António Cabral Campos Felino

Prof. Doutor António Manuel Guerra Capelas

Prof. Doutor César Fernando Coelho Leal Silva

Prof. Doutor David José Casimiro Andrade

Prof. Doutor Fernando Jorge Morais Branco

Prof. Doutor Fernando José Brandão Martins Peres

Prof. Doutor Filipe Poças Almeida Coimbra

Prof. Doutor Francisco António Rebelo Morais Caldas

Prof. Doutor Germano Neves Pinto Rocha

Prof. Doutora Irene Graça Azevedo Pina Vaz

Prof. Doutor João Carlos Antunes Sampaio Fernandes

Prof. Doutor João Carlos Gonçalves Ferreira Pinho

Prof. Doutor João Fernando Costa Carvalho

Prof. Doutor Jorge Manuel Carvalho Dias Lopes

Prof. Doutor José Albertino Cruz Lordelo

Prof. Doutor José Albino Teixeira Koch  
Prof. Doutor José António Machado Carvalho Capelas  
Prof. Doutor José Carlos Pina Almeida Rebelo  
Prof. Doutor Manuel Pedro Fonseca Paulo  
Prof. Doutora Maria Adelaide Macedo Carvalho Capelas  
Prof. Doutora Maria Cristina P. C. M. Figueiredo Pollmann  
Prof. Doutora Maria Helena Guimarães Figueiral da Silva  
Prof. Doutora Maria Helena Raposo Fernandes  
Prof. Doutora Maria Purificação Valenzuela Sampaio Tavares  
Prof. Doutora Maria Teresa Oliveira  
Prof. Doutor Mário Jorge Rebolho Fernandes Silva  
Prof. Doutor Mário Ramalho Vasconcelos  
Prof. Doutor Miguel Fernando Silva Gonçalves Pinto  
Prof. Doutor Rogério Serapião Martins Aguiar Branco

## **Professores Jubilados**

Prof. Doutor Adão Fernandes Pereira  
Prof. Doutor Amílcar Almeida Oliveira  
Prof. Doutor António Manuel Machado Capelas (falecido)  
Prof. Doutor Durval Manuel Belo Moreira  
Prof. Doutor José Silva Campos Neves  
Prof. Doutor Manuel Desport Marques  
Prof. Doutor Manuel Guedes de Figueiredo

## **Agradecimentos**

Em todos os trabalhos de investigação sejam eles de maior ou menor amplitude ou interesse, só é possível obter resultados com a conjugação de esforços conjuntos.

Ser-me-ia muito difícil ou mesmo impossível desenvolver o presente estudo sem a dedicada amizade e colaboração de personalidades e instituições a quem presto a minha humilde Homenagem.

Ao Senhor Professor Durval Belo Moreira pelo entusiasmo e permanente disponibilidade para me ajudar a ir em frente com este trabalho para além do papel inestimável que desenvolveu na minha formação como docente e profissional da Medicina Dentária.

Ao Senhor Professor Doutor Rogério Gonzaga que mais que orientador desta dissertação é uma amigo de sempre que nunca esvaneceu no seu apoio incondicionalmente dedicado.

Ao Senhor Professor Doutor Jorge Leitão pelo apoio que me prestou na Faculdade de Medicina Dentária da Universidade de Lisboa e pela pronta disponibilidade em ceder as instalações do seu laboratório de Biomateriais para realizar a investigação prática deste trabalho.

Ao Senhor Professor Doutor António Pedro Matos pela imprescindível colaboração prestada durante os longos meses em que foi desenvolvida a investigação de microscopia electrónica na Faculdade de Medicina Dentária de Lisboa.

Ao Professor Doutor Alfonso Villa Vigil pela sua amizade ao longo do percurso internacional que conjuntamente desenvolvemos e por ter sido o ideólogo desta tese.

Ao Professor Doutor Armando Simões dos Santos pela sua amizade e pelo permanente incentivo.

À Senhora Engenheira Inês Almeida Santos e à Senhora D. Alice Moreira pela prestimosa colaboração.

À minha mulher, Maria Teresa e ao meu filho Francisco pela permanente ajuda.

A todos os que não me deixaram esmorecer nas horas de desânimo

---

## Índice

Índice .....	17
Índice de Figuras .....	19
Quadros de Resultados .....	23
Resumo.....	25
Resumen.....	31
Abstract.....	37
Resumé.....	41
1 Introdução.....	45
2 Justificação e Objectivos .....	49
3 Material e métodos .....	51
3.1 Aferição do método.....	52
3.2 Aplicação do método .....	59
3.2.1 Técnica manual .....	59
3.2.2 Técnica ultra-sónica .....	59
3.2.3 Técnica mecanizada.....	59
4 Resultados.....	59
4.1 Instrumentação.....	59
4.2 Aplicação de ácidos e quelantes após a instrumentação .....	59
4.2.1 Preparação manual .....	59
4.2.2 Preparação Ultra-sónica .....	59
4.2.3 Preparação mecânica.....	59
4.2.4 Aplicação combinada .....	59
4.3 Quadros de resultados .....	59
4.3.1 Acção de Ácidos e Quelantes.....	59
4.3.2 Processo de Precipitação .....	59
4.3.3 Acção Combinada de Ácido Cítrico 5% + EDTA 17% .....	59
5 Discussão .....	59
6 Conclusões .....	59
7 Bibliografia.....	59

## Índice de Figuras

Figura 1 – <i>Dente intacto</i> .....	51
Figura 2 – <i>Acto de separação da coroa</i> .....	53
Figura 3 – <i>Dente, após a separação da coroa</i> .....	54
Figura 4 – <i>Região apical do canal após a preparação</i> .....	55
Figura 5 – <i>Acto de abertura dos sulcos</i> .....	56
Figura 6 – <i>Acto de separação das metades longitudinais radiculares</i> .....	56
Figura 7 – <i>Imagem da fractura (isenta de smear layer)</i> .....	57
Figura 8 – <i>Interior de canais não tratados</i> .....	58
Figura 9 – <i>Interior de canais não tratados)</i> .....	58
Figura 10 – <i>Interior de canal não tratado mas mergulhado em hipoclorito de sódio</i> .....	59
Figura 11 – <i>Canal preparado com técnica manual e irrigado com peróxido de hidrogénio a 20 volumes/100</i> .....	59
Figura 12 – <i>Canal preparado com técnica manual e irrigado com hipoclorito de sódio a 3%</i> .....	59
Figura 13 – <i>Tubos de vidro onde foram colocadas as metades de controlo, frascos de plástico onde se mantiveram as peças em processo de desidratação em etanol e caixa endodôntica com limas para preparação manual</i> .....	59
Figura 14 – <i>Acto de deposição do ácido/quelante no lume do canal</i> .....	59
Figura 15 – <i>Peróxido de fósforo, seringa, régua endodôntica, hipoclorito de sódio e EDTA 17%</i> .....	59
Figura 16 – <i>Imagem do disco de aço inoxidável marcado e da colocação, por colagem, das metades da raiz a estudar</i> .....	59
Figura 17 – <i>Limas Hedstroem para preparação manual</i> .....	59
Figura 18 – <i>Limas K para preparação manual</i> .....	59
Figura 19 – <i>Diagrama do movimento</i> .....	59
Figura 20 – <i>Limas Zipperer K modelo U 61, para preparação ultra-sónica</i> .....	59
Figura 21 – <i>Aparelho ultra-sónico para preparação endodôntica</i> .....	59
Figura 22 – <i>Contra-ângulo para preparação mecânica</i> .....	59
Figura 23 – <i>Limas Hedstrom para preparação mecânica</i> .....	59

Figura 24 – Imagem da parede do canal preparado manualmente após tratamento com ácido cítrico 5%.....	59
Figura 25 – Imagem da parede do canal preparado manualmente após tratamento com ácido cítrico 5% e EDTA 17% .....	59
Figura 26 – Smear layer em preparação endodôntica com técnica manual .....	59
Figura 27 – Smear layer em preparação endodôntica com técnica mecânica ..	59
Figura 28 – Smear layer em preparação endodôntica com técnica ultra-sónica .....	59
Figura 29 – Aspecto da deposição de smear layer na região apical do canal (técnica manual) .....	59
Figura 30 – Pormenor do aspecto da deposição de smear layer na região apical do canal (técnica ultra-sónica) .....	59
Figura 31 – Parede do canal imediatamente depois da instrumentação manual .....	59
Figura 32 – Parede do canal preparada pela técnica ultra-sónica .....	59
Figura 33 – Aspecto da parede após instrumentação ultra-sónica, durante 60 segundos .....	59
Figura 34 – Aspecto da parede após instrumentação ultra-sónica, durante 3 minutos .....	59
Figura 35 – Aspecto da parede após instrumentação ultra-sónica, durante 5 minutos .....	59
Figura 36 – Aspecto radicular após tratamento químico com ácido cítrico 5%, actuando durante 15 segundos .....	59
Figura 37 – Aspecto radicular após tratamento químico com ácido cítrico 5%, actuando durante 15 segundos .....	59
Figura 38 – Aspecto radicular após tratamento químico com ácido cítrico 5%, actuando durante 30 segundos .....	59
Figura 39 – Aspecto radicular após tratamento químico com ácido cítrico 5%, actuando durante 30 segundos .....	59
Figura 40 – Deposição de substâncias variadas, ao fim de 60 segundos de tratamento químico com ácido cítrico 5% .....	59
Figura 41 – Deposição de substâncias variadas, ao fim de 60 segundos de tratamento químico com ácido cítrico 5% .....	59
Figura 42 – Aspecto da parede após 15 segundos de actuação de EDTA 17% .....	59
Figura 43 – Imagem (sobreponível) da respectiva metade de controlo .....	59
Figura 44 – Aspecto de peça tratada por EDTA 17% durante 30 segundos.....	59
Figura 45 – Aspecto de peça tratada por EDTA 17% durante 30 segundos.....	59
Figura 46 – Aspecto de peça tratada por EDTA 17% durante 60 segundos.....	59
Figura 47 – Aspecto de peça tratada por EDTA 17% durante 60 segundos.....	59
Figura 48 – Parede do canal após actuação do ácido ortofosfórico durante 15 segundos .....	59
Figura 49 – Parede do canal após actuação do ácido ortofosfórico durante 30 segundos .....	59
Figura 50 – Ao fim de 60 segundos de tratamento com ácido ortofosfórico, a parede do canal apresenta uma abertura virtualmente completa dos canalículos aí presentes .....	59
Figura 51 – Actuação do ácido poliacrílico durante 15 segundos .....	59

Figura 52 – Actuação do ácido poliacrílico ao fim de 30 segundos .....	59
Figura 53 – Actuação do ácido poliacrílico ao fim de 60 segundos .....	59
Figura 54 – Actuação do ácido cítrico 5% durante 3 minutos .....	59
Figura 55 – Actuação do ácido ortofosfórico durante 3 minutos .....	59
Figura 56 – Precipitação esporádica de cristais após actuação do ácido cítrico 5%.....	59
Figura 57 – Acção do EDTA 17% durante 4 minutos.....	59
Figura 58 – Acção do EDTA 17% durante 6 minutos.....	59
Figura 59 – Acção do ácido poliacrílico durante 2 minutos .....	59
Figura 60 – Acção do ácido poliacrílico durante 3 minutos .....	59
Figura 61 – Acção do ácido cítrico 5% durante 15 segundos .....	59
Figura 62 – Acção do ácido cítrico 5% durante 30 segundos .....	59
Figura 63 – Acção do ácido cítrico 5% durante 60 segundos .....	59
Figura 64 – Acção do EDTA 17% durante 15 segundos.....	59
Figura 65 – Acção do EDTA 17% durante 30 segundos.....	59
Figura 66 – Acção do EDTA 17% durante 60 segundos.....	59
Figura 67 – Acção do ácido ortofosfórico durante 15 segundos .....	59
Figura 68 – Acção do ácido ortofosfórico durante 30 segundos .....	59
Figura 69 – Acção do ácido ortofosfórico durante 60 segundos .....	59
Figura 70 – Acção do ácido poliacrílico durante 15 segundos .....	59
Figura 71 – Acção do ácido poliacrílico durante 30 segundos .....	59
Figura 72 – Acção do ácido poliacrílico durante 60 segundos .....	59
Figura 73 – Acção do ácido cítrico 5% durante 2 minutos .....	59
Figura 74 – Acção do ácido ortofosfórico durante 2 minutos .....	59
Figura 75 – Acção do EDTA 17% durante 4 minutos.....	59
Figura 76 – Acção do ácido poliacrílico durante 3 minutos .....	59
Figura 77 – Acção do ácido cítrico 5% durante 15 segundos .....	59
Figura 78 – Acção do ácido cítrico 5% durante 30 segundos .....	59
Figura 79 – Acção do ácido cítrico 5% durante 60 segundos .....	59
Figura 80 – Acção do EDTA 17% durante 15 segundos.....	59
Figura 81 – Acção do EDTA 17% durante 30 segundos.....	59
Figura 82 – Acção do EDTA 17% durante 60 segundos.....	59
Figura 83 – Acção do ácido ortofosfórico durante 15 segundos .....	59
Figura 84 – Acção do ácido ortofosfórico durante 30 segundos .....	59
Figura 85 – Acção do ácido ortofosfórico durante 60 segundos .....	59
Figura 86 – Acção do ácido poliacrílico durante 15 segundos .....	59
Figura 87 – Acção do ácido poliacrílico durante 30 segundos .....	59
Figura 88 – Acção do ácido poliacrílico durante 60 segundos .....	59
Figura 89 – Acção do ácido cítrico 5% durante 3 minutos .....	59
Figura 90 – Acção do ácido ortofosfórico durante 3 minutos .....	59
Figura 91 – Acção do EDTA 17% durante 6 minutos.....	59
Figura 92 – Acção do ácido poliacrílico durante 3 minutos .....	59
Figura 93 – Acção combinada do ácido cítrico 5% durante 15 segundos e do EDTA 17% durante 60 segundos .....	59
Figura 94 – Acção do ácido cítrico 5% durante 15 segundos e do EDTA 17% durante 3 minutos .....	59
Figura 95 – Acção do ácido cítrico 5% durante 15 segundos e do EDTA 17% durante 4 minutos .....	59

Figura 96 – Acção do ácido cítrico 5% durante 15 segundos e do EDTA 17% durante 2 minutos .....	59
Figura 97 – Acção do ácido cítrico 5% durante 30 segundos e do EDTA 17% durante 1 minuto .....	59
Figura 98 – Acção do ácido cítrico 5% durante 30 segundos e do EDTA 17% durante 1 minuto .....	59
Figura 99 – Acção do ácido cítrico 5% durante 1 minuto e do EDTA 17% durante 1 minuto .....	59
Figura 100 – Acção do ácido cítrico 5% durante 30 segundos e do EDTA 17% durante 3 minutos .....	59
Figura 101 – Acção combinada do ácido cítrico 5% durante 15 segundos e do EDTA 17% durante 60 segundos .....	59
Figura 102 – Acção combinada do ácido cítrico 5% durante 15 segundos e do EDTA 17% durante 3 minutos .....	59
Figura 103 – Acção combinada do ácido cítrico 5% durante 15 segundos e do EDTA 17% durante 4 minutos .....	59
Figura 104 – Acção combinada do ácido cítrico 5% durante 30 segundos e do EDTA 17% durante 3 minutos .....	59
Figura 105 – Acção combinada do ácido cítrico 5% durante 15 segundos e do EDTA 17% durante 1 minuto .....	59
Figura 106 – Acção combinada do ácido cítrico 5% durante 15 segundos e do EDTA 17% durante 3 minutos .....	59
Figura 107 – Acção combinada do ácido cítrico 5% durante 15 segundos e do EDTA 17% durante 4 minutos .....	59
Figura 108 – Acção combinada do ácido cítrico 5% durante 30 segundos e do EDTA 17% durante 1 minuto .....	59
Figura 109 – Acção combinada do ácido cítrico 5% durante 60 segundos e do EDTA 17% durante outros 60 segundos.....	59
Figura 110 – Imagem da smear layer após, a instrumentação .....	59
Figura 111 – Imagem da smear layer após, a instrumentação .....	59
Figura 112 – Imagem da smear layer após a instrumentação .....	59
Figura 113 – Imagem da smear layer após a instrumentação .....	59
Figura 114 – Deposição de smear layer na região apical dos canais dentários.....	59
Figura 115 – Deposição de smear layer e outros detritos na região apical.....	59
Figura 116 - Plug (rolhão) obturando um canalículo.....	59

## Quadros de Resultados

Quadro 1 – <i>Preparação manual (acção de ácidos e quelantes)</i> .....	59
Quadro 2 – <i>Preparação ultrasónica (acção de ácidos e quelantes)</i> .....	59
Quadro 3 – <i>Preparação mecânica (acção de ácidos e quelantes)</i> .....	59
Quadro 4 – <i>Preparação manual (processo de precipitação)</i> .....	59
Quadro 5 – <i>Preparação ultrasónica (processo de precipitação)</i> .....	59
Quadro 6 – <i>Preparação mecânica (processo de precipitação)</i> .....	59
Quadro 7 – <i>Preparação manual (acção combinada de ácido cítrico 5% e EDTA 17%)</i> .....	59
Quadro 8 – <i>Preparação ultrasónica (acção combinada de ácido cítrico 5% e EDTA 17%)</i> .....	59
Quadro 9 – <i>Preparação mecânica (acção combinada de ácido cítrico 5% e EDTA 17%)</i> .....	59

## Resumo

A *smear layer* dos canais dentários (barro dentinário) é uma consequência inevitável da preparação destes aquando da endodontia, independentemente do método de tratamento. A *smear layer* é um agente de obstrução dos canalículos dentinários, protegendo o canal principal das infecções periodontais, potencialmente trazidas através dos canalículos de trajecto completo entre o canal e o periodonto. Todavia, esta vantagem é contrabalançada pelo facto de a *smear layer*, não sendo asséptica, poder deixar santuários bacterianos em canalículos cegos, ao isolá-los do canal principal. Globalmente, hoje predomina a opinião de que há vantagem em eliminar a *smear layer* aquando do tratamento endodôntico.

O presente trabalho baseia-se nas técnicas mais habituais do tratamento de canais. Neste caso, o ponto de acesso ao canal dentário fez-se através do pólo coronal da raiz / união amelo cimentária, processando-se o tratamento com recurso ao alargamento e limagem das paredes. Este procedimento, que se utiliza na prática clínica corrente, vai gerar a deposição, nas paredes do canal, de um material constituído por resíduos de dentina, restos de polpa e eventualmente bactérias, ou seja, a *smear layer*. A sequência do tratamento de canais implica também a lavagem do seu interior por irrigação, habitualmente com hipoclorito de sódio, tendo por intenção lubrificar as paredes para facilitar a instrumentação e remover resíduos, incluindo agentes infectantes. A parte da *smear layer* removida nesta fase é virtualmente inquantificável, apenas

podendo avaliar-se aquela que persistiu, sobretudo comparando, no final de certas preparações dentárias, a abertura dos canalículos no interior do canal dentário, variável consoante o método de tratamento aplicado.

Como a mesma instrumentação que pretende remover a *smear layer* é a responsável pela sua deposição, pretendeu-se determinar globalmente o ou os métodos que mais rapidamente limpassem o canal dentário, deixando patente a abertura dos canalículos nas suas paredes.

O trabalho de investigação efectuado *in vitro* incluiu, assim, a preparação de dentes monorradiculares recém extraídos na prática clínica normal, escolhidos aleatoriamente, na tentativa de mimetizar, na medida do possível, as condições de trabalho *in vivo*, seleccionando todavia os que apresentavam canais rectos, para poder ulteriormente facilitar uniformização do método. Após a extracção e depois de terem sido limpos de todos os cálculos de tártaro e de todos os restos tecidulares com recurso às curetas normalmente usados em periodontologia, os dentes foram conservados individualmente em soro fisiológico, o tempo médio até à operação seguinte sendo geralmente inferior a uma semana. Foi então removida a coroa por corte com um disco diamantado, deixando o canal exposto. Seguidamente foi feita a instrumentação dos canais por métodos alternativos, para permitir a comparação: a instrumentação, por técnicas manuais, mecânicas ou ultrasónicas, foi concomitante com a irrigação com hipoclorito. O dente foi então cortado a meio com recurso ao mesmo disco diamantado, com o qual se abriram dois sulcos longitudinais, em lados opostos e sem atingimento do canal, para orientar uma fractura provocada por cinzel. Evitou-se assim uma serragem que fosse adicionar detritos no interior do canal. Das metades resultantes da citada fractura, uma serviu de padrão de comparação, enquanto que a outra foi submetida a tratamento químico com EDTA, ácido cítrico, ácido poliacrílico, ácido ortofosfórico (todos preparados no laboratório da Farmácia da Prelada - Porto), e ainda com certas associações dos anteriores. Os tempos de actuação variaram segundo padrões preestabelecidos, tentando apreciar a rapidez da actuação ideal para cada um. A avaliação do maior ou menor

número de aberturas canaliculares foi feita por microscopia electrónica de varrimento.

A metade dos dentes que serviu de comparação, nomeadamente a que apenas foi submetida à instrumentação e irrigação com hipoclorito de sódio, anteriores à fractura, apresentava sistematicamente uma camada de *smear layer* suficiente para a completa obstrução da quase totalidade dos orifícios canaliculares. A aplicação ulterior dos restantes produtos químicos, na outra metade da raiz, logrou remover uma quantidade dessa camada, variável com o produto utilizado e com o respectivo tempo de aplicação.

A eficácia dos métodos de instrumentação em si, independentemente da utilização final de qualquer destes produtos químicos, foi maior na preparação ultra-sónica. A remoção da *smear layer* foi mais eficiente quando o dente foi tratado ulteriormente com qualquer dos produtos químicos anteriormente mencionados, em relação ao tratamento limitado à irrigação com hipoclorito (aliás tido como convencional na prática clínica), tendo os melhores resultados, em termos de tempo de actuação e de eficácia de remoção, sido obtidos com o ácido cítrico a 5%, eventualmente associado ao EDTA a 17%. Assim e globalmente, os melhores resultados corresponderam aos da acção conjunta da instrumentação ultra-sónica com a aplicação de ácido cítrico 5% simples ou complementado pelo EDTA a 17%.

Uma descoberta interessante foi a de que a aplicação demasiado prolongada de cada um dos produtos químicos utilizados se traduziu por uma precipitação ulterior de um sal resultante da combinação do produto químico utilizado com o cálcio do dente, sobrepondo-se e substituindo a *smear layer* original. É discutível se este material, eventualmente estéril, é realmente indesejável, se considerarmos o referido aspecto eventualmente positivo da *smear layer*.

É curioso verificar que ao nível de resultados microscópicos, o tratamento endodôntico clássico apresenta notórias deficiências no que diz respeito à deposição de *smear layer*, pesem os bons resultados clínicos que dele advêm. Esta pode ser uma das razões que justificam a posição de certos autores que vêem, na deposição de *smear layer*, um factor positivo do

tratamento. A impossibilidade que tivemos de estudar microscopicamente um dente tratado com sucesso, eventualmente por aplicação destes produtos químicos, convida à demonstração da sua eficácia prática em estudos clínicos prospectivos morosos, mas que nos propomos efectuar.

## Resumen

La *smear layer* de los conductos dentinarios (barrillo dentinário) es una consecuencia inevitable de la preparación de estos durante la endodoncia, independientemente del método de tratamiento. La *smear layer* es un agente de obstrucción de los túbulos dentinarios, protegiendo el canal principal de las infecciones periodontales, potencialmente traídas por canalículos de trayecto completo entre el conducto y el periodonto. Aún la *smear layer* no siempre es interpretada como un inconveniente absoluto puesto que, no siendo necesariamente aséptica, al aislar el conducto principal de los canalículos puede dejar santuarios bacterianos en los casos que los últimos sean ciegos.

El presente trabajo se basa en la técnica de tratamiento de conductos a través de la corona del diente. En este caso, el punto de acceso al conducto dentinario se hace a través del polo coronal de la raíz / unión amelo cimentaria, procesándose el tratamiento con recurso al ensanchamiento y limado de las paredes. Este procedimiento, que se utiliza en la práctica clínica corriente, va a generar la deposición de un material constituido por residuos de dentina, restos de pulpa y eventualmente bacterias, es decir, la *smear layer*. La secuencia de tratamiento de conductos implica también el lavado de su interior por irrigación, habitualmente con hipoclorito de sodio, teniendo como intención lubricar las paredes para facilitar la instrumentación y remover residuos, incluyendo agentes infectantes. La parte de la *smear layer* removida en esta fase es virtualmente imposible de cuantificar, sólo pudiendo evaluarse aquella

que persistió, sobretudo comparando, al final de ciertas preparaciones dentales, la apertura de los túbulos en el interior del conducto dentario variable en función del tratamiento aplicado.

Como la misma instrumentación que pretende remover la *smear layer* es la responsable por su deposición, se ha querido determinar globalmente el o los métodos que más rápidamente limpiasen el conducto dental, dejando patente la apertura de los canalículos en sus paredes.

El trabajo de investigación efectuado in Vitro incluye así, la preparación de dientes monorradiculares recién extraídos en la práctica clínica normal, seleccionados aleatoriamente, en la tentativa de igualar, tanto como es posible, las condiciones de trabajo en vivo, seleccionando, aún, los que presentaban conductos rectos, para poder posteriormente facilitar la uniformización del método. Después de la extracción y después de haber sido limpiados todo el cálculo de tártaro y los restos tisulares utilizando las curetas normalmente usadas en periodoncia, los dientes han sido conservados individualmente en suero fisiológico, siendo el tiempo medio hasta la operación siguiente generalmente inferior a una semana. Entonces se eliminó la corona con un disco diamantado, dejando el conducto expuesto. En seguida se realizó la instrumentación de los conductos con métodos alternativos, para permitir la comparación: La instrumentación mediante técnicas manuales, mecánicas o ultrasónicas, fue concomitante con la irrigación con Hipoclorito.

El diente entonces se seccionó por la mitad con el mismo disco diamantado, con el cual se abrieron dos surcos longitudinales, en lados opuestos y sin llegar al conducto, para orientar una fractura ocasionada por el cincel. Se ha evitado, de esta manera, un corte que fuera adicionar detritus en el interior del conducto en ambas mitades resultantes de dicha fractura, una servio de patrón de comparación, mientras la otra fue sometida a tratamiento químico con EDTA 17%, ac. cítrico 5%, ac. poliacrílico & ac. ortofosfórico (todos preparados en el laboratorio de la Farmácia da Prelada- Porto), y con ciertas asociaciones de los anteriores preparados. Los tiempos de actuación han variado según patrones preestablecidos, intentando apreciar la rapidez de

actuación ideal para cada uno. La evaluación de mayor o menor número de aperturas túbulares fue hecha por microscopio electrónica de barrido.

La mitad de los dientes que sirvió para la comparación designadamente la que fue sometida solamente a instrumentación e irrigación con hipoclorito de sodio previo a la fractura presentaban sistemáticamente una capa de *smear layer* suficiente para la completa obstrucción de casi la totalidad de los orificios túbulares. La aplicación interior de los demás productos químicos, en la otra mitad del diente, logró remover una cantidad de esta capa, en función del producto utilizado y con el respectivo tiempo de aplicación.

La eficacia de los métodos de instrumentación por sí mismos, independientemente de la utilización final de cualquiera de estos productos químicos, fue mayor en la preparación ultrasónica. La eliminación de la *smear layer* fue más eficiente cuando el diente fue tratado posteriormente con cualquiera de los productos químicos referidos anteriormente, en relación al tratamiento limitado a la irrigación con Hipoclorito ( producto convencional en la practica clínica), obteniéndose los mejores resultados, con respecto al tiempo de actuación y de eficacia de eliminación, han sido obtenidos con el ac. Cítrico eventualmente asociado al EDTA. Así y globalmente, los mejores resultados correspondieron a los de acción conjunta de instrumentación ultrasónica con la aplicación de ac. Cítrico simples o complementado por el EDTA.

Una descubierta interesante fue a de que la aplicación demasiadamente demorada de cada uno de los productos químicos utilizados, se traduzco en una precipitación ulterior de un sal resultante de la combinación del producto químico utilizado con el calcio del diente, sobreponiéndose y sustituyendo la *smear layer* original. Es discutible si este material, eventualmente estéril, realmente es indeseado, si consideramos el referido aspecto eventualmente positivo de la *smear layer*.

Es interesante verificar que el nivel de resultados microscópicos, el tratamiento endodóntico clásico presenta notorias deficiencias en relación a la deposición de la *smear layer*, a pesar de los buenos resultados clínicos que de ella surgen. Esta puede ser una de las razones que justifican la posición de

ciertos autores que ven, en la deposición de la *smear layer*, un factor positivo del tratamiento. La imposibilidad que tuvimos de estudiar microscópicamente de un diente tratado con éxito, eventualmente por aplicación de estos productos químicos, invita a la demostración de su eficacia práctica en estudios prospectivos morosos, pero que nos proponemos efectuar.

## Abstract

Smear layer is a direct consequence of root canal therapy, whatever the method by which it is performed. Smear layer obstructs dentinal tubules, and if the later have a complete trajectory between the root canal and the periodontal area, this can prevent eventual bacteria from periodontal disease to be allowed to the root canal. However, smear layer is not aseptic, and when the canal born tubules do not reach the periodontal area, it can leave there true bacterial sanctuaries. Nowadays most authors agree that smear layer is deleterious and should be removed.

We have proceeded to mechanical root canal instrumentation by coronal approach, as in standard clinical practice. As expected, the inorganic debris and the organic components of the smear layer were deposited covering the canal walls. The subsequent canal cleansing by sodium hypochlorite irrigation could remove some smear layer but in an immeasurable extent, as we could only measure its final remaining by analysis of the variable opening of dentinal tubules in the root canal.

The aim of this work has been to access the most efficient instrumentation method for a fast and complete cleanness of the root canal, allowing a wide opening of the dentinal tubules.

In order to cope our *in vitro* work with the standard clinical practice, we have prepared and cleaned recently extracted single-rooted teeth with straight canals with the usual dentist instruments and then washed and kept them with

normal saline. The dental crown has then been cut to expose the root canal and the teeth have been instrumented by a standard manual, mechanical or ultrasonic method, with hypochlorite irrigation independently of the method that had been used. The teeth have then been cut longitudinally by the root canal in two halves, one to undergo chemical treatment, the other to be used as a comparison. Chemical treatment has been performed with EDTA, citric acid, polyacrylic acid or orthophosphoric acid, alone or in combination. We have tried several exposure times and accessed the final results with the aid of scan microscopy, comparing the chemically treated halves with the untreated comparison ones. The results have been accessed by scan electron microscopy.

The best results have been obtained with the use of both the ultrasonic instrumentation and the chemical treatment with 5% citric acid alone or complemented by 17% EDTA.

Unexpectedly, a too long exposure to the chemical treatment has led to a further precipitation of a salty product resulting from the reaction between the chemical agent and the tooth calcium. We could not access the importance of this finding.

As a practical conclusion, we have noticed that the classical root treatment is insufficient to remove the smear layer, independently of the good results that we can anticipate. Unfortunately we could not yet submit to scan microscopy a tooth previously treated with the afore mentioned chemicals *in vivo*.

## Resumé

La *smear layer* est une conséquence immédiate de toutes les méthodes de traitement canalaire. Son rôle dans l'obstruction des canaux radiculaires peut protéger le canal des infections péri-odontales apportées par les *tubuli* dentinaires complètes qui se prolongent du canal à la périphérie du dent, mais amène volontiers à la formation de santuaires bactériens chez ceux qui, incomplets, se terminent avant la périphérie. D'ailleurs, la plupart des auteurs s'incline à considérer que la *smear layer* doit être éliminée.

Dans ce travail, nous avons instrumenté le dent comme dans la pratique usuelle. Nous avons abordé le canal pour son pôle coronale, déposant, comme conséquence, la *smear layer* sur les parois du canal radiculaire. En même temps, nous avons lavé son intérieur avec de l'hypochorite, dont les résultats ne peuvent être appréciées que par les débris qui restent après le procédé, oblitérant l'entrée des *tubuli*.

Nous avons essayé de déterminer la méthode d'instrumentation la plus efficace pour laisser une pleine ouverture des *tubuli* das les parois du canal radiculaire.

Ce travail d'investigation, effectué *in vitro*, a utilisé des dents monoradiculaires frais, avec des canaux droits, préparés selon les principes générales de la pratique dentaire. Après lavage et conservation en solution saline, on a procédé à la rémotion de la corone pour exposer le canal radiculaire. Après, on a procédé à l'instrumentation selon les méthodes

habituelles, pour milieux manuelles, mécaniques ou ultasoniques, au fur et à mesure que l'on procédait à la lavage avec de l'hypoclorite, indépendamment de la méthode d'instrumentation utilisée. On a alors coupé longitudinalement le dent en deux demies, une à soumettre au traitement chimique, l'autre à utiliser comme comparaison. La première a été soumise au traitement, pour des temps préalablement déterminés, avec EDTA, acide citrique, acide polyacrylique et acide orthophosphorique, indépendamment et, parfois, en conjonction. L'appréciation des résultats a été amenée avec la microscopie électronique de *scan*.

Les résultats les meilleurs ont été obtenus avec l'instrumentation ultrasonique en combinaison avec le traitement avec l'acide citrique à 5% tout seul, ou en conjonction avec le EDTA à 17%.

L'exposition trop prolongée avec l'agent chimique a provoqué la déposition d'un produit saline de combinaison entre l'agent chimique et le calcium dentinaire. Nous n'avons pas trouvé l'importance de cette occurrence.

Comme conclusion pratique, nous avons trouvé que l'instrumentation classique des canaux radiculaires, malgré ses bons résultats cliniques, n'achève pas une bonne élimination de la *smear layer*. Nous n'avons pas eu l'opportunité d'étudier au microscopie électronique les résultats du traitement chimique combiné, *in vivo*.

## 1 Introdução

A *smear layer* é o conjunto de detritos resultantes da instrumentação dos canais dentários, depositado nas suas paredes ao longo dessa instrumentação.

Assim, a *smear layer* é, primariamente, um depósito de material inorgânico oriundo da dentina instrumentada ao qual se junta um significativo componente orgânico, que inclui os restos de tecido conjuntivo da polpa, bactérias viáveis e produtos de degeneração bacteriana que, segundo Pashley, citado por Carlson e Simon em 1990 e Drake em 1994, constituem um verdadeiro reservatório de infectantes e irritantes. Bastaria este facto para se justificar a conveniência da sua eliminação, embora certos autores sugiram que a deposição de *smear layer* possa não ser tão deletéria como isso e que em certos aspectos poderia até ser benéfica. Esses autores são sobretudo sensíveis à utilidade da *smear layer* enquanto agente bloqueador dos túbulos dentinários, por limitar a penetração de fluidos eventualmente com agentes infecciosos, génese de ulteriores infecções.

Todavia, a importância da remoção da *smear layer* acabou por ser universalmente reconhecida pela grande maioria dos profissionais, independentemente da evidência científica da sua utilidade global em algumas situações. Muitos trabalhos de investigação consignaram-na como um passo de importância primordial na prática endodôntica, a ponto de se ter atribuído à sua remoção deficiente a responsabilidade da grande maioria dos insucessos de endodontia.

Estudos recentes documentam inequivocamente a deposição de bactérias viáveis no interior de túbulos dentinários. L. Peters e os seus colaboradores assim o afirmaram em 2001, tendo no mesmo ano R. Love acrescentado que “muitas dessas bactérias se alojam completa ou parcialmente nos detritos pulpaes ou dentinários existentes na *smear layer* e também na espessura dos *plugs* que ocluem os canalículos”.

Independentemente de eventuais factores positivos da persistência de *smear layer* após o acto endodôntico em certos casos, somos partidários da actual e maioritária posição da defesa da sua redução ou eliminação, pelo que nos propusemos contribuir para a avaliação do método ou métodos de instrumentação que minimizem a sua deposição, bem como dos processos mais eficazes de remoção, de forma a tornar mais efectiva a sua eliminação final.

O tratamento de canais implica sempre uma instrumentação, que obriga afinal a uma abordagem pelo pólo coronal da raiz (união amelo-cimentária) (C Luque *et al*, 1992), com alargamento e limagem das paredes dos canais. É este procedimento que vai gerar a deposição da camada barrenta de resíduos de dentina, restos de polpa e eventualmente bactérias, ou seja, a *smear layer*, que começa a acumular-se por acção do primeiro instrumento utilizado, sendo posterior e progressivamente compactada contra as paredes dentinárias do canal, no decurso deste processo de instrumentação (R Farouz, 1989).

Convém ter presente que os diversos sistemas e métodos de instrumentação podem produzir quantidades diferentes e morfologias diversas na *smear layer* depositada nas paredes (I Portheimer *et al*, 1998; M Hulsmann *et al*, 2002; O Peters e F Barda, 2002).

A sequência do tratamento de canais implica ainda e sempre a lavagem do seu interior por irrigação, concomitante ou intercalar, mais frequentemente com hipoclorito de sódio. A intenção da lavagem é lubrificar as paredes para facilitar a instrumentação, bem como remover resíduos, incluindo agentes infectantes. A parte da *smear layer* removida nesta fase é virtualmente inquantificável, apenas podendo avaliar-se aquela que persistiu, comparando sobretudo a abertura dos canalículos no interior do canal dentário, a partir do

aspecto final de certas preparações dentárias respeitantes a dentes tratados por diferentes métodos,

A instrumentação, que pretende limpar o interior dos canais dentários, é afinal a principal responsável pela deposição de *smear layer*, pelo que se asseverou necessário determinar globalmente o ou os métodos que mais rapidamente limpassem o canal dentário, deixando livre a abertura dos canalículos nas suas paredes. Neste sentido, optamos por avaliar e comparar os resultados obtidos com os três métodos mais usuais de instrumentação: manual, mecânico e ultra-sónico. Faz parte integrante do tratamento de canais por qualquer destes métodos a irrigação com hipoclorito de sódio, que consoante o método pode ser intercalar ou permanente,

Para avaliação do eventual interesse de uma irrigação complementar com diferentes substâncias químicas capazes de remover a *smear layer* persistente após a instrumentação, foram efectuadas preparações dentárias constituídas por raízes cortadas após aqueles tipos de instrumentação, submetendo-as a irrigação por esses produtos químicos durante períodos de tempo variáveis. Esses produtos, ácidos ou quelantes, foram o ácido cítrico 5%, ácido etilenodiaminotetracético (EDTA 17%), ácido ortofosfórico e ácido poliacrílico.

Na preparação deste trabalho impressionou-nos o facto de nenhum dos autores consultados ter explorado convenientemente a variação de resultados com a alteração do tempo de actuação dos ácidos e quelantes.

Os resultados foram analisados por microscopia electrónica de varrimento dos cortes dos dentes assim tratados.

Tratando-se de um trabalho de natureza descritiva, em que os resultados assumem um carácter qualitativo e não quantitativo, seguimos a metodologia de objectivação de todos os trabalhos que encontramos publicados na literatura sobre este tema, nomeadamente sacrificando uma análise estatística de aplicação duvidosa para não dizer inadequada, à observação e análise de cada peça por três observadores idóneos e independentes.

## 2 Justificação e Objectivos

Ao ponderar a problemática da *smear layer* e o seu papel positivo ou negativo, percebemos que, na actualidade, não existe concordância sobre o interesse da sua manutenção ou eliminação das paredes dos canais dentários.

Assumindo contudo a opinião daqueles que cientificamente provam que a *smear layer* pode ser negativa desenvolvemos este trabalho que tem como objectivo procurar demonstrar quais são os métodos, ao alcance do profissional, que permitem remover maior quantidade de *smear layer* após ter sido concluída a instrumentação dos canais.

Teremos assim criado condições para que sejam reduzidos os insucessos endodonticos causados maioritariamente por bactérias ou outros agentes infectantes que podem permanecer na espessura da *smear layer* ou no interior dos túbulos dentinários obstruídos por ela.

Ao mesmo tempo decidimos ensaiar qual dos métodos de instrumentação (mais frequentemente usados na prática clínica) que produz menor quantidade de *smear layer*.

Pretende-se com este trabalho contribuir para habilitar os profissionais de Medicina Dentária a entender a melhor forma de eliminar o factor deletério que a *smear layer* acarreta e a escolher o ou os métodos de instrumentação que menos detritos acumulam nas paredes dos canais dentários.

### 3 Material e métodos

Para o desenvolvimento deste trabalho *in vitro* foi utilizado um total de 200 dentes monorradiculares recém-extraídos durante a prática clínica normal, seleccionados após rejeição de alguns que foram alvo de erro de preparação técnica, e ainda de outros que foram apenas utilizados para a aferição do método de trabalho. Também haviam sido rejeitados os que não apresentavam canais rectos, para poder ulteriormente facilitar a uniformização do método (Drake *et al*, 1994) (Figura 1).



**Figura 1** – *Dente intacto*

Estes 200 dentes foram seleccionados aleatoriamente, na tentativa de mimetizar, na medida do possível, as condições de trabalho *in vivo*.

Após a extracção, os dentes foram conservados individualmente em soro fisiológico, sendo o tempo médio, até à operação seguinte, menor do que uma semana. A imersão em meio líquido destinou-se a evitar ou prevenir a desidratação da peça antes da sua utilização no trabalho (O Bolanos e J Jensen, 1980). Como solução conservante optou-se pelo soro fisiológico, porque os métodos de imersão em líquidos não assépticos e de resíduo variável, como a água de consumo da rede pública, poderiam introduzir factores de erro, incluindo alterar eventualmente também a estrutura celular.

### **3.1 Aferição do método**

Numa primeira fase, que foi considerada de ensaio e aferição do método de trabalho, cerca de 50 dentes (não incluídos nos referidos 200) haviam sido desprovidos de coroa clínica, tendo sido efectuado um corte ao nível do colo, com utilização de um disco diamantado montado na peça de mão do equipamento dentário comum. Este acto, realizado com refrigeração contínua do disco com água, permitiu um acesso directo visual e táctil ao canal de cada raiz e eliminou a possível contaminação suplementar com *smear layer*, proveniente da abertura coronária e dos desgastes compensatórios que são inerentes ao processo de abordagem dos canais dentários (O Bolanos e J Jensen, 1980).

Uma vez ultrapassado este passo preparatório determinou-se, em cada dente, o respectivo comprimento de trabalho. Pretendia-se que todas as preparações fossem efectuadas até à distância de um milímetro do apex da raiz, no limite cimento-dentina-canal (limite CDC), para que esta determinação se aproximasse tanto quanto possível da realidade, pelo que se determinou o comprimento da raiz fazendo aflorar ao apex a primeira lima utilizada, sendo

posteriormente este comprimento diminuído do referido milímetro (O Bolanos e J Jensen, 1980; C Luque *et al*, 1992; T Oksan *et al*, 1993;).

Seguidamente e independentemente da técnica de instrumentação, foi adoptada como regra a utilização de três limas com calibre progressivamente superior à que iniciou o trabalho. Assim, se o primeiro instrumento nessas condições era, por exemplo, uma lima Kerr nº 30, foram utilizadas sequencialmente os números 35, 40 e 45.

Nas peças seleccionadas para o nosso trabalho foi removida a coroa com um disco diamantado com 500 micrómetros (figura 2) montado em peça de mão e abundantemente refrigerado, deixando o canal exposto (figura 3).



**Figura 2 – Acto de separação da coroa**



**Figura 3** – Dente, após a separação da coroa

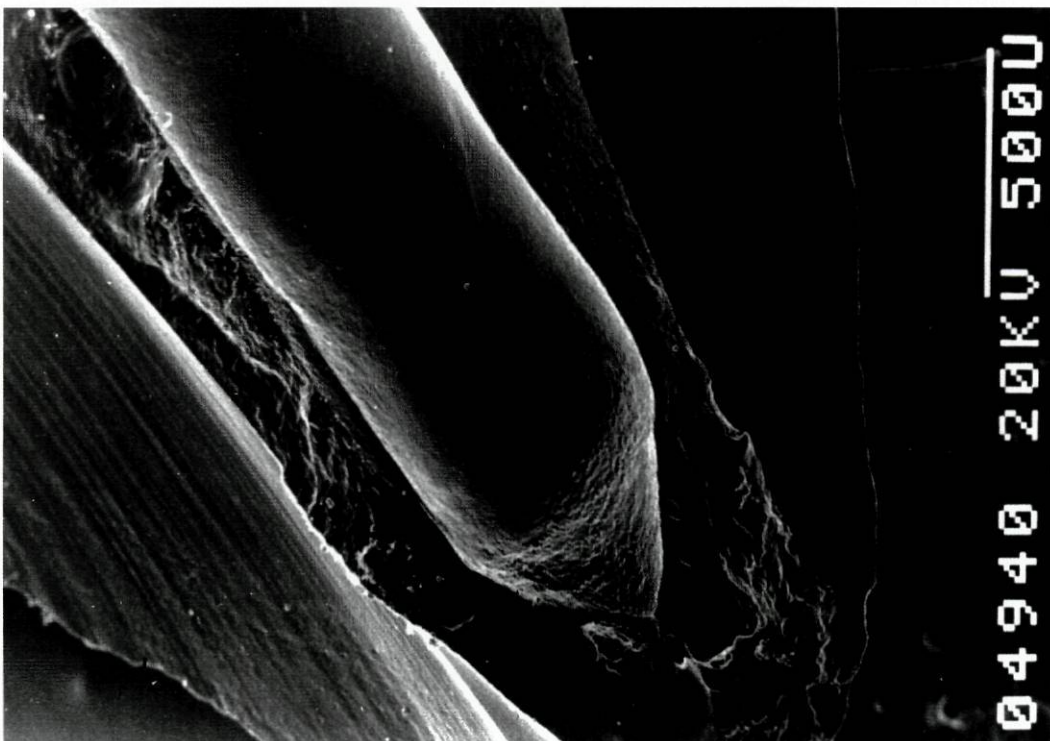
Seguidamente foi feita uma lavagem com a solução irrigadora de hipoclorito de sódio, após o que foi iniciada a preparação dos canais (T Becker e G Woolard, 2001).

Foram usadas técnicas de instrumentação manual, mecânica e ultra-sónica, afim de permitir comparar o comportamento da *smear layer* em cada caso. Durante a instrumentação foi feita a irrigação com hipoclorito de sódio a 3% executada, nos casos das técnicas mecânica e manual, com uma seringa de plástico descartável com capacidade de 5 mililitros, provida de agulha de 0.5x16 milímetros (C Luque *et al*, 1992). Esta irrigação foi efectuada entre cada passo da instrumentação, utilizando um volume total de 25 mililitros de hipoclorito de sódio, incluídos os 5 mililitros usados antes da instrumentação. Por isso e para não introduzir factores de discrepância, foi colocado no depósito do aparelho de instrumentação ultra-sónica o volume constante de 20 mililitros de hipoclorito de sódio a 3%. Desta forma se uniformizou a quantidade de solução irrigadora para cada preparação endodôntica, em qualquer dos métodos utilizados.

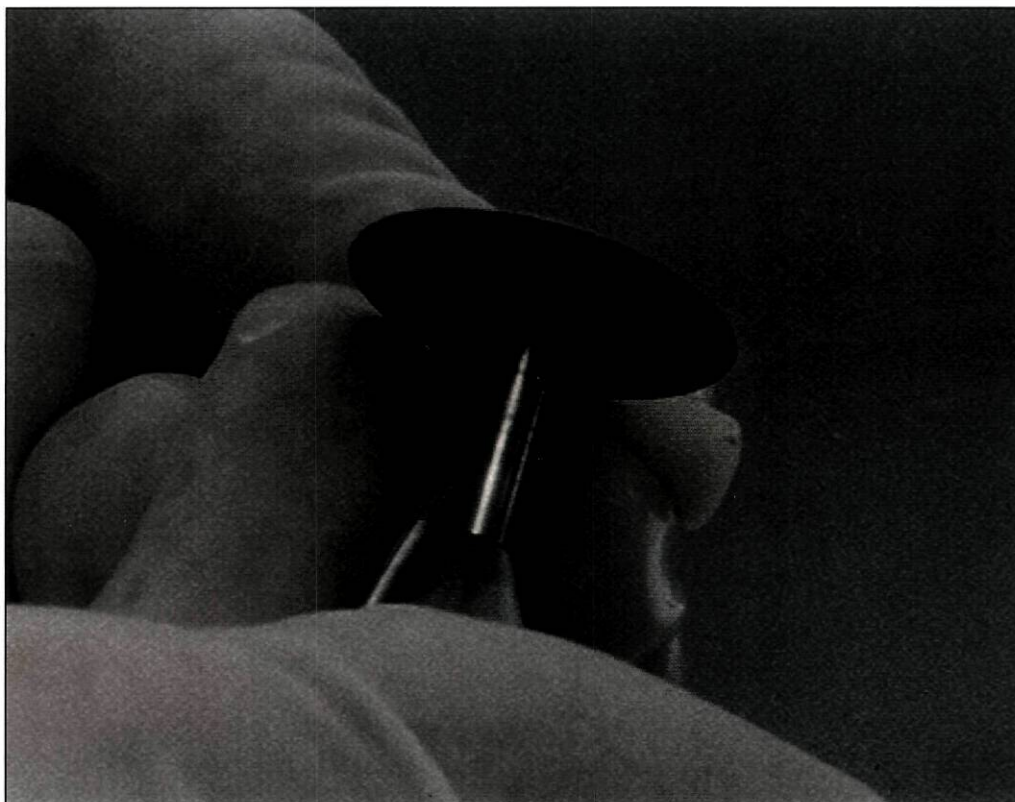
A secagem foi conseguida com pontas de papel absorvente não calibradas e de comprimento inferior ao de trabalho.

Como se referiu, todas as preparações foram realizadas com um comprimento de trabalho inferior, em um milímetro, ao comprimento real da raiz (Drake *et al*, 1994). Para que se possa aperceber o resultado final da instrumentação, temos que recorrer à imagem da figura 4, obtida posteriormente, após a exposição do canal.

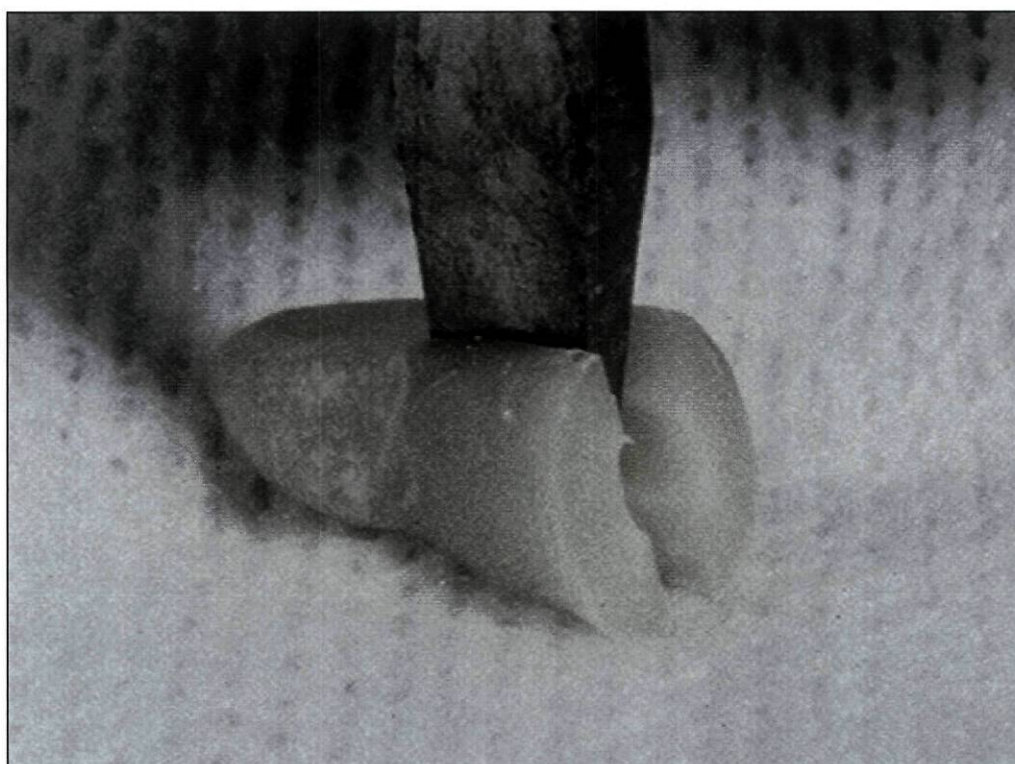
Após a instrumentação e para a devida exposição, o dente foi então cortado a meio, abrindo dois sulcos longitudinais em lados opostos, sem atingimento do canal, de forma a orientar uma fractura provocada por cinzel, evitando que um acto de serragem alternativo adicionasse detritos ao interior do canal (figuras 5, 6 e 7) (H Liesenhoff e T Seiler, 1989 ; B Gettleman *et al*, 1991; C Luque *et al*, 1992).



**Figura 4** – Região apical do canal após a preparação



**Figura 5** – *Acto de abertura dos sulcos*



**Figura 6** – *Acto de separação das metades longitudinais radiculares*



**Figura 7** – Imagem da fractura (isenta de smear layer)

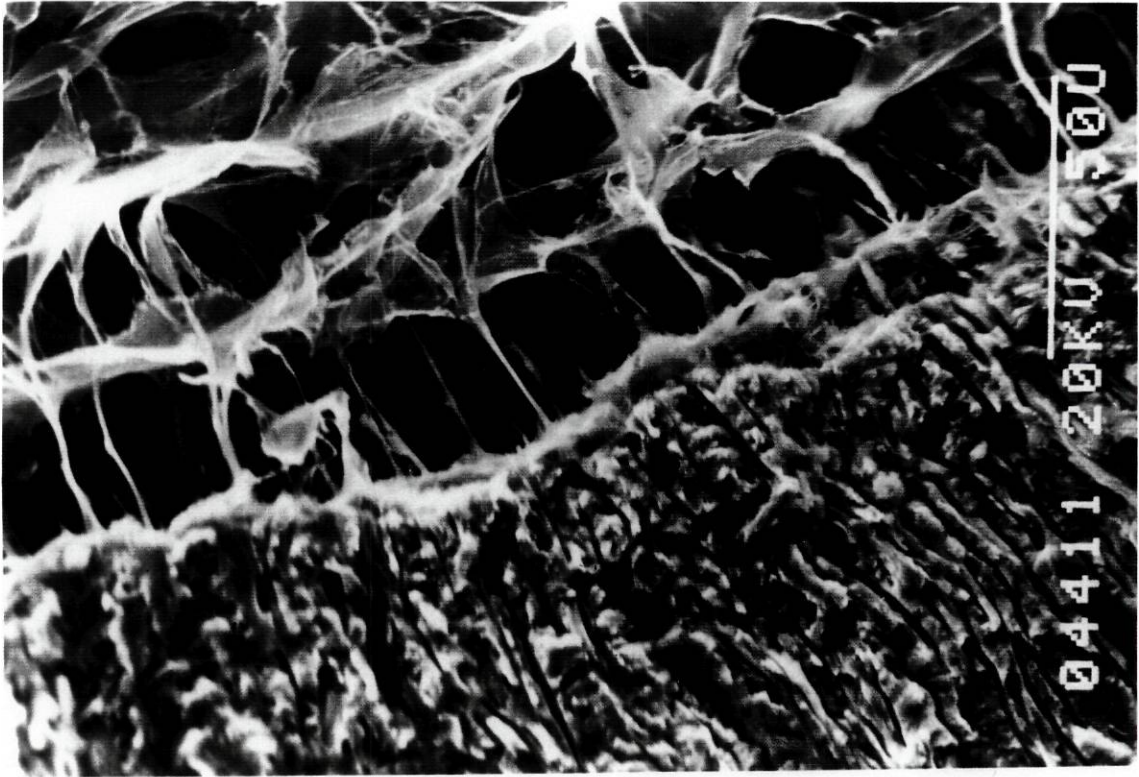
Após a separação das metades, ambas foram novamente lavadas, agora com água destilada. Uma ficou como padrão de comparação e a outra foi destinada a ser submetida ao tratamento químico com as substâncias que foram ensaiadas.

Saliente-se que, ao contrário do procedimento seguido por C Luque *et al* em 1992, que utilizaram gel de ácido fosfórico a 37%, a metade destinada ao controle foi, no nosso caso, isenta de qualquer tratamento químico.

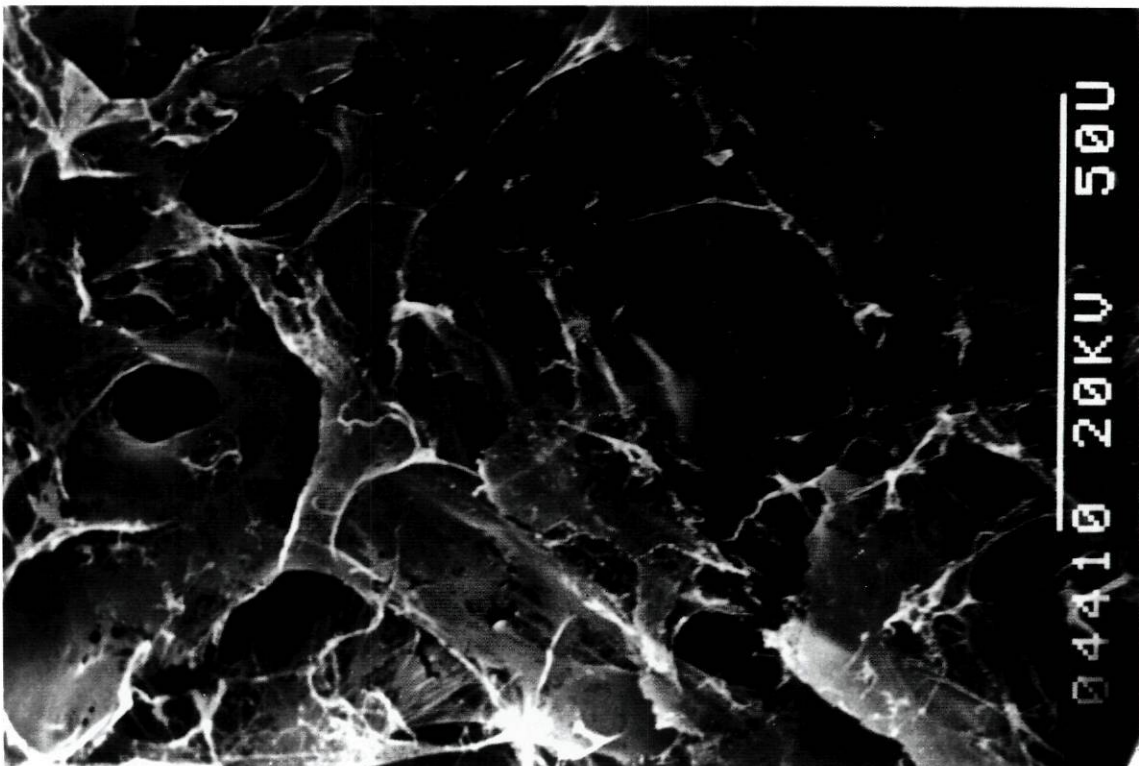
A metade dos dentes que serviu de comparação, nomeadamente a que apenas foi submetida a instrumentação e irrigação com hipoclorito (controle), apresentava sistematicamente uma camada de *smear layer* suficiente para a completa obstrução da quase totalidade dos orifícios canaliculares. A aplicação ulterior dos restantes produtos químicos, na outra metade do dente, removeu uma quantidade dessa camada, variável com o produto utilizado e o respectivo tempo de aplicação.

Para efeitos de comparação, foram cortados pelo método anteriormente descrito dentes cujos canais não foram tratados (figuras 8 e 9) e dentes que, também não tendo tido os canais tratados, foram mergulhados em hipoclorito

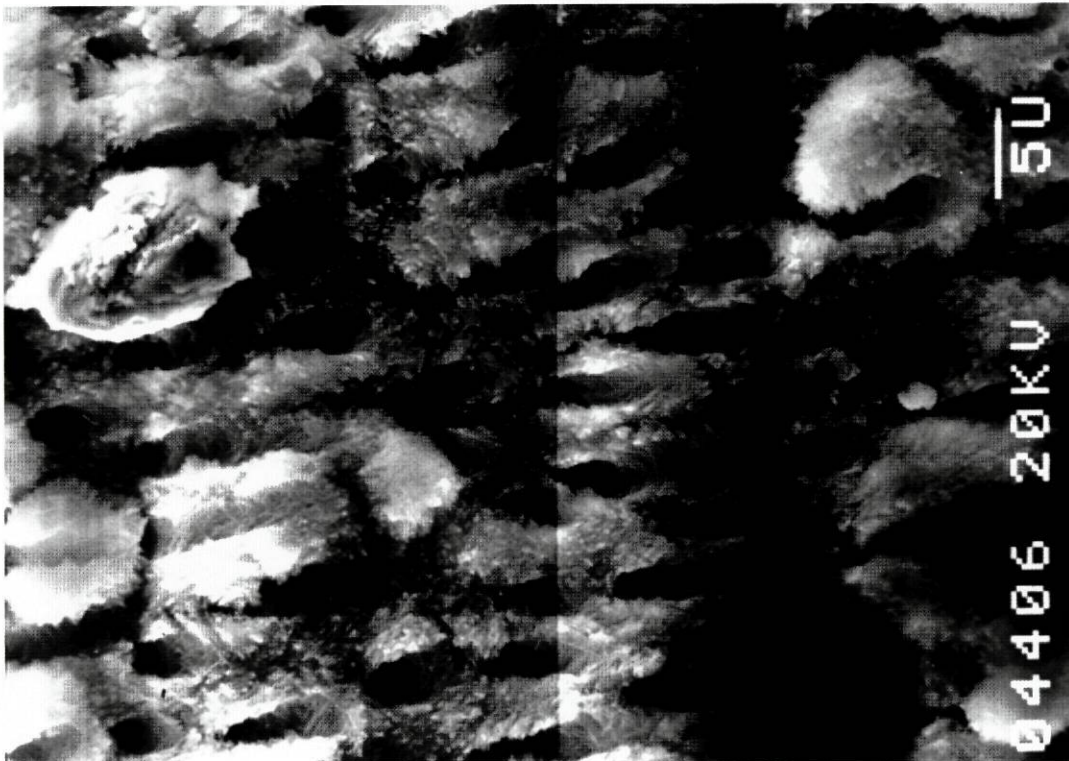
de sódio a 3% durante três dias, imediatamente após terem sido submetidos à separação da coroa (figura 10).



**Figura 8** – Interior de canais não tratados



**Figura 9** – Interior de canais não tratados



**Figura 10** – Interior de canal não tratado mas mergulhado em hipoclorito de sódio

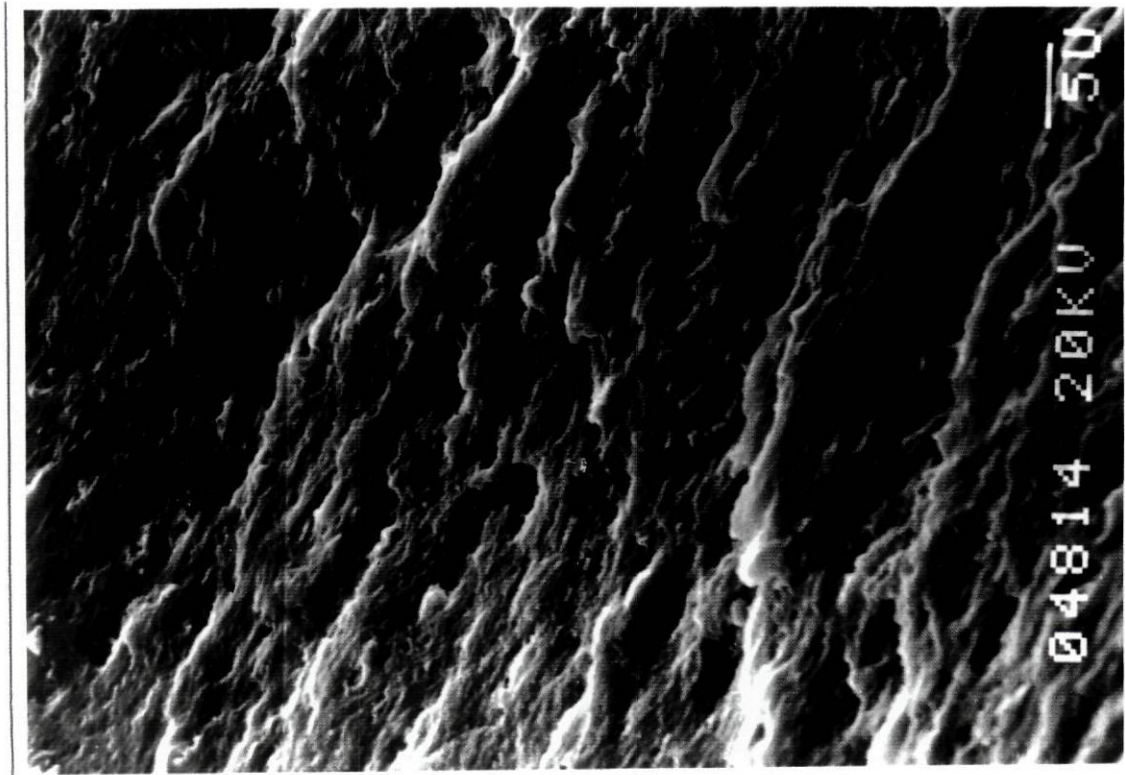
Com intenção idêntica foram também preparados, com técnica manual, alguns dentes em cuja irrigação foi utilizado peróxido de hidrogénio ( $H_2O_2$ ) a 20 volumes (figura 11).



**Figura 11** – Canal preparado com técnica manual e irrigado com peróxido de hidrogénio a 20 volumes/100

Quer nos casos em que foi utilizado o peróxido de hidrogénio como solução irrigadora, quer naqueles em que foi o hipoclorito de sódio, foi evidente a não remoção da *smear layer* das paredes do canal, o que significa que uma e outra destas substancias se mostra ineficaz enquanto potencial agente de eliminação da dita *smear layer* (C Luque *et al*, 1992) (figura 12).

As técnicas de instrumentação utilizadas nesta fase de aferição, descritas adiante, não necessitaram de aferição específica, por cumprirem as regras da instrumentação empregues na prática clínica corrente, como convém num trabalho que se pretende pragmático e de aplicação à prática diária.



**Figura 12** – Canal preparado com técnica manual e irrigado com hipoclorito de sódio a 3%

Assim, não confirmamos as observações de A. Serper e colaboradores em 2001 e de C. Luke e colaboradores em 1992, que haviam afirmado que o aumento da concentração do hipoclorito de sódio de 1% para 2,5% e 5% permitia a obtenção de um aspecto mais liso e homogéneo, com um maior grau de limpeza e um menor número de detritos, chegando em certas ocasiões a esboçarem-se algumas aberturas tubulares. Mesmo assim optamos pela

utilização constante da concentração a 3% em todas as irrigações que se efectuaram neste trabalho, por ser a de uso mais frequente na clínica.

Entre cada instrumento utilizado (excepto na técnica ultra-sónica em que o processo foi contínuo), foi efectuada uma irrigação com 5 mililitros de hipoclorito de sódio a 3% contido numa seringa de plástico provida de agulha 0,5 x 16 milímetro, como foi citado já anteriormente (O Bolanos e J Jensen, 1980; C Luque *et al*, 1992). Nenhum instrumento foi utilizado mais do que duas vezes (C Prati *et al*, 1994) e entre cada utilização apenas foi lavado e não esterilizado.

Após a preparação biomecânica, cada canal foi irrigado com 20 mililitros da mesma solução de hipoclorito a 3% e depois seco com pontas de papel absorvente de calibre imediatamente inferior ao do último instrumento utilizado (C Luque *et al*, 1992).

Seguindo então o método que havíamos seleccionado na fase de aferição metodológica e que atrás descrevemos, utilizamos o disco diamantado e sob refrigeração por água para efectuar na raiz dois sulcos longitudinais diametralmente opostos (mesial e distal), tendo sempre a preocupação de evitar atingir o canal dentário previamente preparado, pelos motivos que então expusemos (O Bolanos e J Jensen, 1980 ; C Luque *et al*, 1992 ; T Oksan *et al*, 1993). De facto, a abertura dos sulcos foi interrompida à aproximação do canal dentário e nos casos em que não foi possível evitar esse atingimento a peça foi rejeitada.

Na sequência da mesma metodologia, a separação total das duas metades da raiz conseguiu-se por fractura orientada a partir destes dois sulcos e produzida por pancada seca efectuada por um cinzel comum. Nos casos em que a fractura não foi possível de forma limpa, ou seja, sempre que se produziram estilhaços, a peça foi recusada. O acto de fracturar o dente está documentado na figura 6.

Após esta fractura e a lavagem das peças, uma das metades obtidas foi colocada em soro fisiológico (metade de controle) e acondicionada num tubo de vidro fechado e marcado (figura 13), enquanto a outra metade foi sujeita ao tratamento pelos produtos químicos utilizados no trabalho. Estes foram, sem

excepção, aplicados sobre cada uma das peças com recurso a um pincel (manuseado com muita leveza para não adicionar um factor mecânico), com que se depositou cada uma dessas substâncias no lume da metade do canal preparado. Assim foi possível colocar uniformemente a mesma quantidade de ácido ou quelante em toda a superfície a ser estudada (figura 14).



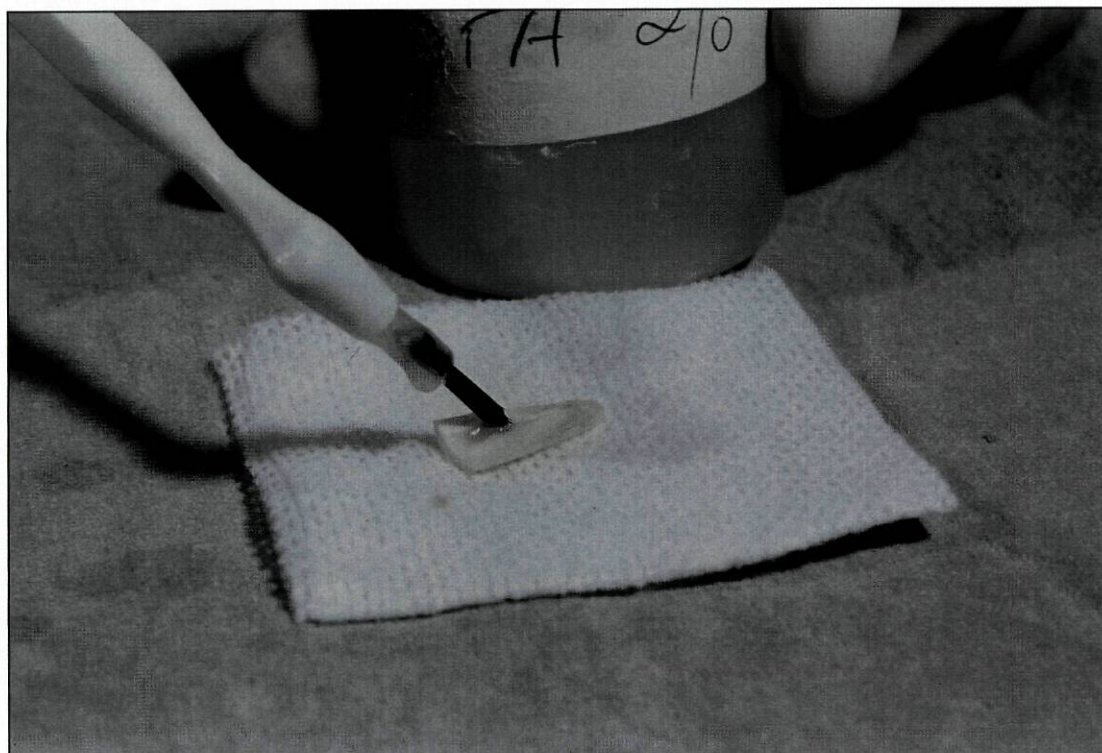
**Figura 13** – *Tubos de vidro onde foram colocadas as metades de controlo, frascos de plástico onde se mantiveram as peças em processo de desidratação em etanol e caixa endodôntica com limas para preparação manual*

Finalizou-se a preparação com uma lavagem abundante da metade da raiz a estudar, em água destilada contida num copo de plástico vulgar, sendo a peça sustentada por uma pinça e agitada energicamente, durante 30 segundos, dentro do referido copo. Com este procedimento eliminou-se todo o remanescente do ácido ou quelante utilizado.

Como já se disse, o mesmo método de lavagem com água destilada foi aplicado à metade de controlo.

Seguidamente, procedeu-se à exsicação das metades das raízes, sendo a preparação e o respectivo controlo colocados em dois tubos de vidro vazios e destapados (figura 13) que, por sua vez, foram introduzidos numa caixa de plástico hermeticamente fechada, onde também foi colocado, num godé de

vidro aberto, material excicador. Esse material foi o peróxido de fósforo, substituído de 24 em 24 horas durante cinco dias (figura 15).



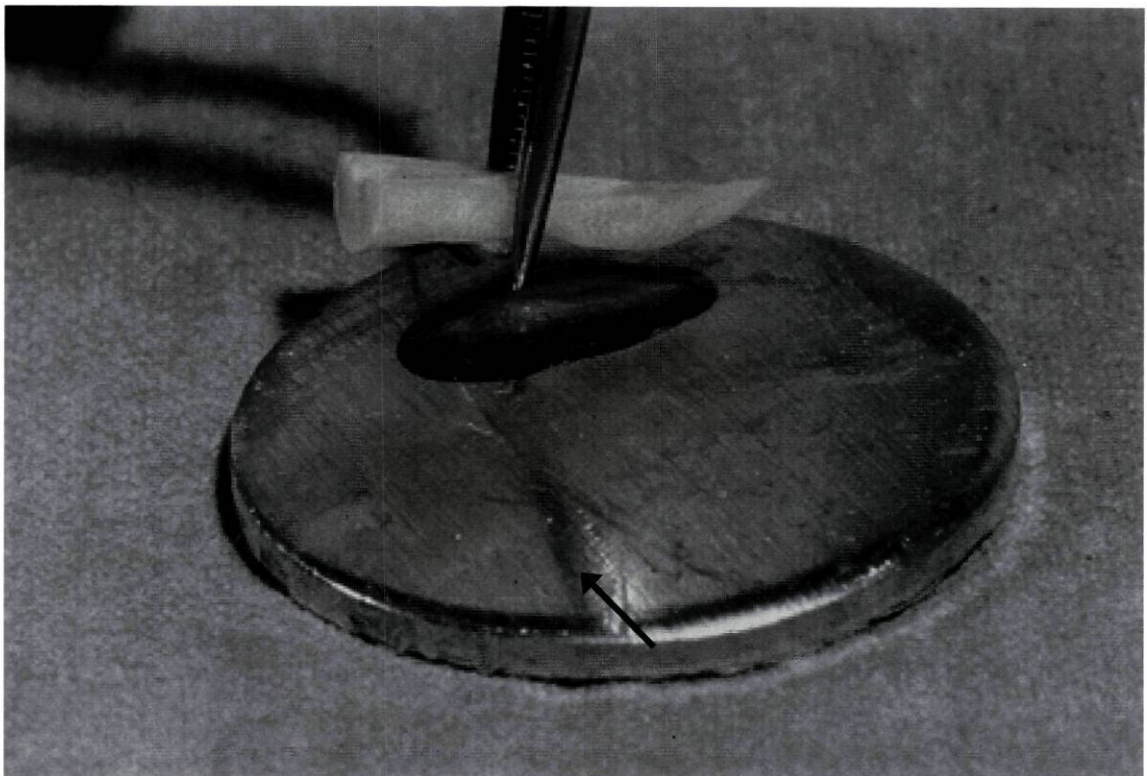
**Figura 14** – Acto de deposição do ácido/quelante no lume do canal



**Figura 15** – Peróxido de fósforo, seringa, régua endodôntica, hipoclorito de sódio e EDTA 17%

Após esse procedimento as amostras foram desidratadas em etanol em concentrações crescentes, sendo o último passo feito em etanol desidratado com filtros moleculares tipo 3 A (B D H). Usamos assim, etanol a 70%, 95% e 100%. Como só nos interessava a desidratação da superfície, bastaram cinco minutos de actuação em cada amostra, com a repetição por três vezes da imersão em etanol absoluto desidratado (100%). Finalmente passou-se cada amostra, duas vezes, por H M D S (Hidroxi-metil-disilazano) e deixou-se secar ao ar.

Entretanto, haviam-se fabricados 150 discos de aço inoxidável com 3 centímetros de diâmetro e 2 milímetros de espessura, devidamente numerados, que serviriam para colar cada peça a observar (controlo e preparação) e transportá-la ao microscópio electrónico de varrimento. Concretamente, em cada disco foi colada, com cola de cianoacrilato, a metade de cada raiz. Para distinguir a metade destinada à preparação da metade destinada ao controlo, foi marcado com uma broca, de um lado, a referência I (destinada ao controlo) e de outro lado a referência II (destinada à preparação) (figura 16).



**Figura 16** – Imagem do disco de aço inoxidável marcado e da colocação, por colagem, das metades da raiz a estudar

Evitou-se assim qualquer confusão de identificação na visualização e fotografia.

O conjunto disco/metades de cada raiz foi colocado no sistema de vácuo, completando assim a exsicação antes de ser sujeito ao procedimento normal de recobrimento com ouro num “sputter-coater” Joel JFC-1100 E durante 60 segundos, prévio à colocação no microscópio electrónico de varrimento, neste caso um Hitachi S – 450.

Em cada metade da peça (controlo e preparação), foram visualizados os terços cervical, médio e apical, e efectuadas, durante o desenvolvimento do trabalho, fotografias com a câmara que integra o microscópio, recorrendo a película Kodak TMAX 100/120 milímetros, sempre com exposição e ampliação constantes (C Luque *et al*, 1992), embora para efeitos de análise tenha sido considerado apenas o terço médio.

Convém citar que a barra de micron impressa na foto serve para calcular a ampliação. Assim, na imagem fica expresso:

$$\text{Ampliação} = \frac{\text{dimensão da barra medida na imagem final}}{\text{dimensão real da barra impressa no negativo}}$$

Isto significa por exemplo que, se a barra mede 3 centímetros e está marcada no negativo como tendo 5 milímetros, a ampliação será de  $3 \text{ cm} / 5 \text{ mm} = (3 \times 10000) \text{ mm} / 5 \text{ mm} = 6000$

Ocasionalmente foram efectuadas uma ou várias fotografias adicionais para evidenciar pormenores circunstanciais.

A razão da utilização do microscópio electrónico de varrimento para estudo da *smear layer*, em detrimento do microscópio de luz, teve a ver com o facto deste ter falhado na sua identificação quase sistematicamente. De facto a microscopia de luz mostra-se eficaz na observação de cortes histológicos e depende de preparações em que são utilizadas técnicas de coloração, mas não se conhecem, até hoje, técnicas que permitam preservar intacta a *smear layer* aquando da coloração para observação no dito microscópio de luz. (W Cotton, 1984).

Apesar disso, autores como Lamilimetroie e Draycott, em 1952, Street, em 1953, Peyton e Mortell, em 1956, Charbenau et al em 1957 e Lamilimetroie em 1957, utilizando apenas a microscopia de luz, já referenciavam a *smear layer* (citados por W. Cotton em 1984). Ao invés, a utilização da microscopia electrónica de varrimento demonstra-se como um elemento eficaz e adequado para o estudo das diversas técnicas de instrumentação e desbridamento e sua relação com a deposição da *smear layer* (Mc Comb, 1975) Crê-se que tenham sido Ray Bowen e colaboradores os primeiros a desenvolver a técnica que permitiu a utilização da microscopia electrónica, numa altura em que o conceito de *smear layer* era virtualmente desconhecido (W Cotton, 1984). Em 1961 e 1966, descrições de Scott e O'Neil e Provenza e Sardana referenciaram, num corte de superfície dentária, a observação de “uma camada de algo que revestia as faces dessa mesma superfície”, sem contudo a descreverem pormenorizadamente nem lhe atribuírem ainda uma designação (W Cotton, 1984). A primeira descrição efectivamente dirigida à *smear layer* observada em microscópio electrónico de varrimento é atribuída a Boyde, Switsur e Stewart em 1963, sendo ulteriormente defendida por Eick e colaboradores em 1970, verdadeiros autores da referência à *smear layer* enquanto tal (W Cotton, 1984).

Refira-se que muitos estudos em microscopia electrónica são mais qualitativos que quantitativos. Limitamos a amplitude da nossa amostra a um número apenas suficiente para a obtenção de resultados quantitativamente conclusivos, pois amostras maiores, para além dos custos desproporcionados, não melhorariam os respectivos aspectos qualitativos.

## 3.2 Aplicação do método

### 3.2.1 Técnica manual

Para a primeira parte do trabalho, em que se investigou o comportamento das diversas substâncias químicas em dentes sujeitos à preparação manual, foram utilizadas limas tipo K e H, em aço inoxidável, da marca Zipperer (figuras 13, 17 e 18) (fabricado por Vereinigte Dentalwerke GmbH&Co.KG, Muchen / Germany).

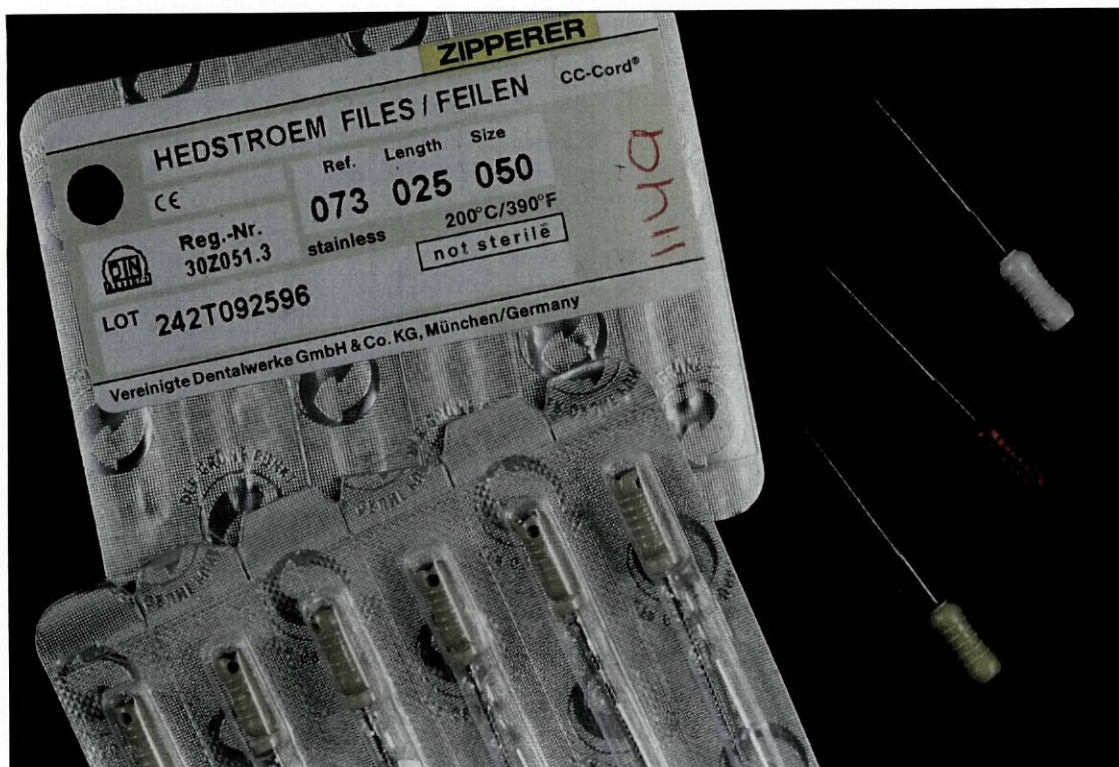
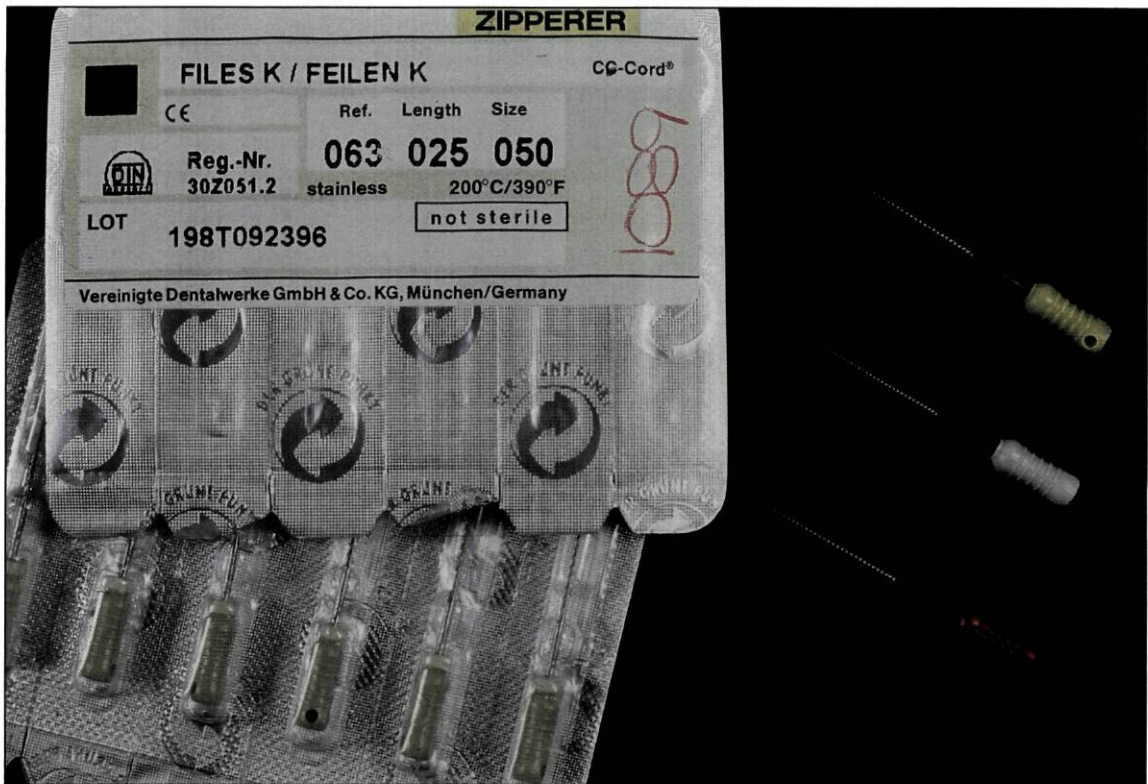
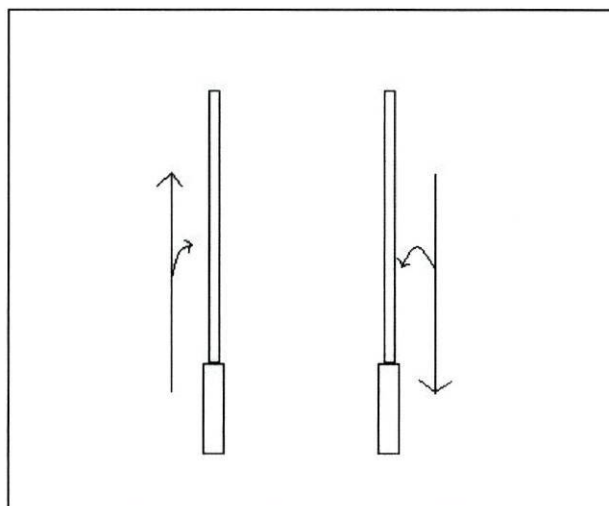


Figura 17 – Limas Hedstroem para preparação manual



**Figura 18** – *Limas K para preparação manual*

Foram instrumentados e conservados pelos métodos já anteriormente referidos, quarenta e oito dentes, havendo o cuidado de imprimir às limas movimentos de penetração até ao comprimento de trabalho, seguidos de movimentos de alargamento de um quarto de volta (no sentido horário) e de remoção dos detritos, conseguida pela retirada da lima do canal com um movimento de tracção simultâneo com um de rotação (figura 19).



**Figura 19** – *Diagrama do movimento*

Nas metades de cada raiz destinadas a ser tratadas com os ácidos e quelantes, cada um deles foi aplicado em períodos de tempo diferentes: 15, 30 e 60 segundos. Assim, colocou-se cada uma das substâncias (ácido cítrico 5%, ácido poliacrílico, ácido ortofosfórico e EDTA 17%) em 12 metades de raiz, sendo 4 durante 15 segundos, 4 durante 30 segundos e 4 durante 60 segundos.

Os diversos tempos de actuação das substâncias químicas foram marcados com auxílio de um cronómetro provido de avisador sonoro, manuseado pelo mesmo operador.

Após completado o procedimento protocolar anteriormente descrito, cada dente foi analisado no microscópio electrónico, quer na metade tratada quer na metade de controlo.

As fotografias de registo foram efectuadas sempre na mesma zona, definida pelo operador a partir da rotação do botão do comando do sistema de observação duas vezes e meia no mesmo sentido, a partir do momento que era focada a peça em estudo.

Foi garantida, desta forma, a análise de comportamento da *smear layer*, na mesma zona da parede e pelo mesmo observador independente.

### 3.2.2 Técnica ultra-sónica

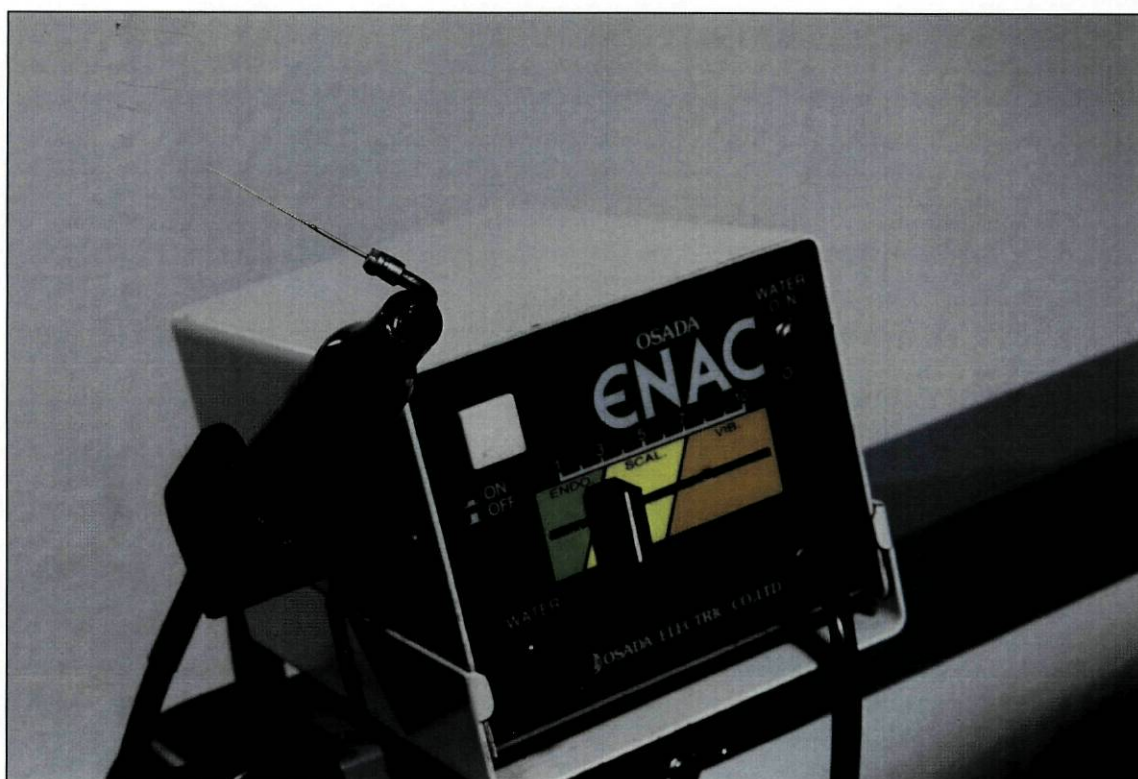
A preparação com o ultra-som foi realizada com limas Zipperer tipo K, modelo U61 (fabricadas pela Osada Electric Co LDA – Japão) (figura 20), montadas em aparelho ultra-sónico marca ENAC (fabricadas pela Osada Electric Co LDA – Japão) (figura 21), provido de depósito para colocação do irrigante (neste caso hipoclorito de sódio a 3%).

Mais uma vez foi preparado endodonticamente um total de 48 dentes cuja conservação foi efectuada pelo mesmo método (J Cameron, 1988).

Na preparação ultra-sónica foram usadas as limas indicadas para o ENAC no comprimento de trabalho previamente definido e com irrigação contínua.



**Figura 20** – Limas Zipperer K modelo U 61, para preparação ultra-sónica



**Figura 21** – Aparelho ultra-sónico para preparação endodôntica

Apesar de o fabricante do aparelho referir a possibilidade de cada lima utilizada produzir um alargamento que permite que a lima seguinte não seja de número imediatamente superior mas sim dois números acima, utilizamos sempre a sequência que foi já descrita, salvaguardando assim a uniformização do método.

Neste caso, a eficácia da lima dentro do canal obtém-se mantendo-a em funcionamento no comprimento de trabalho até que esteja solta, após o que se efectuam movimentos de vaivém seguindo um trajecto circunferencial, com alguma pressão sobre as paredes.

Os dentes assim preparados foram também conservados e tratados da mesma forma, até à sua observação.

### **3.2.3 Técnica mecanizada**

Para a preparação mecânica recorremos ao contra-ângulo da marca Kerr, modelo M4 Safety Handpiece (fabricado pela Kerr Corporation Germany) (figura 22), onde foram montadas as limas indicadas pela marca, neste caso limas Hedström de aço inoxidável, modelo Safety Hedstrom (figura 23) (fabricado pela Kerr Corporation Germany).

Este aparelho de instrumentação mecânica, ainda usado com frequência, tem a particularidade de imprimir às limas que utiliza movimentos de um quarto de volta no sentido horário seguido de um quarto de volta no sentido anti-horário (para alargamento do canal), permitindo ao mesmo tempo movimentos longitudinais de limagem.

Utilizaram-se também 48 dentes na instrumentação por este método, tendo sido tratados posteriormente da mesma forma que os do grupo anterior, até à sua análise no microscópio electrónico.



**Figura 22** – Contra-ângulo para preparação mecânica



**Figura 23** – Limas Hedstrom para preparação mecânica

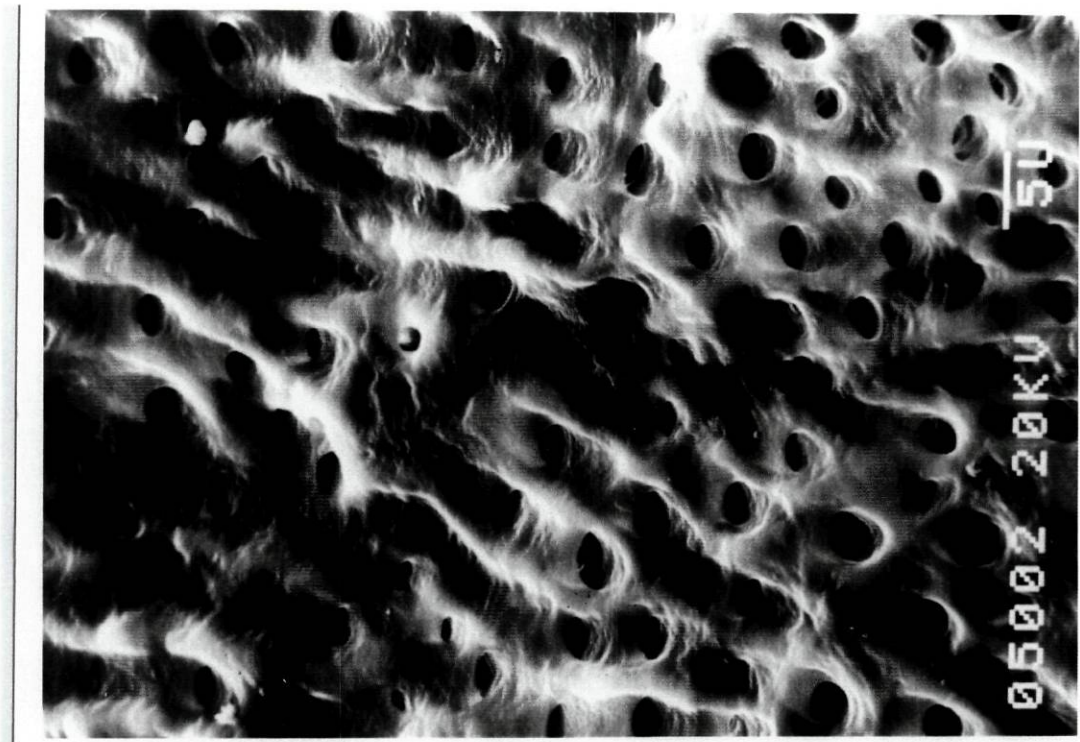
## 4 Resultados

### 4.1 Instrumentação

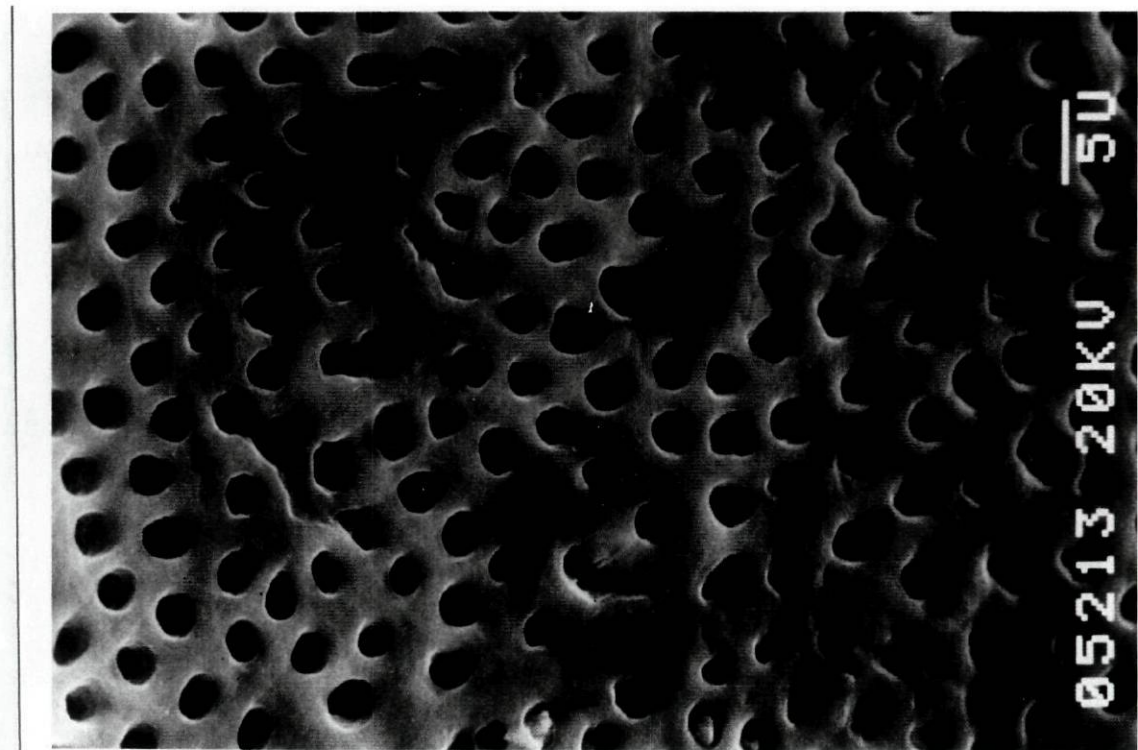
Genericamente, a remoção da *smear layer* foi mais eficiente quando o dente foi tratado com qualquer dos produtos químicos anteriormente testados, comparativamente com o tratamento limitado ao hipoclorito de sódio (aliás, tido como convencional na prática clínica), enquanto que os melhores resultados em termos de tempo de actuação foram obtidos com o ácido cítrico 5% isolado (figura 24) ou, melhor ainda, associado ao EDTA 17% (figura 25).

A eficácia global dos métodos de instrumentação mostrou-se menos dependente da utilização final de qualquer destes produtos químicos, do que do método de instrumentação em si, tendo sido mais eficiente a preparação ultra-sónica.

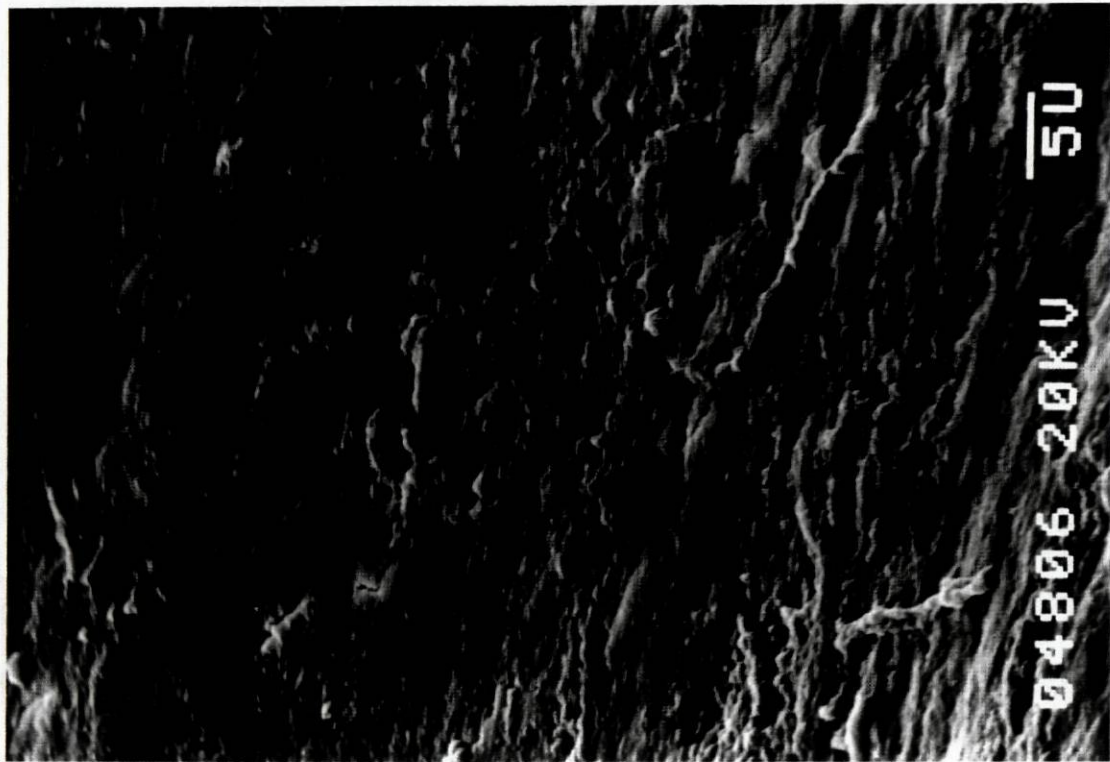
Como Shade, que em 1990 utilizou também os mesmos métodos de instrumentação, verificamos que sem a irrigação química complementar existia uma significativa vantagem, em termos de eficácia, na instrumentação ultra-sónica em detrimento da instrumentação mecânica, que também se asseverou marginalmente pior em resultados do que a preparação com instrumentos manuais (C Schadle *et al*, 1990) (figuras 26, 27 e 28).



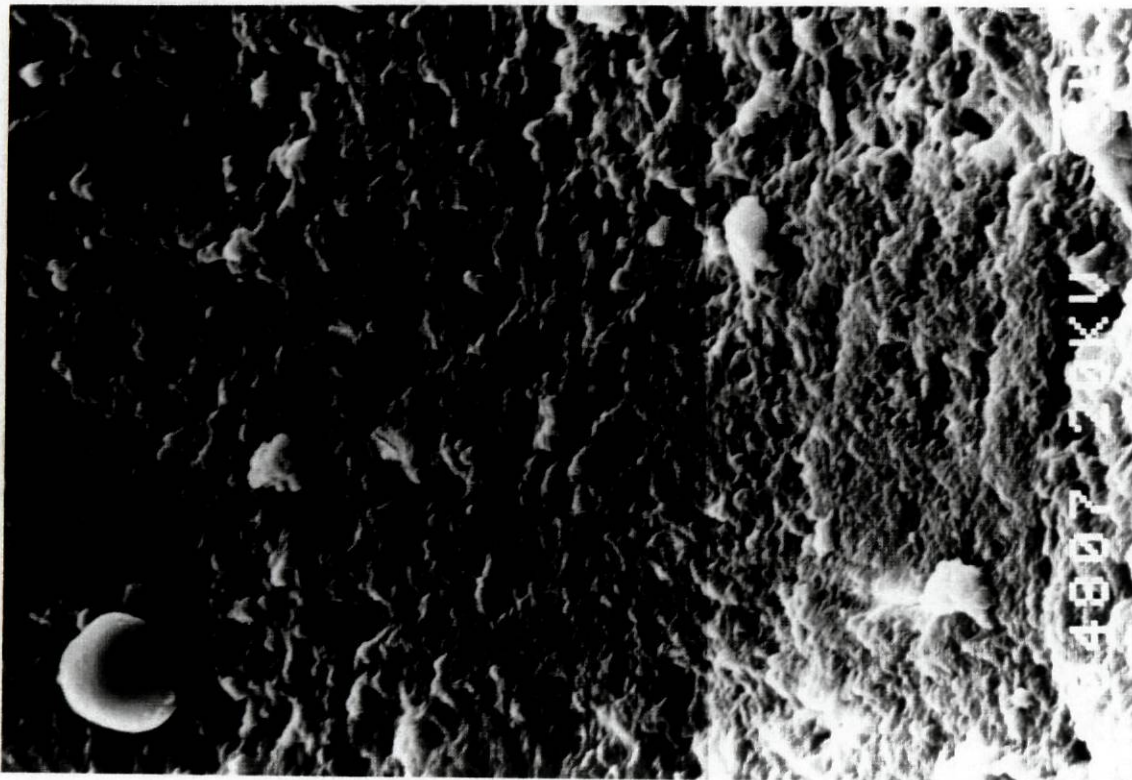
**Figura 24** – Imagem da parede do canal preparado manualmente após tratamento com ácido cítrico 5%



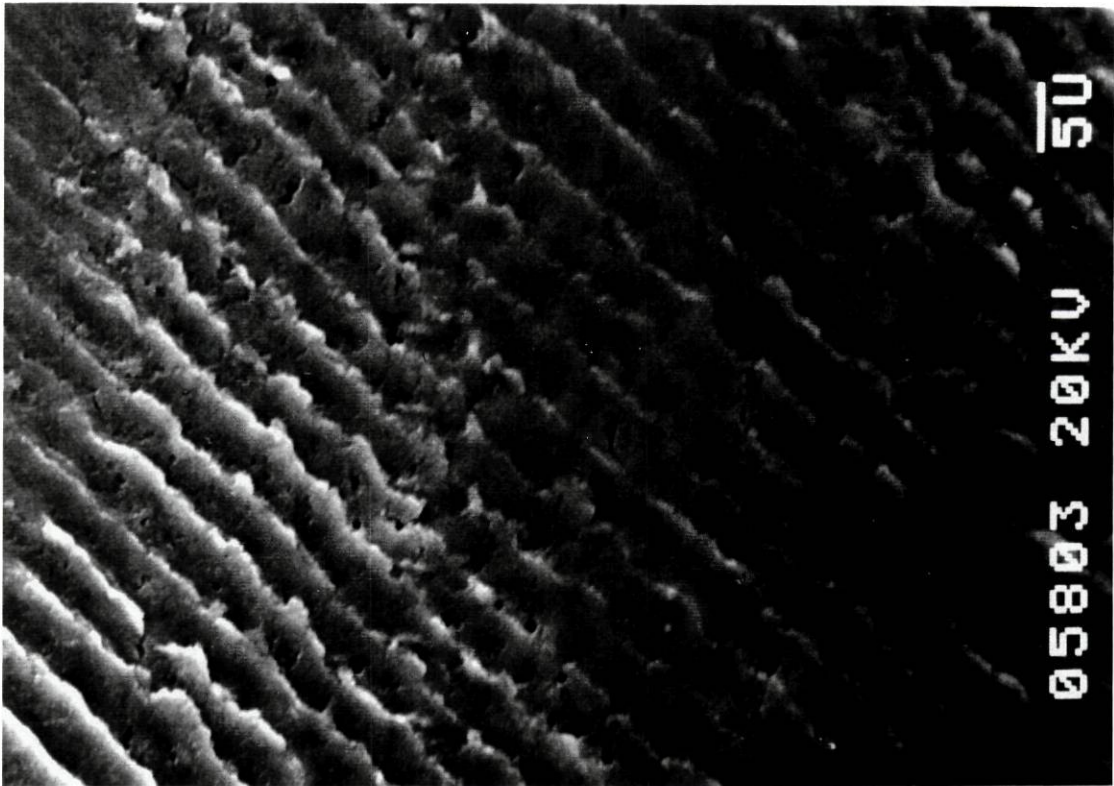
**Figura 25** – Imagem da parede do canal preparado manualmente após tratamento com ácido cítrico 5% e EDTA 17%



**Figura 26** – *Smear layer em preparação endodôntica com técnica manual*



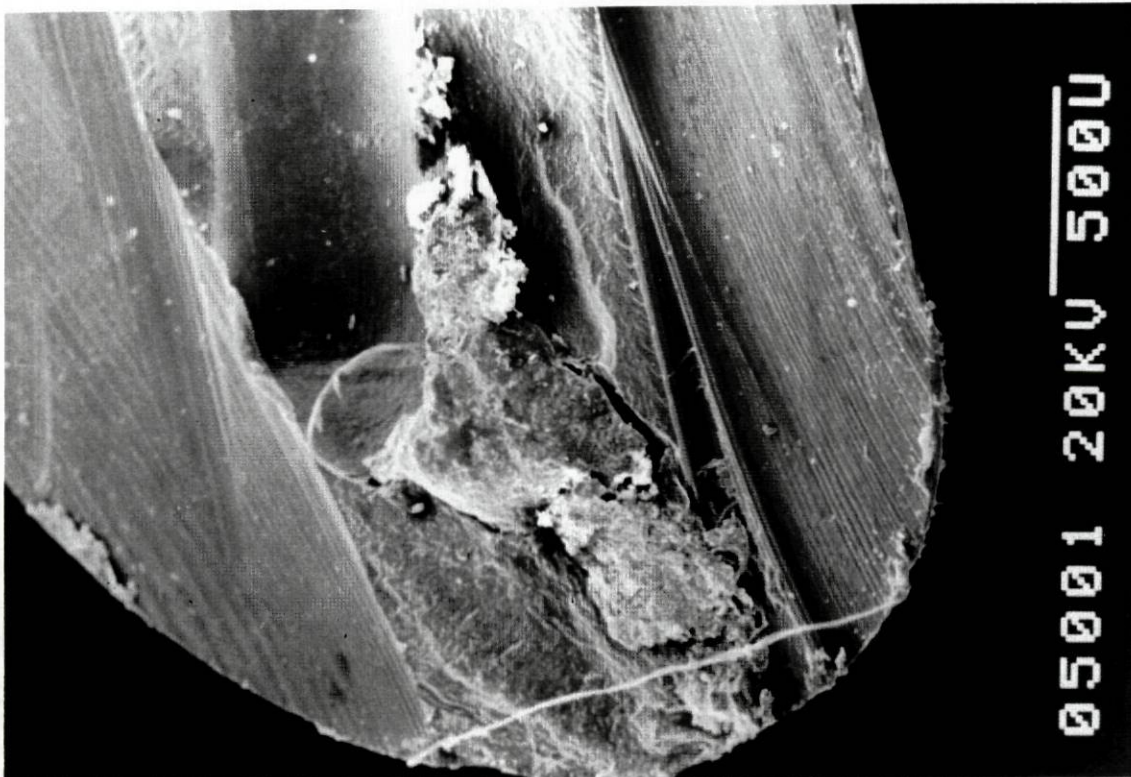
**Figura 27** – *Smear layer em preparação endodôntica com técnica mecânica*



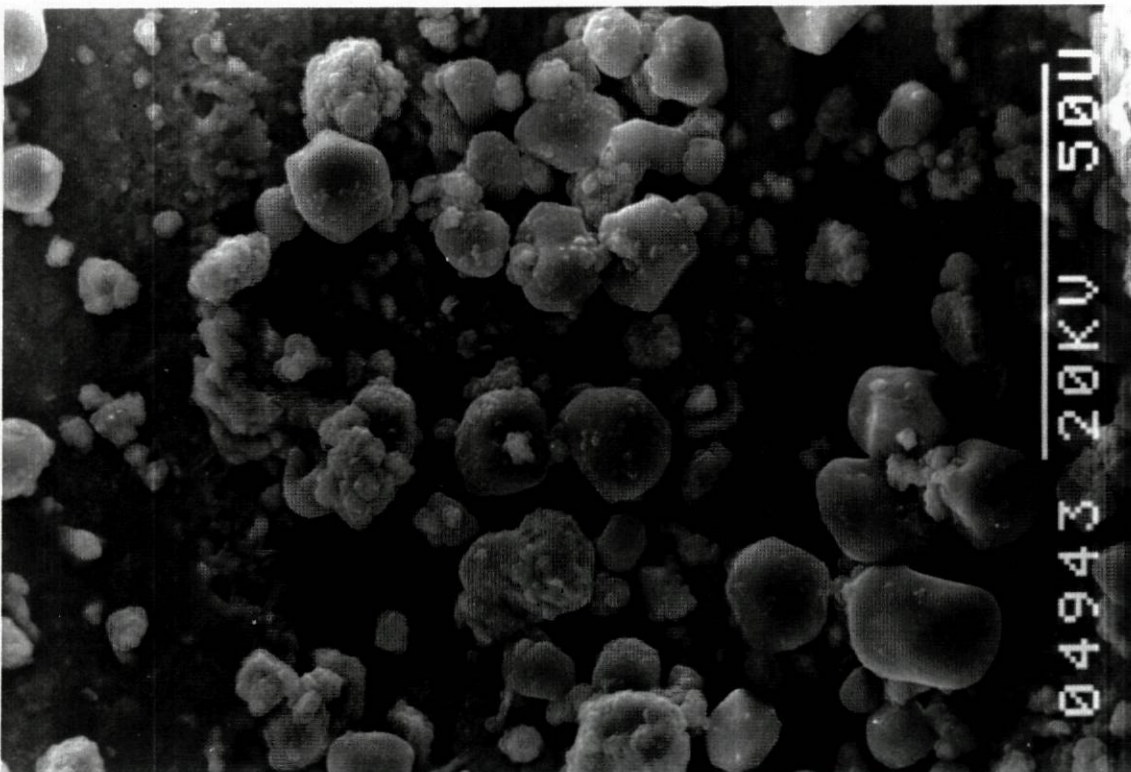
**Figura 28** – *Smear layer* em preparação endodôntica com técnica ultra-sônica

Confirmamos dados da literatura que afirmavam que após instrumentação com ultra-sons se verificava que na parede do canal restava sempre *smear layer* intervalada pelo aparecimento de aberturas canaliculares mais ou menos dispersas (figura 28), mas mais frequentes nos terços médio e coronal. Estes resultados parecem ser independentes quer do fabricante do equipamento quer do tipo do irrigante (água ou hipoclorito de sódio). Krell observou isso mesmo nos seus ensaios em 1987 (K Krell e D Dang, 1987) e foi corroborado por muitos outros autores (Mc Comb, 1975; K Lester e A Boyde, 1977; L Goldman *et al*, 1979).

Verificamos, como D. Stamos (1987), B. Ciucchi *et al* (1989) e P Lovdhl (1992), que a maior quantidade de *smear layer* se encontra sempre na região apical (figuras 29 e 30), independentemente da técnica utilizada.



**Figura 29** – Aspecto da deposição de smear layer na região apical do canal (técnica manual)



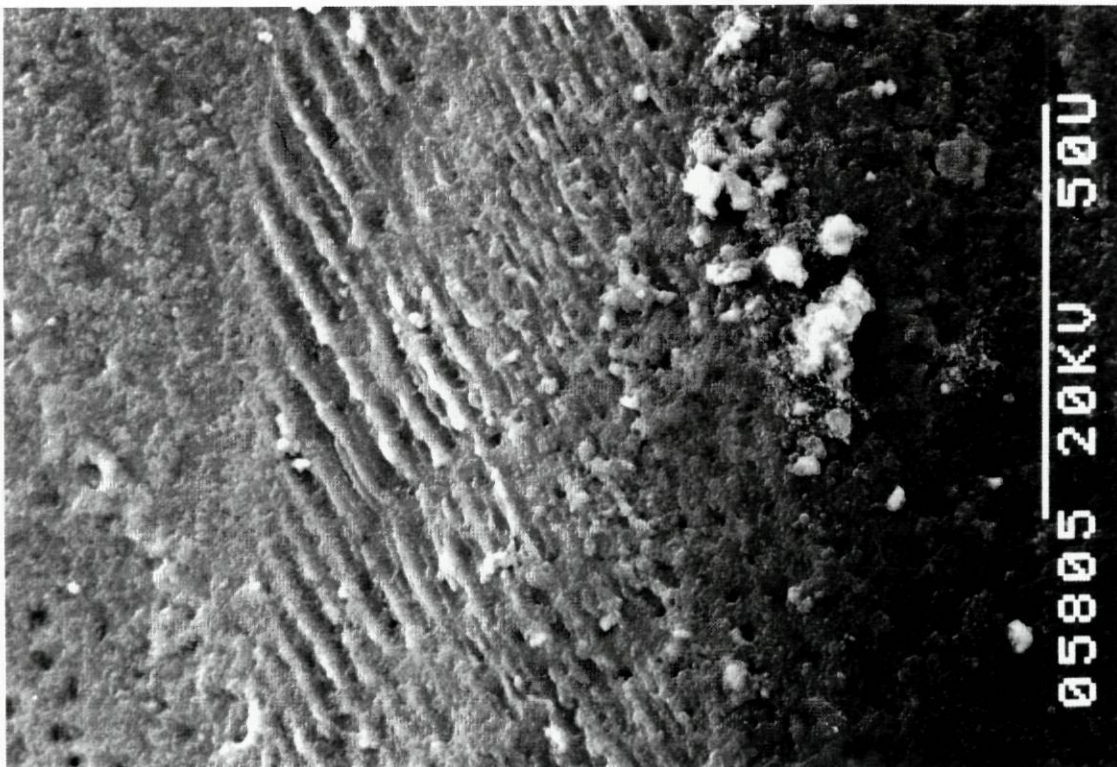
**Figura 30** – Pormenor do aspecto da deposição de smear layer na região apical do canal (técnica ultra-sónica)

Ao longo do canal, a técnica empregue motivou já ocorrências distintas. Na instrumentação manual, a *smear layer* apresenta-se lisa e relativamente uniforme, estando apenas a uniformidade da sua distribuição prejudicada por uma certa escassez a nível do terço médio. Na instrumentação ultra-sónica a *smear layer* confere à parede do canal um aspecto rugoso e ondulado, sobretudo nos dois terços mais coronais parecendo que a deposição global de *smear layer* é notoriamente mais escassa e irregular, nomeadamente com rugosidades, golpes e fendas perceptíveis, mesmo com ampliações modestas, verificando-se já a possibilidade de abertura de canalículos através de si, conforme se observou frequentemente em maiores ampliações (figuras 31 e 32).

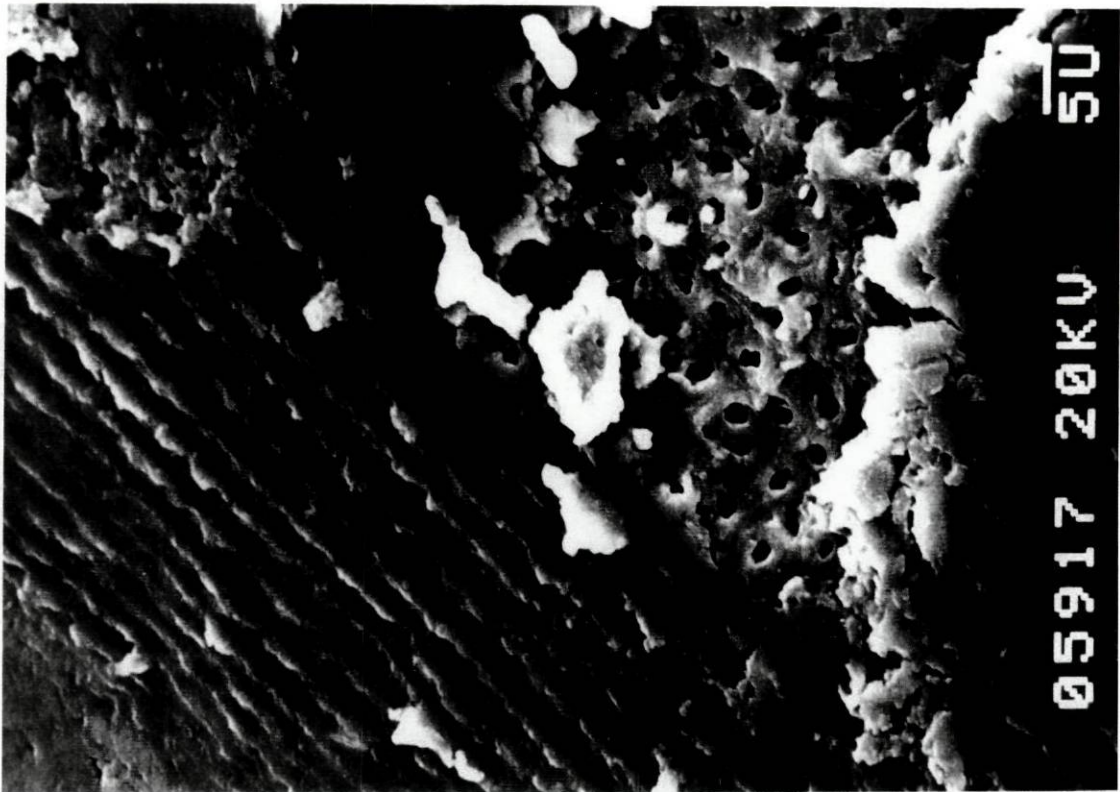
Tal como Cameron em 1983, procurámos relacionar a eficácia da remoção da *smear layer* com o tempo de actuação da instrumentação ultra-sónica, e como ele verificámos que quando esse tempo era de um minuto, a remoção, incompleta, deixava os canalículos fechados pelos rolhões que neles se introduziam, enquanto que se fosse de três minutos, a remoção era muito mais completa e incluía a maioria dos rolhões. Apesar de Cameron ter afirmado que conseguira a remoção praticamente total de *smear layer* ao fim de cinco minutos, esse grau de remoção não se verificou numa percentagem significativa de casos (figuras 33, 34 e 35).



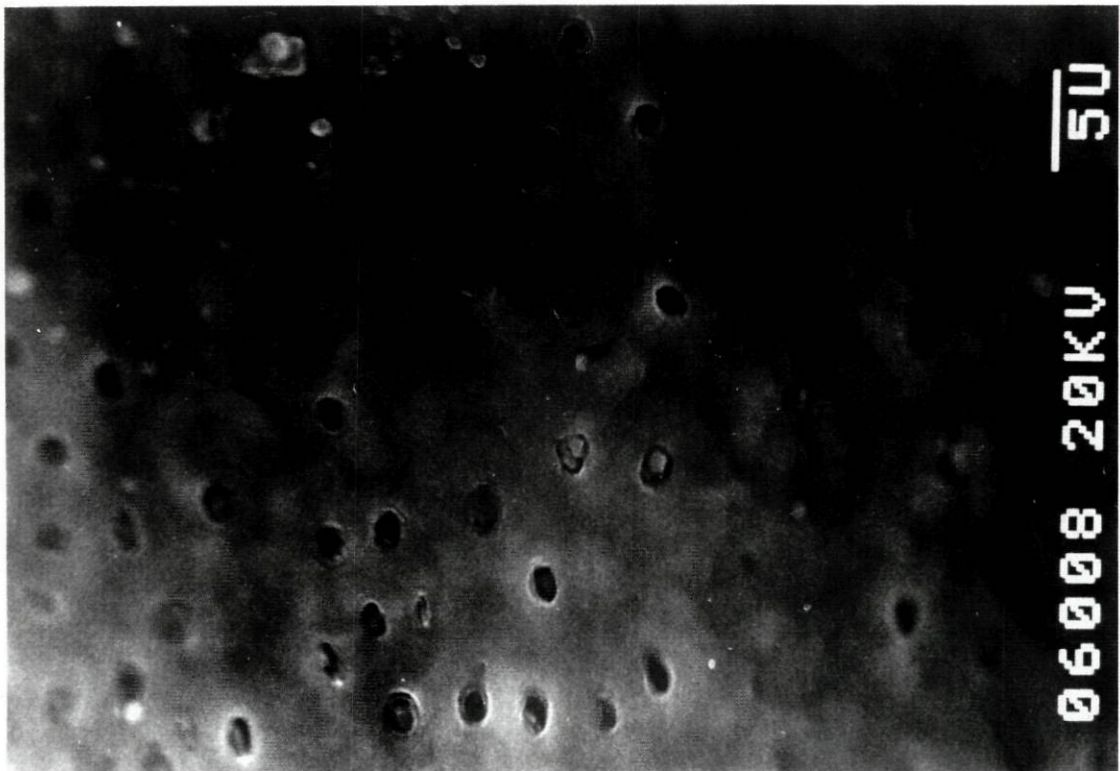
**Figura 31** – Parede do canal imediatamente depois da instrumentação manual



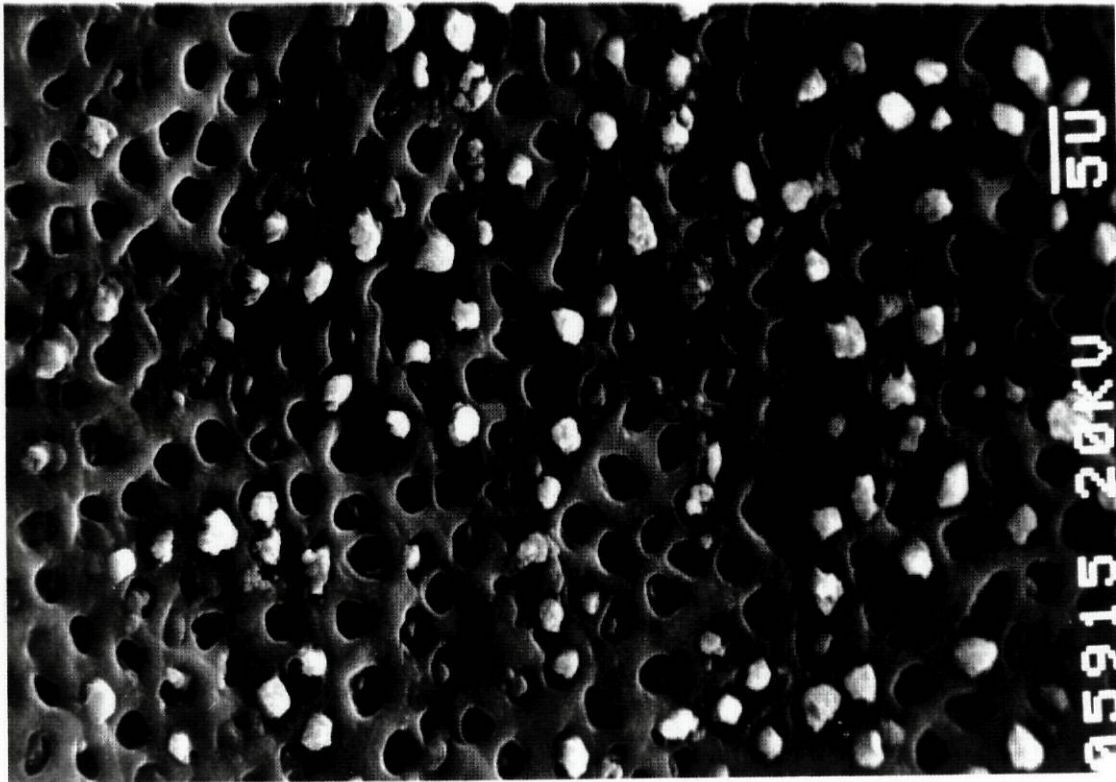
**Figura 32** – Parede do canal preparada pela técnica ultra-sónica



**Figura 33** – *Aspecto da parede após instrumentação ultra-sónica, durante 60 segundos*



**Figura 34** – *Aspecto da parede após instrumentação ultra-sónica, durante 3 minutos*



**Figura 35** – *Aspecto da parede após instrumentação ultra-sónica, durante 5 minutos*

Quanto ao aspecto rugoso e ondulado da parede do canal após a instrumentação ultra-sónica durante tempos mais curtos, particularmente patente na figura 32, é tido como consequência da ondulação produzida no irrigante pelas altas-frequências emitidas pelo ultra-som, designando-se este fenómeno por cavitação.

A implosão resultante do funcionamento do aparelho (neste caso através da lima de instrumentação) quando mergulhado na solução irrigadora forma, com efeito, zonas de vácuo submicroscópicas que são preenchidas pelo líquido, debaixo de uma enorme pressão hidrodinâmica. Este fenómeno determina a emissão de potentes ondas de choque, que aliás são responsáveis pelas acrescidas capacidades de limpeza destes aparelhos.

## 4.2 Aplicação de ácidos e quelantes após a instrumentação

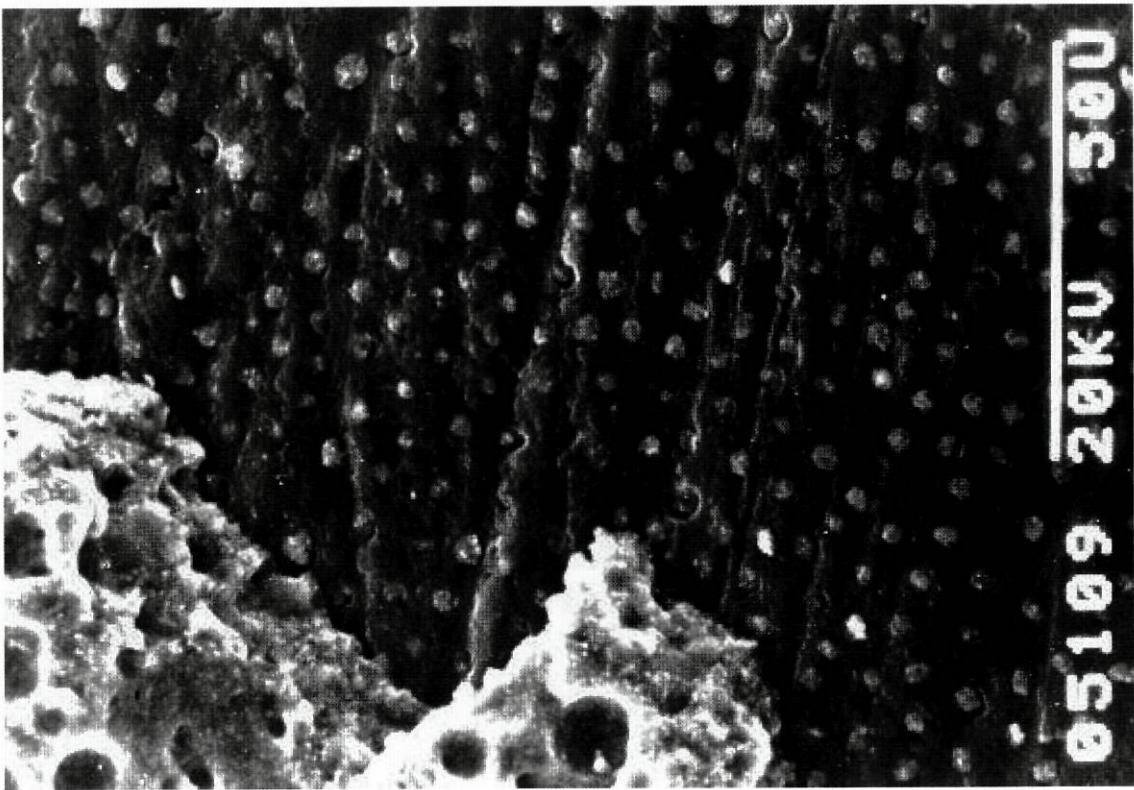
### 4.2.1 Preparação manual

Conforme já se afirmou, prepararam-se 48 dentes (peças) pela técnica manual, com todos os pormenores já citados.

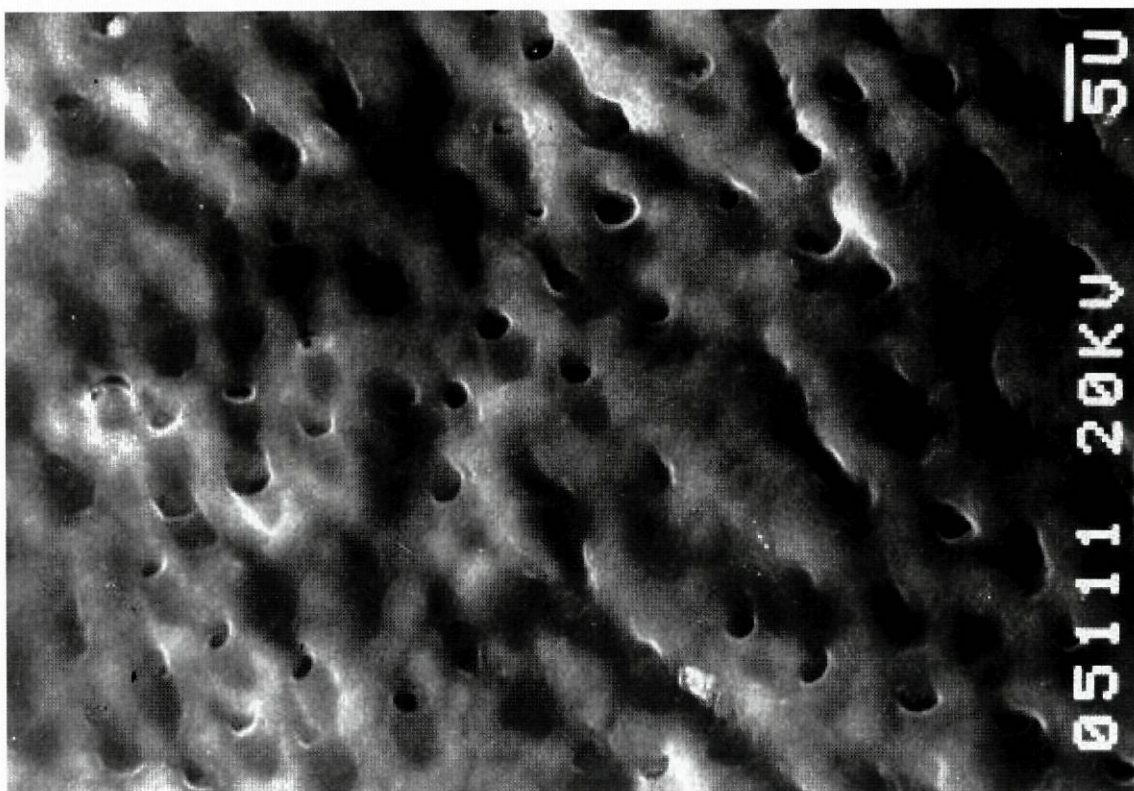
De cada uma destas 48 peças, as duas metades resultantes do respectivo corte longitudinal foram separadas, umas para controlo, outra para submissão ao tratamento químico. Destas, 4 foram tratadas com ácido cítrico 5% actuando durante 15 segundos, 4 com ácido cítrico 5% actuando durante 30 segundos, e as restantes 4 com o mesmo ácido cítrico 5%, mas durante 60 segundos.

Pelas imagens que se seguem poderemos comparar o que se passa nestas três circunstâncias temporais. Na figura 36 está expresso o resultado da actuação do ácido cítrico 5% durante 15 segundos. Verifica-se a existência de alguns canalículos abertos e outros em que a parede aparenta estar pouco recoberta por *smear layer*, tal como acontece também na figura 37.

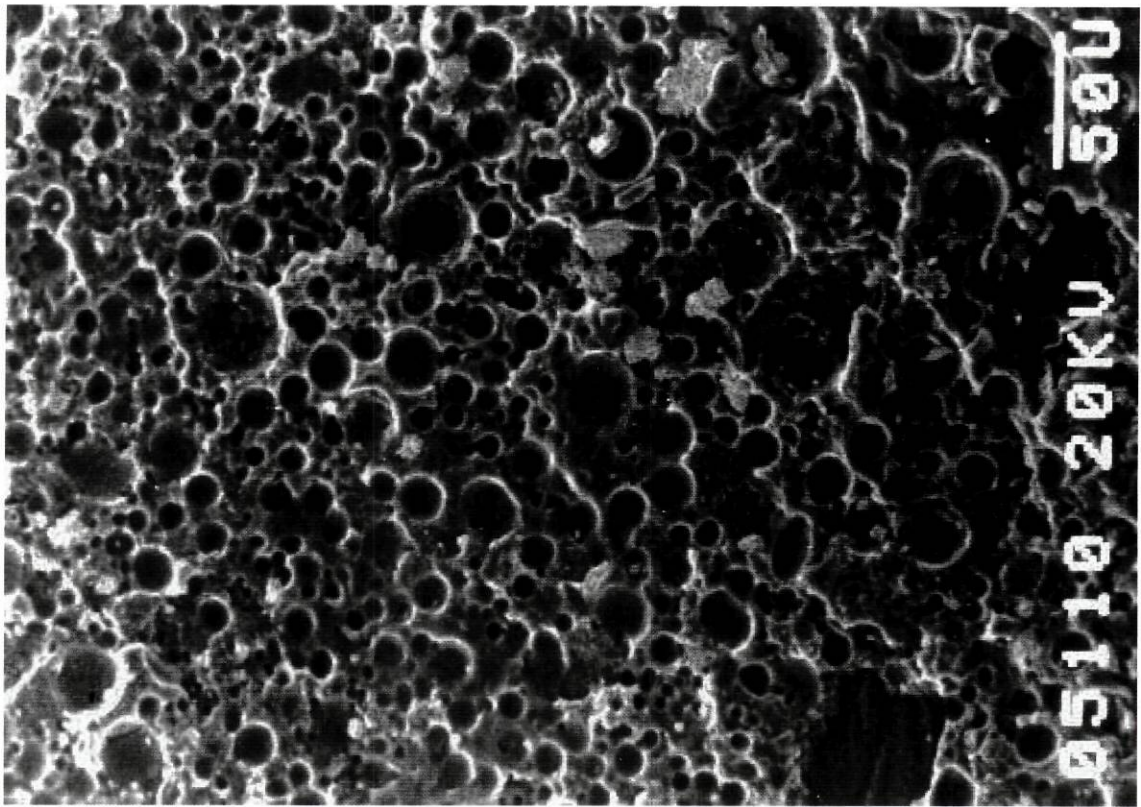
Ao actuar durante 30 segundos, o ácido cítrico 5% permitiu expôr a abertura de todos os canalículos, removendo plenamente o material obstrutor (figuras 38 e 39).



**Figura 36** – *Aspecto radicular após tratamento químico com ácido cítrico 5%, actuando durante 15 segundos*



**Figura 37** – *Aspecto radicular após tratamento químico com ácido cítrico 5%, actuando durante 15 segundos*

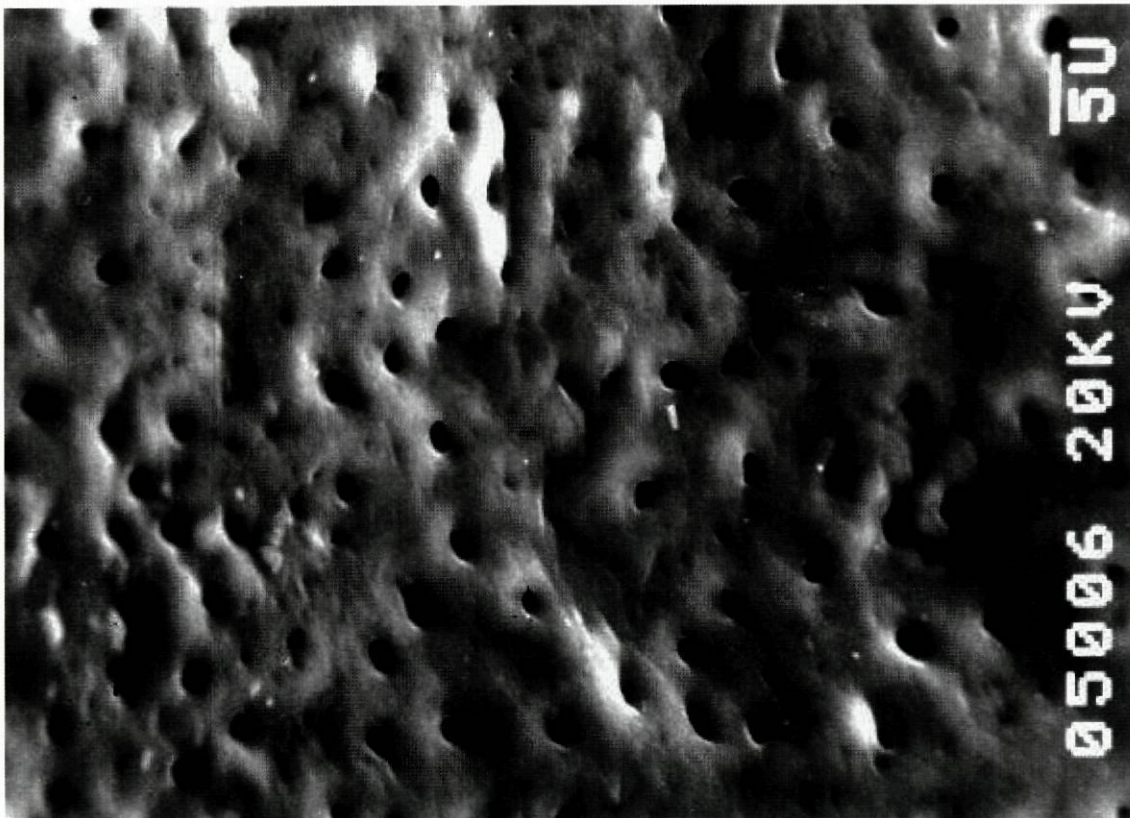


**Figura 38** – *Aspecto radicular após tratamento químico com ácido cítrico 5%, actuando durante 30 segundos*

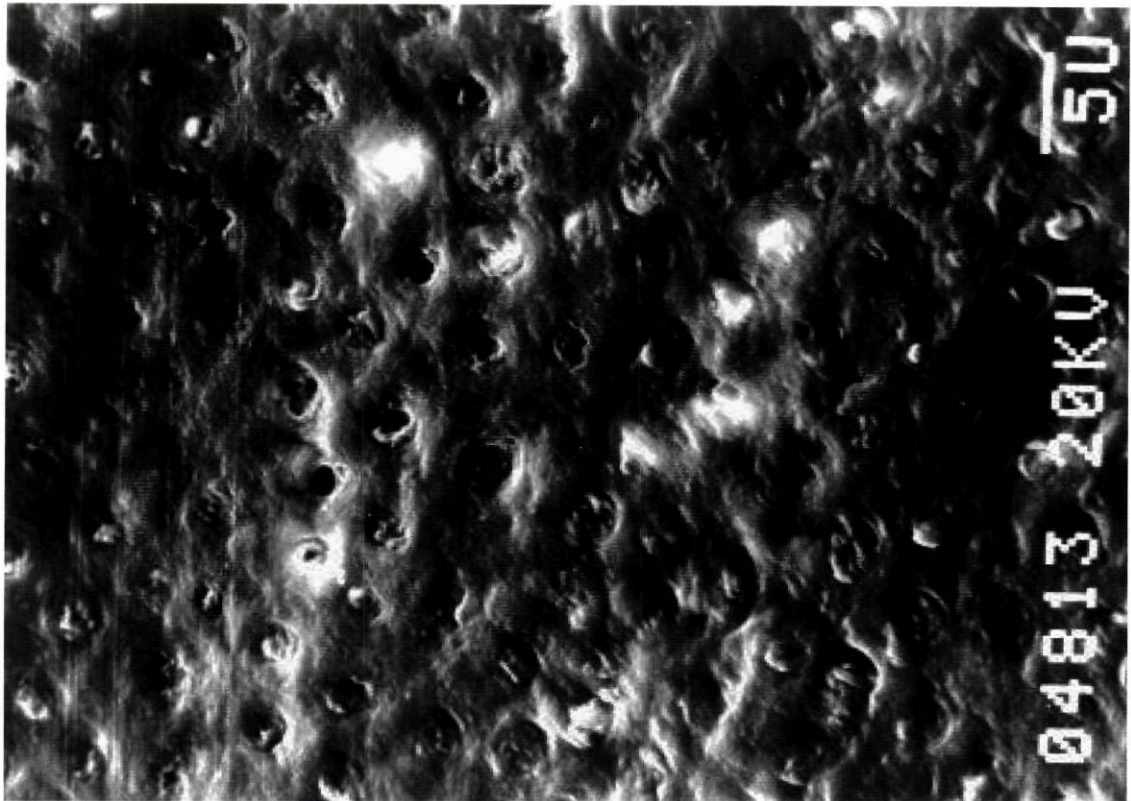


**Figura 39** – *Aspecto radicular após tratamento químico com ácido cítrico 5%, actuando durante 30 segundos*

Aparentemente, o prolongamento da acção para além dos 30 segundos, nomeadamente até aos 60 segundos, não só não melhorava a remoção global da *smear layer*, até porque ela já era então virtualmente completa, mas inclusivamente parecia piorar o resultado final, depositando algo que enevoava a imagem da parede e esbatia o bordo das aberturas canaliculares, como se pode observar nas imagens 40 e 41 (nesta, sobretudo na parte inferior da fotografia). A análise espectrofotométrica do produto depositado revelou diferentes substâncias, variáveis consoante a peça específica, mas geralmente destacava-se a presença de arsénio, prata, chumbo, mercúrio. Este fenómeno não é inédito, tendo sido encontrado na bibliografia com a designação de fenómeno de precipitação.



**Figura 40** – *Deposição de substâncias variadas, ao fim de 60 segundos de tratamento químico com ácido cítrico 5%*



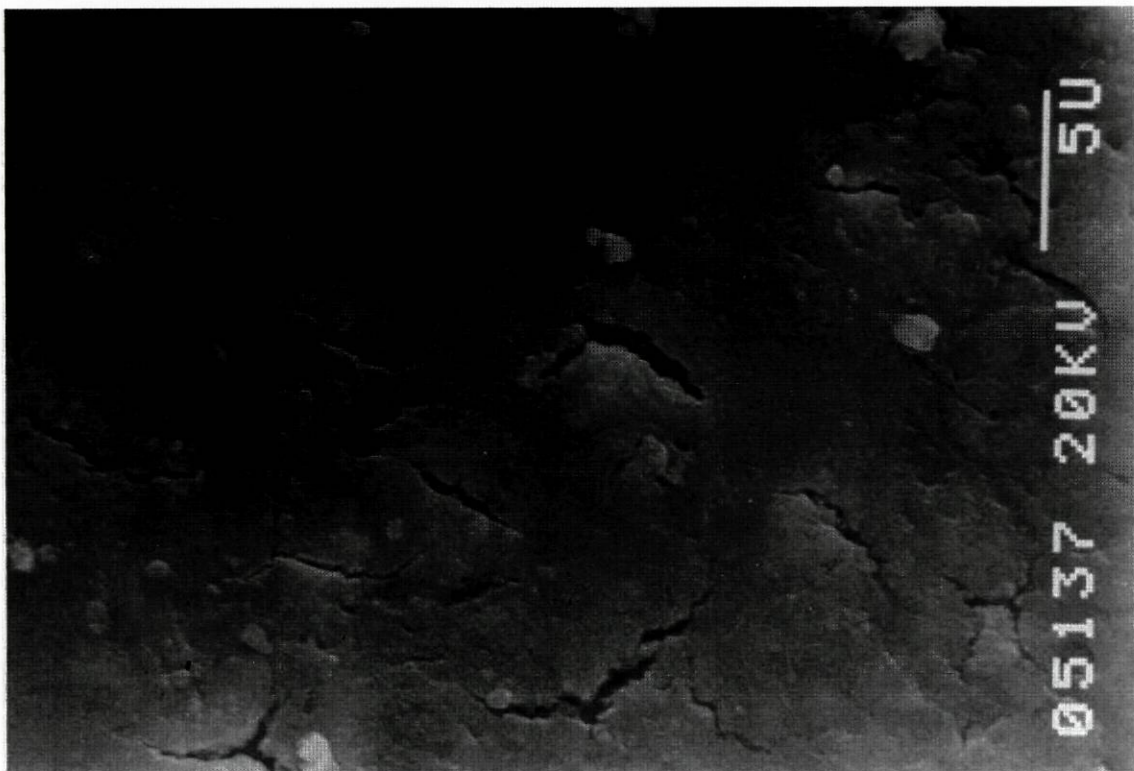
**Figura 41** – *Deposição de substâncias variadas, ao fim de 60 segundos de tratamento químico com ácido cítrico 5%*

Deste mesmo grupo de 48 peças trataram-se então, pelo mesmo método, 4 com EDTA 17% durante 15 segundos, 4 com EDTA 17% durante 30 segundos e as restantes 4 com EDTA 17% durante 60 segundos.

Ao fim de 15 segundos a remoção de *smear layer* é virtualmente nula, podendo a respectiva imagem (figura 42) quase que se sobrepor à do respectivo controlo (figura 43), embora apareçam uns poucos canalículos expostos e algumas fissuras sugestivas do aparecimento próximo da respectiva luz.

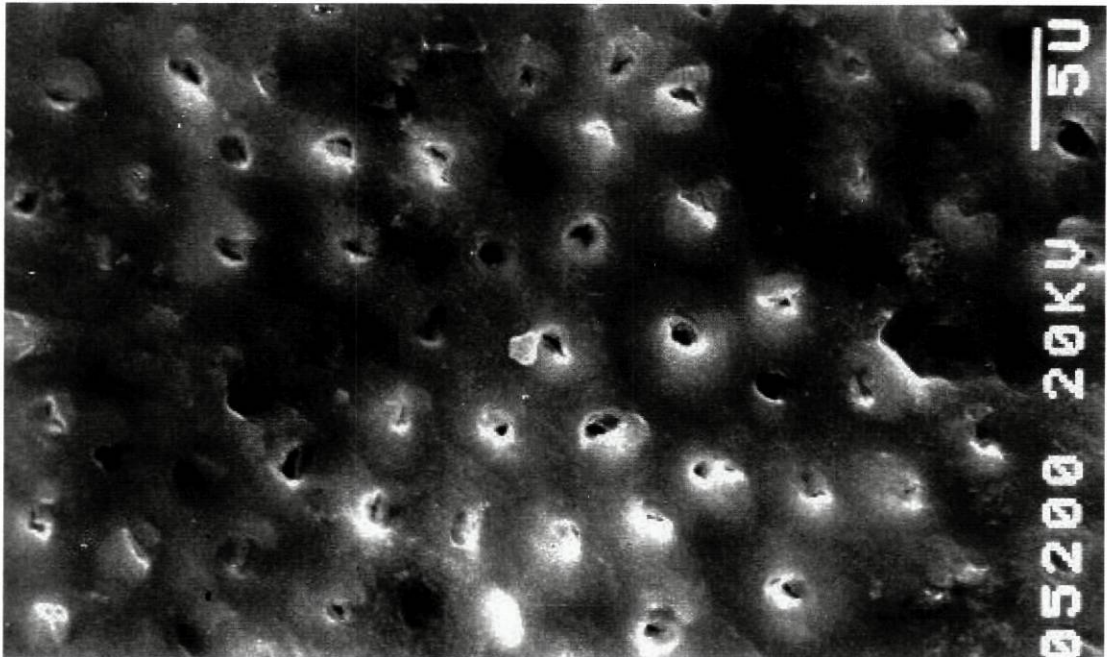


**Figura 42** – *Aspecto da parede após 15 segundos de actuação de EDTA 17%*

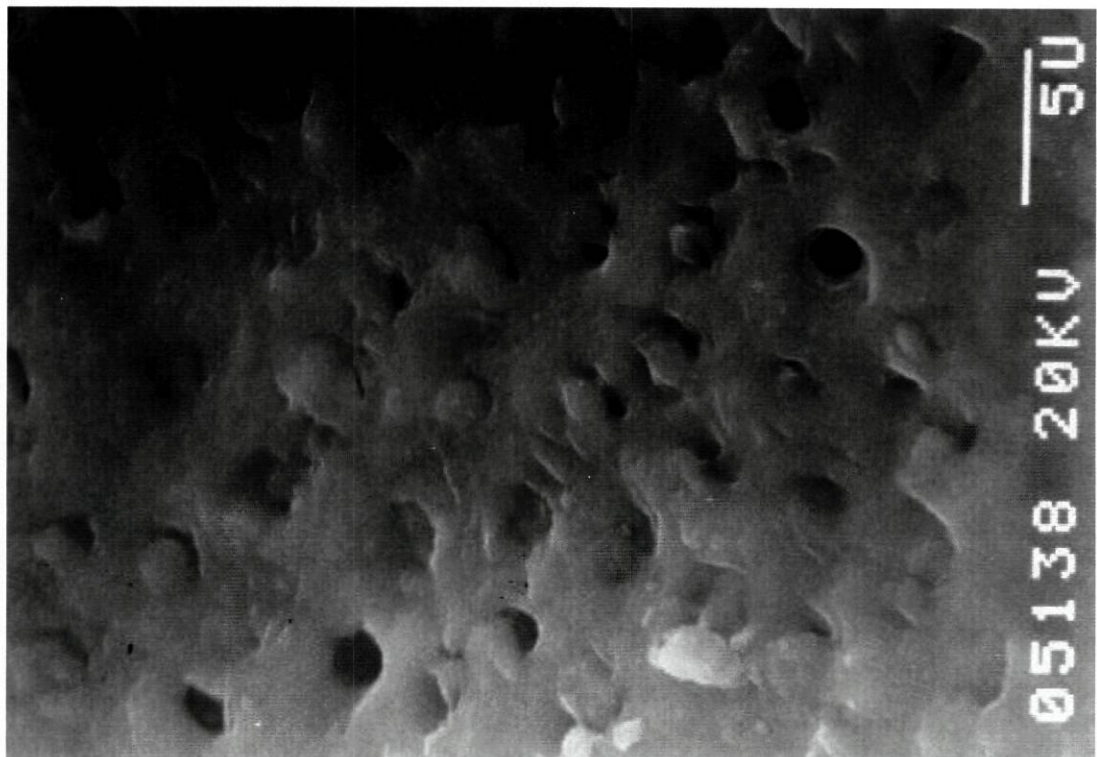


**Figura 43** – *Imagem (sobreponível) da respectiva metade de controlo*

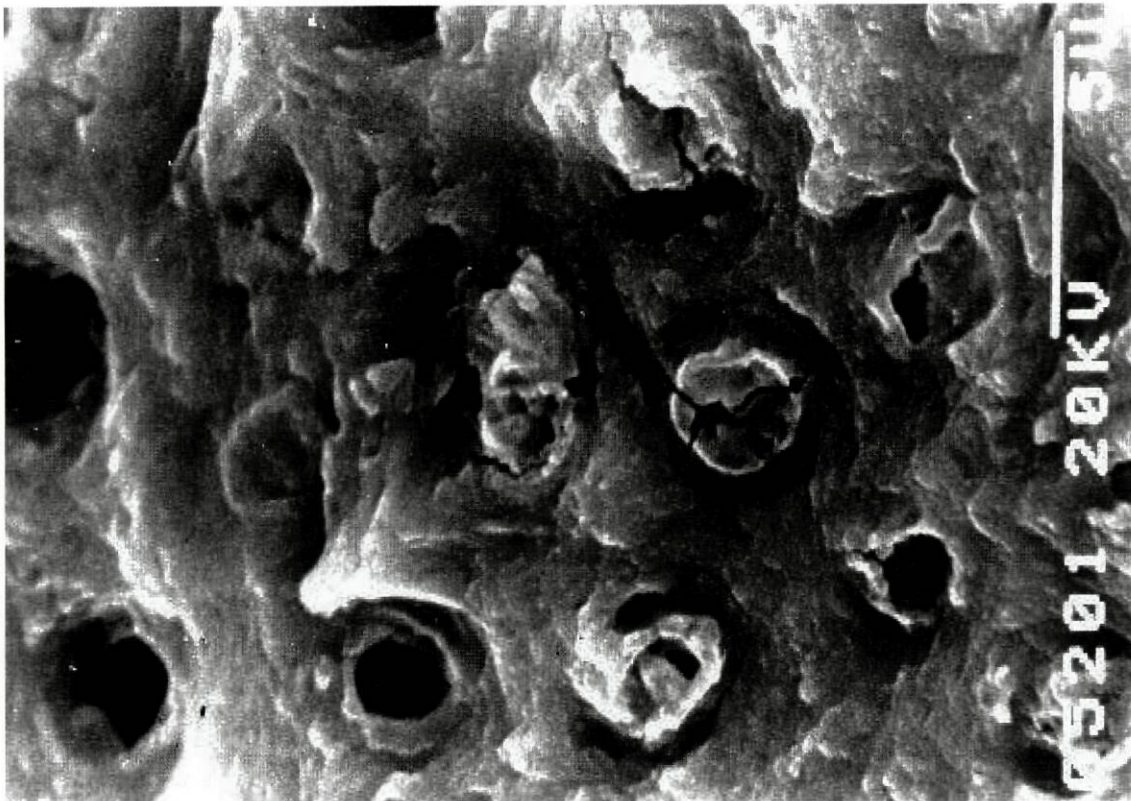
Após o EDTA 17% actuar durante 30 segundos a evolução foi franca e, embora permanecessem tapadas muitas aberturas canaliculares, algumas já apareciam desobstruídas e muitas mais eram perfeitamente identificáveis (figuras 44 e 45). Entre os 30 e os 60 segundos a evolução não era muito acentuada, mas era visível o aparecimento de mais aberturas (figuras 46 e 47).



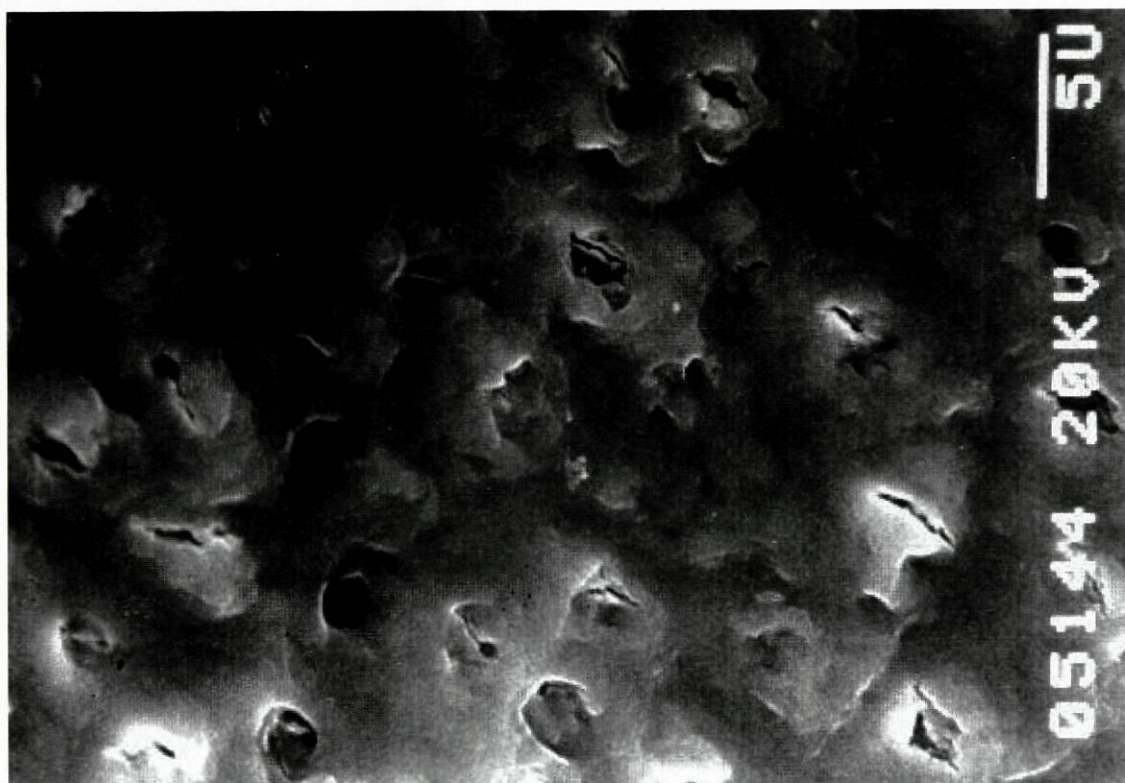
**Figura 44** – *Aspecto de peça tratada por EDTA 17% durante 30 segundos*



**Figura 45** – *Aspecto de peça tratada por EDTA 17% durante 30 segundos*

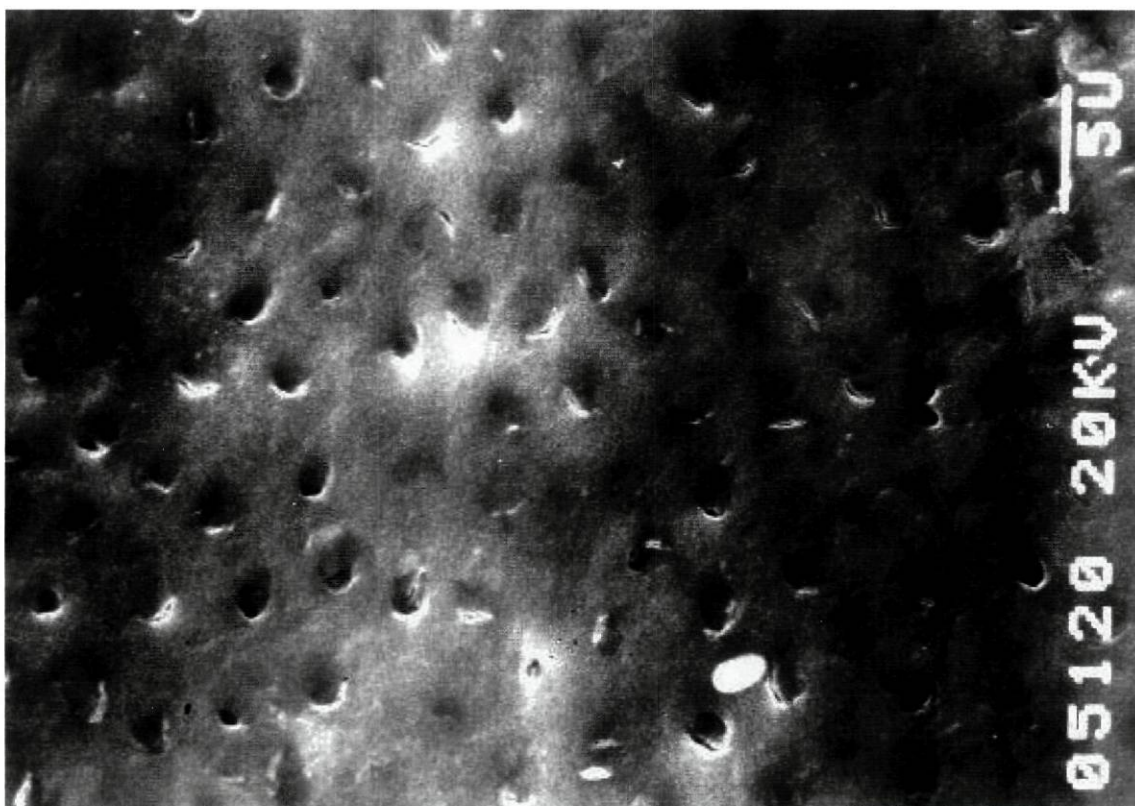


**Figura 46** – *Aspecto de peça tratada por EDTA 17% durante 60 segundos*

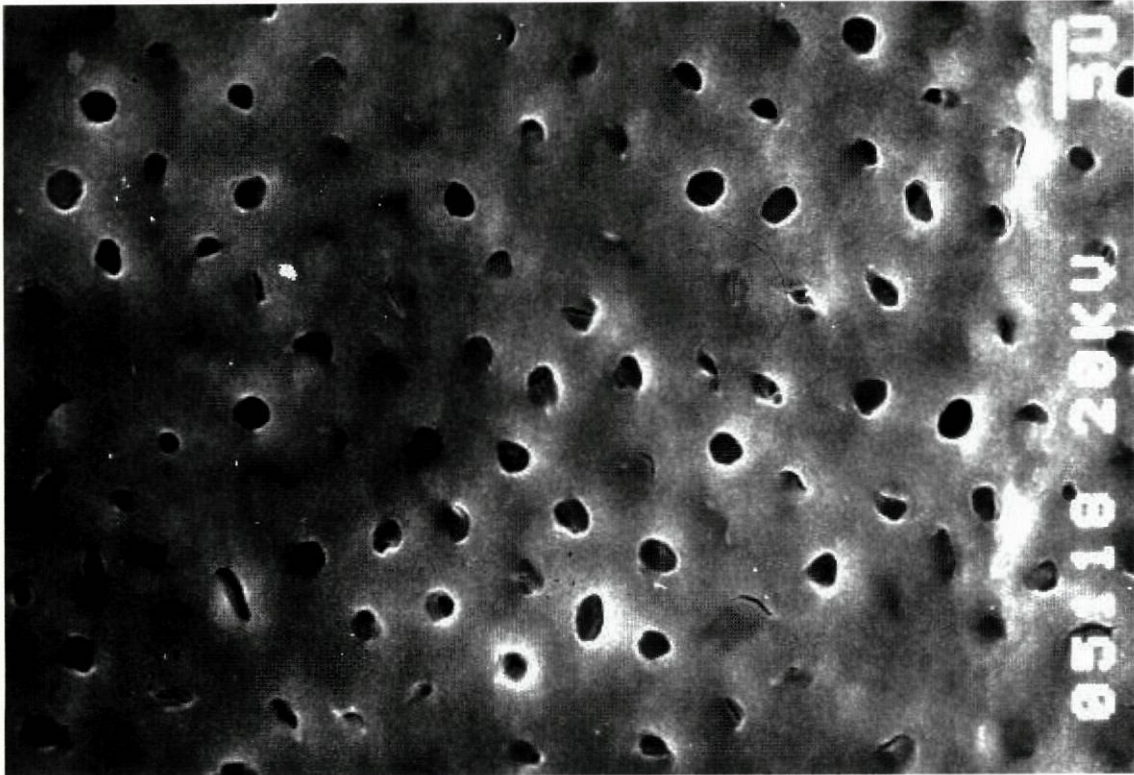


**Figura 47** – *Aspecto de peça tratada por EDTA 17% durante 60 segundos*

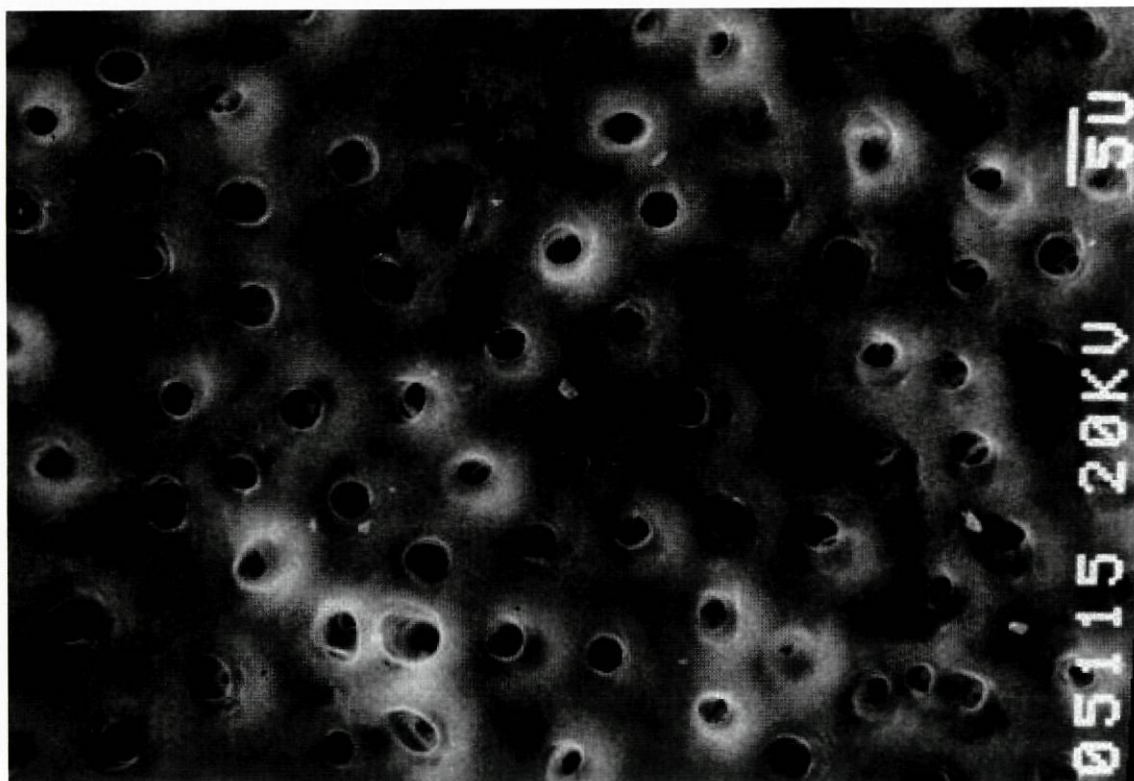
Com o ácido ortofosfórico foram também tratadas 4 peças durante 15 segundos. O resultado foi semelhante em todos os casos, com o aspecto apresentado na figura 48, permitindo-nos verificar a existência de muitos canalículos abertos, a par de muitos outros em fase de aparente pré-abertura. Na figura 49, a superfície fotografada expõe a quase totalidade das entradas dos canalículos nela existentes após uma aplicação de ácido ortofosfórico durante 30 segundos.



**Figura 48** – *Parede do canal após actuação do ácido ortofosfórico durante 15 segundos*



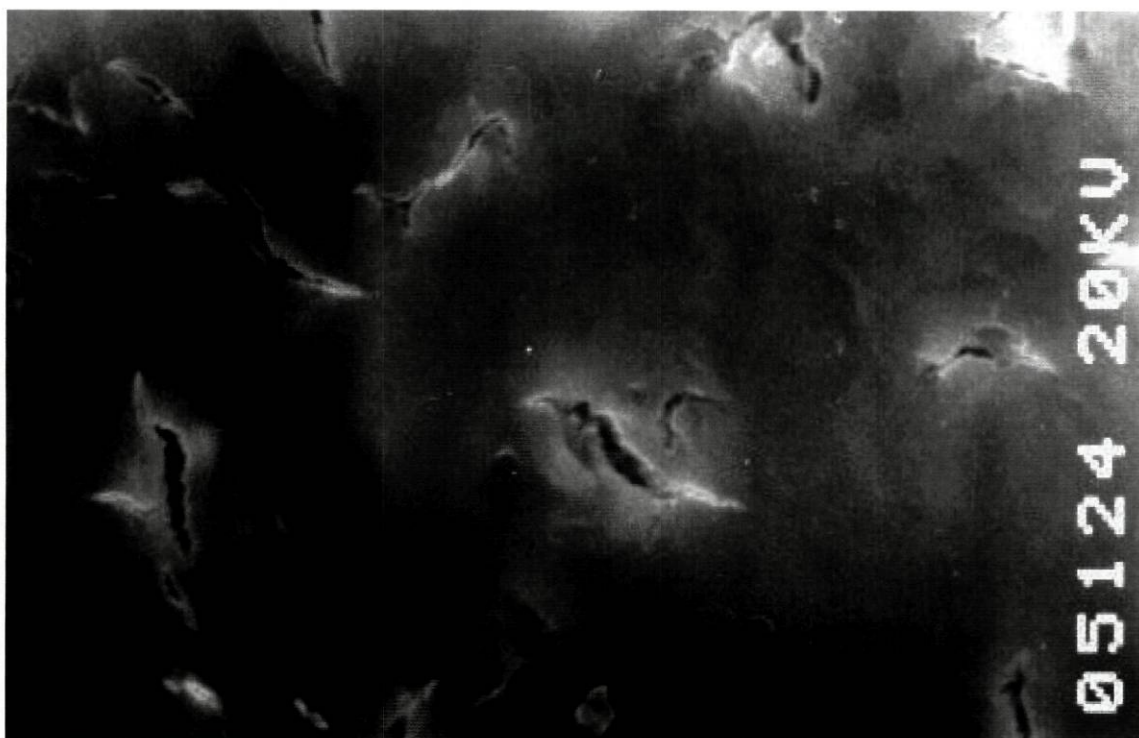
**Figura 49** – Parede do canal após actuação do ácido ortofosfórico durante 30 segundos



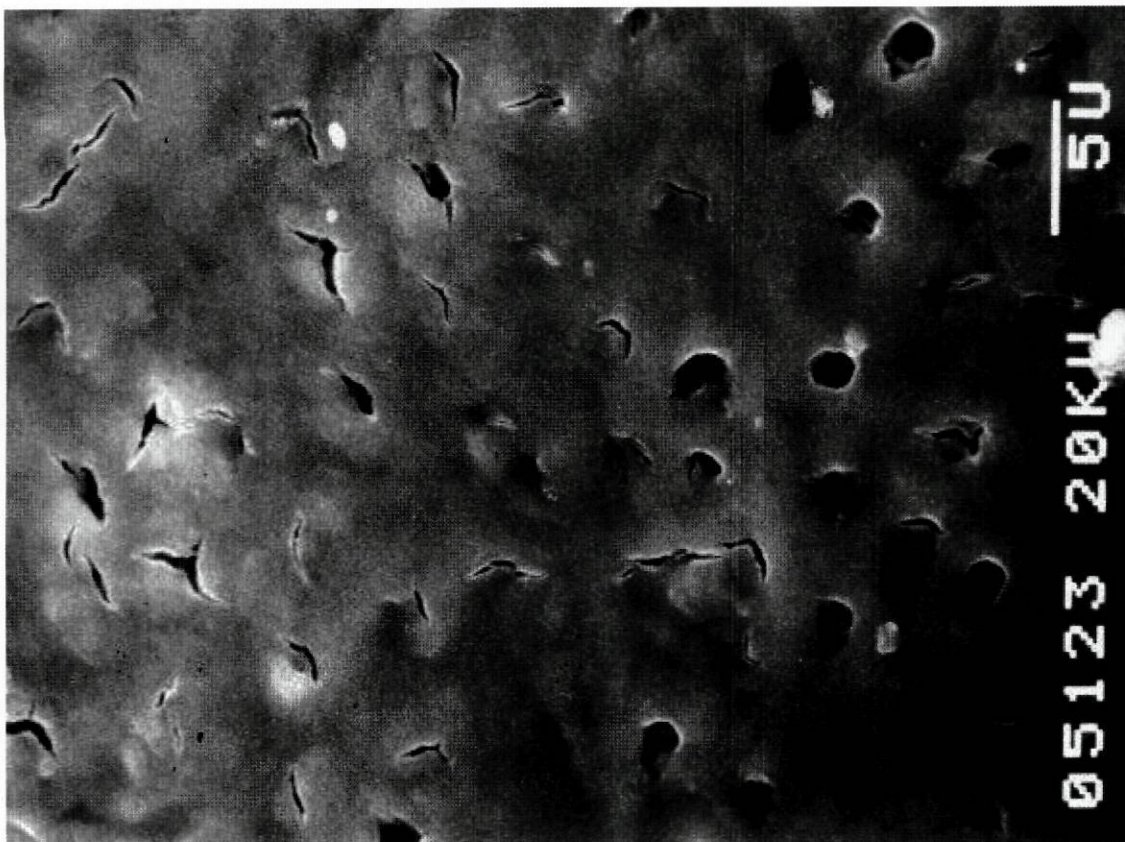
**Figura 50** – Ao fim de 60 segundos de tratamento com ácido ortofosfórico, a parede do canal apresenta uma abertura virtualmente completa dos canálculos aí presentes

Na figura 50, correspondente aos 60 segundos de tratamento, a imagem foi parecida com a anterior, mas podemos perceber que havia evolução e, conseqüentemente, estavam patentes, todas as aberturas da porção da parede fotografada.

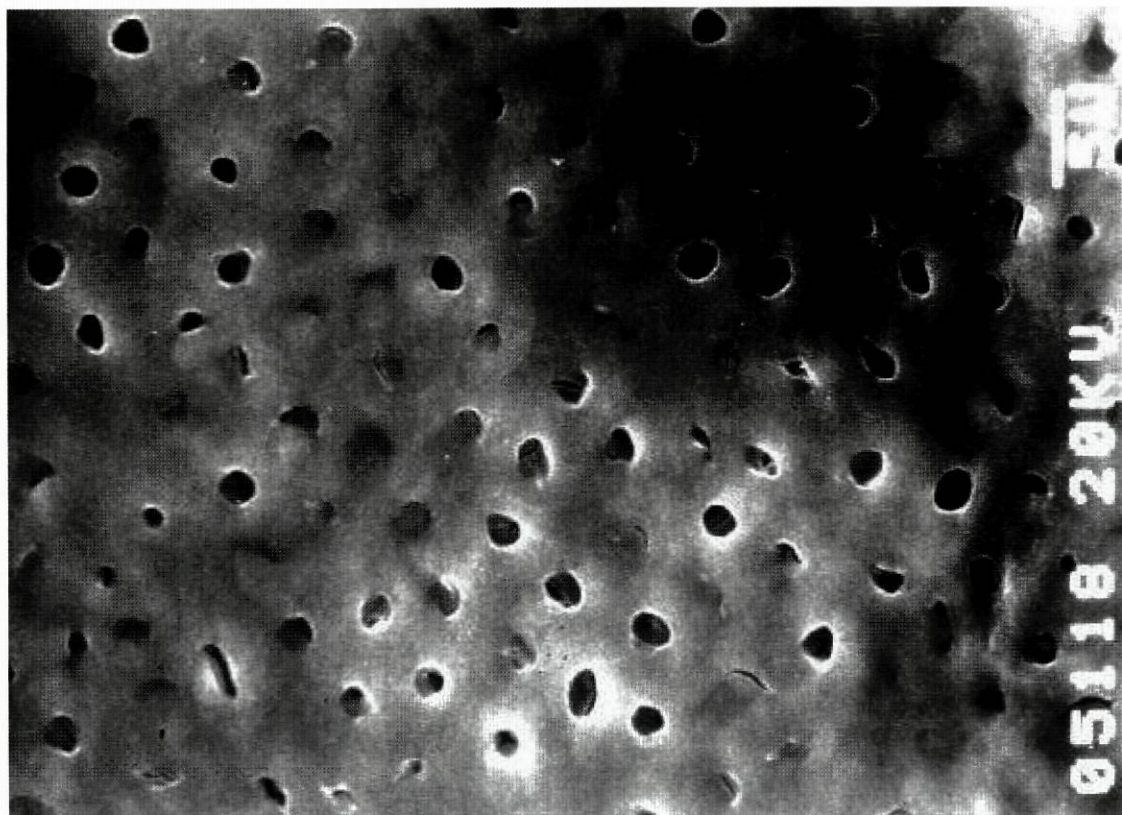
Com o ácido poliacrílico, o resultado obtido após 15 segundos de exposição, nas 4 peças utilizadas, foi o que se evidencia na figura 51. A parede encontrava-se quase repleta de *smear layer*, aparecendo ocasionalmente uma ou outra abertura canalicular. Aos 30 segundos era evidente que muita desta *smear layer* fora removida, embora a deposição da restante fosse ainda significativa, como se verifica na figura 52. Pelos 60 segundos a imagem da parede do canal era já bem diferente, embora nas imagens colhidas nas 4 peças apareça sempre uma região em que a exposição canalicular não era definida. Isso mesmo se pode ver na figura 53.



**Figura 51** – Actuação do ácido poliacrílico durante 15 segundos



**Figura 52** – Actuação do ácido poliacrílico ao fim de 30 segundos



**Figura 53** – Actuação do ácido poliacrílico ao fim de 60 segundos

Analisando o comportamento das substâncias químicas que utilizamos após a preparação endodôntica efectuada pela técnica manual, podemos concluir que, para tempos iguais, o EDTA 17% e o ácido poliacrílico são os que apresentam menor eficácia.

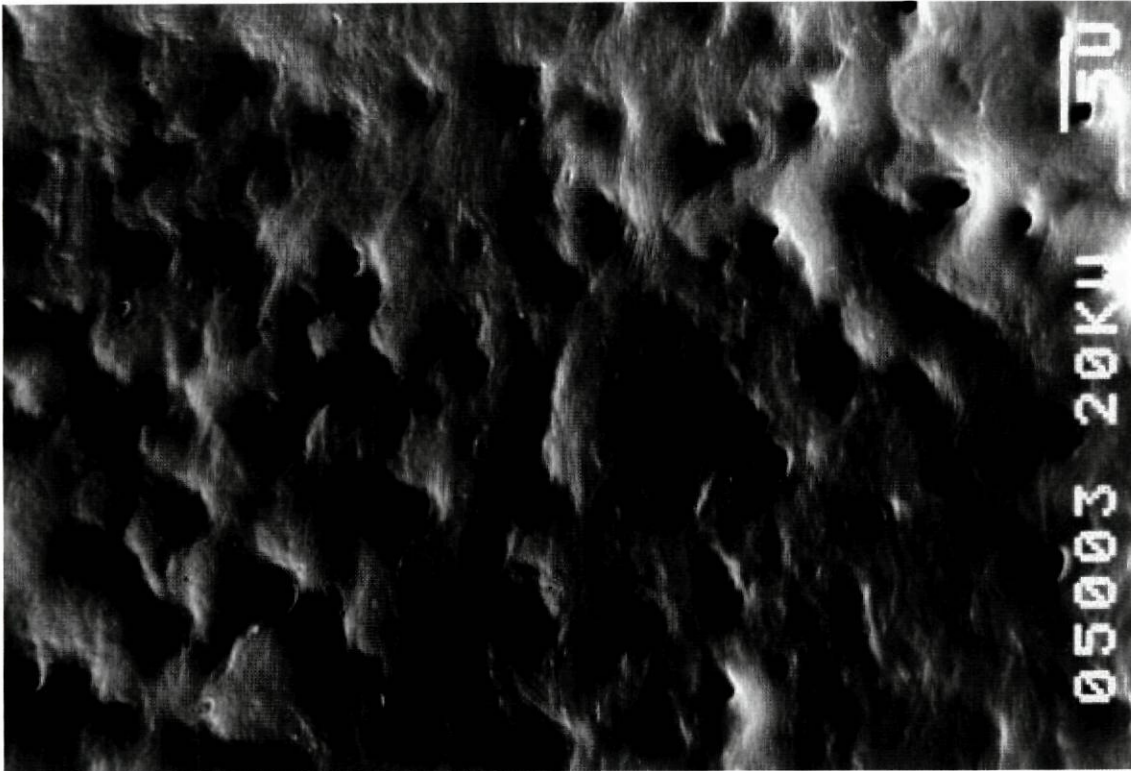
Em termos de qualidade de resultados e pesado o tempo de actuação, o ácido cítrico 5% e o ácido ortofosfórico revelaram-se uma opção superior, sendo difícil de perceber qual dos dois era mais eficaz na remoção da *smear layer*. O tempo necessário para a actuação de qualquer destes dois últimos ácidos era significativamente reduzido em relação às restantes opções, mas quando os comparamos entre si, verificamos que o ácido cítrico 5% conseguia resultados idênticos em tempo de actuação ainda menor do que o ácido ortofosfórico.

Com recurso à operação efectuada pela técnica manual, pareceu-nos assim que o emprego destes ácidos poderia trazer alguma vantagem, mesmo que ligeira, em termos qualitativos e de tempo de actuação. Após apenas 30 segundos de actuação com o ácido cítrico 5%, quase todos os canalículos se encontravam aparentemente abertos. Curiosamente, após 60 segundos de actuação, a imagem da abertura dos canalículos nos canais começava a tornar-se menos definida, devido ao fenómeno a que chamamos precipitação.

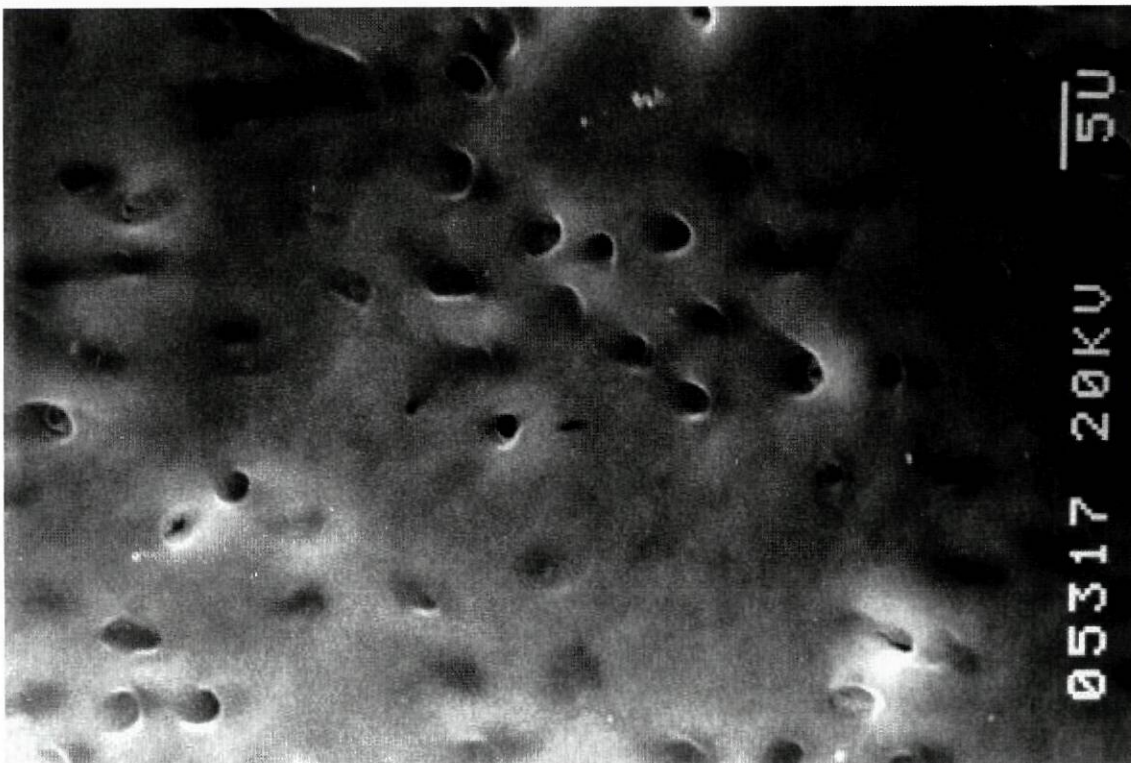
Já com o ácido ortofosfórico, a abertura dos canalículos só se completava após cerca de 60 segundos de actuação, portanto levava o dobro do tempo do ácido cítrico 5%. O prolongamento da actuação para além deste tempo óptimo, tal como no caso anterior, levava à degradação progressiva das imagens da abertura canalicular nos canais.

O estudo da actuação destes agentes ao terceiro minuto confirmou o desaparecimento progressivo da imagem da abertura dos canalículos nos canais, qualitativamente semelhante entre os dois agentes, mas mais retardada no caso do ácido ortofosfórico. Assim, analisando a imagem da parede do canal após a actuação do ácido cítrico 5% e do ácido ortofosfórico durante esse tempo, no primeiro caso verificamos que os canalículos estavam praticamente todos ocultados por algo que aparentemente sobre eles se precipitara (figura 54), enquanto que no segundo caso, embora se percebesse

inequivocamente a evolução do mesmo fenómeno, ainda se detectava a definição de muitas das aberturas (figura 55).

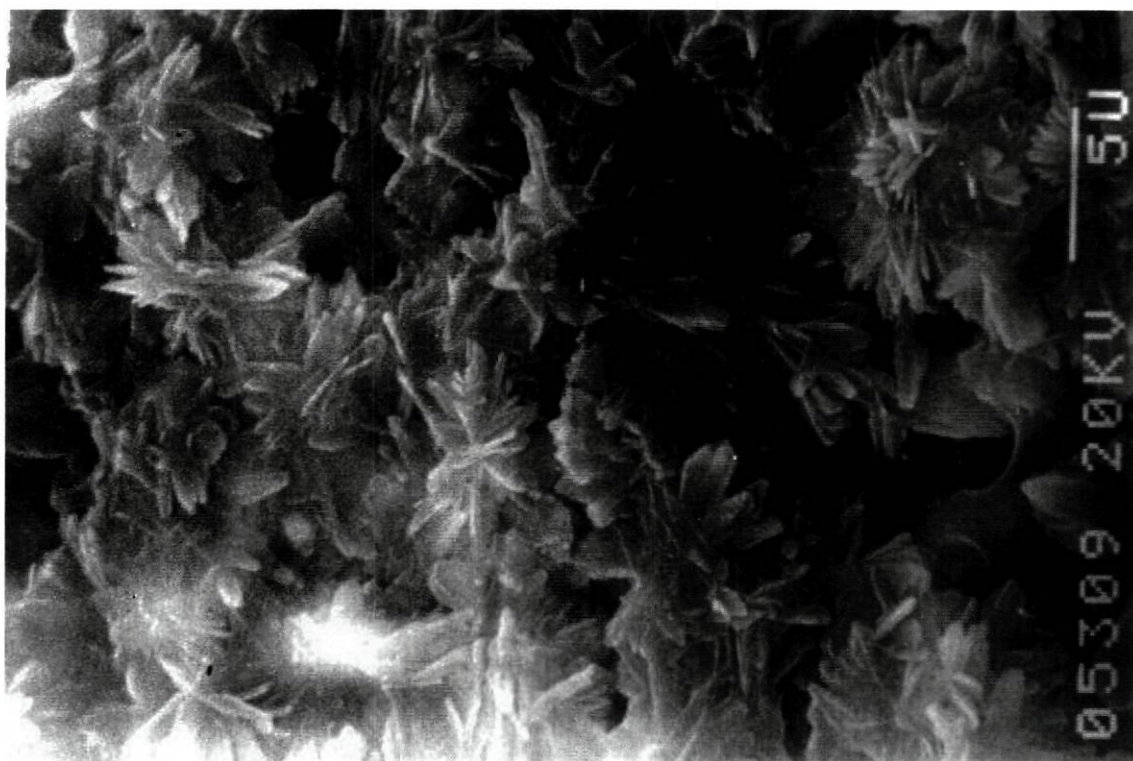


**Figura 54** – Actuação do ácido cítrico 5% durante 3 minutos



**Figura 55** – Actuação do ácido ortofosfórico durante 3 minutos

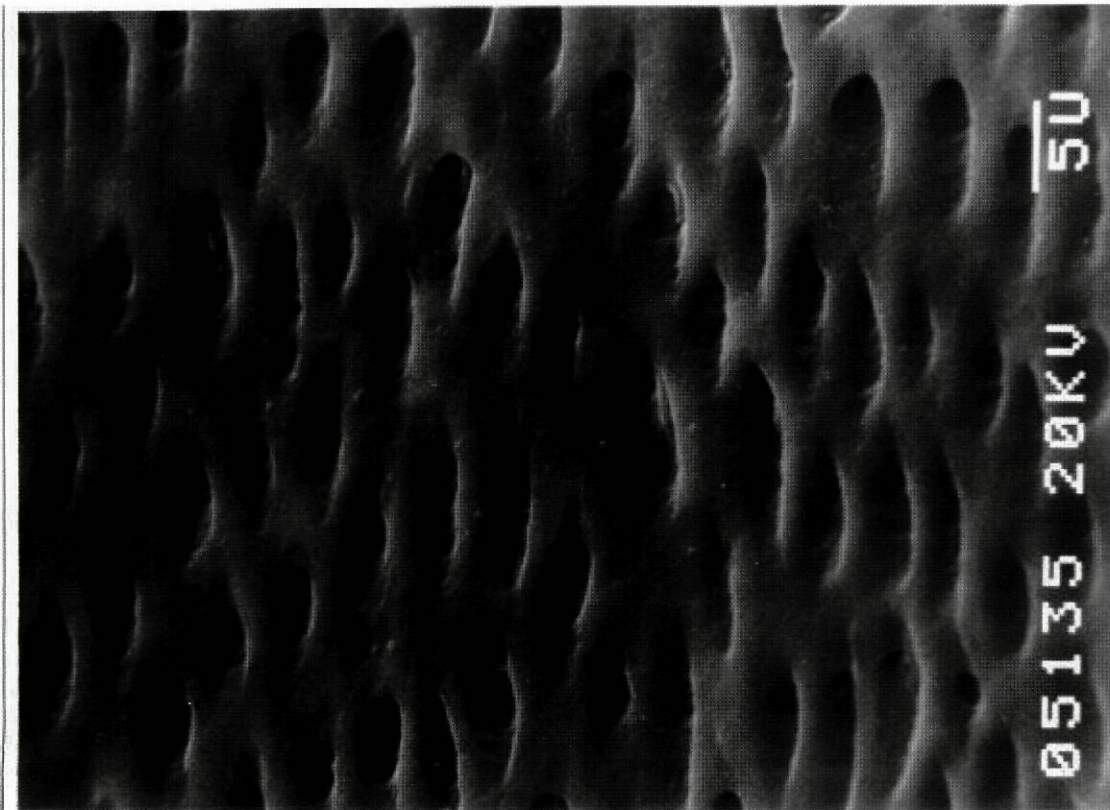
Curiosamente, foi possível obter, numa das preparações em que se utilizou o ácido cítrico 5% durante os mesmos 3 minutos, uma imagem de precipitação em forma de cristais, que pareciam sobrepor-se às aberturas subjacentes dos canalículos. Não nos foi possível, contudo, proceder a uma análise mais profunda deste fenómeno, por se nos ter apresentado apenas uma vez (figura 56). Este fenómeno não foi inédito, pois já fora descrito por autores como M. Hulsmann e colaboradores em 2003, que aliás o consideravam também muito raro e carente de explicação.



**Figura 56** – *Precipitação esporádica de cristais após actuação do ácido cítrico 5%*

Voltando à precipitação regular após actuação excessiva de ácidos ou quelantes, verificamo-la também aquando da utilização do EDTA 17% e do ácido poliacrílico, apenas diferindo nos tempos de actuação necessários, que se demonstraram significativamente maiores.

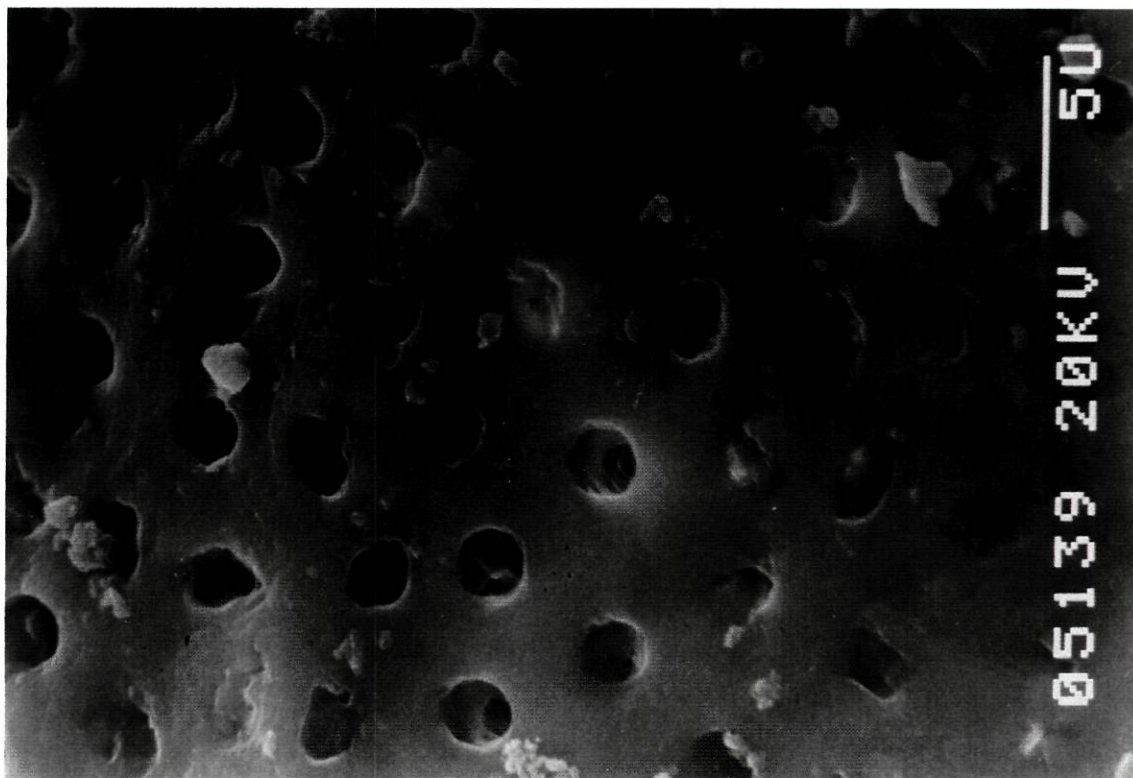
Assim, com o EDTA 17%, em que a imagem de abertura dos canalículos só foi conseguida ao fim de 4 minutos (figura 57), a precipitação apenas se evidenciou aos 6 minutos (figura 58). Com o ácido poliacrílico a abertura apareceu ao fim de 2 minutos de exposição (figura 59), tendo a precipitação ocorrido após os 3 minutos de acção (figura 60).



**Figura 57** – Acção do EDTA 17% durante 4 minutos



**Figura 58** – Acção do EDTA 17% durante 6 minutos



**Figura 59** – *Acção do ácido poliacrílico durante 2 minutos*



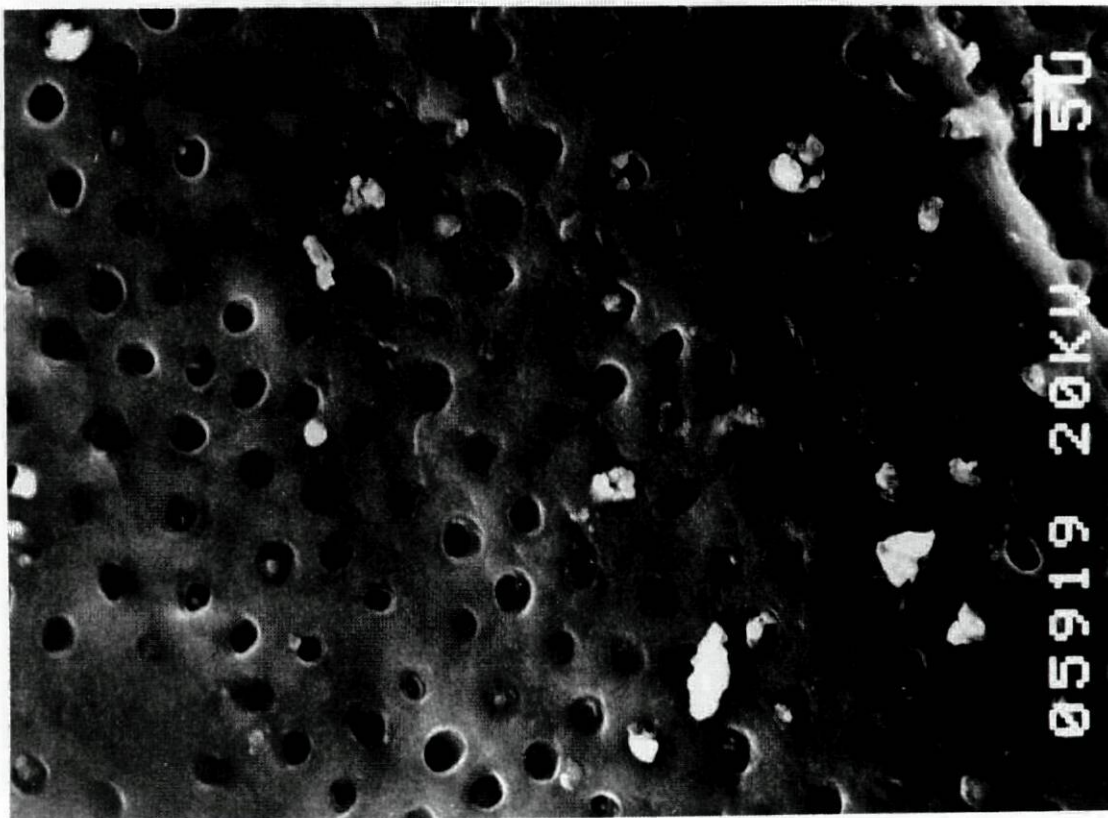
**Figura 60** – *Acção do ácido poliacrílico durante 3 minutos*

#### 4.2.2 Preparação Ultra-sónica

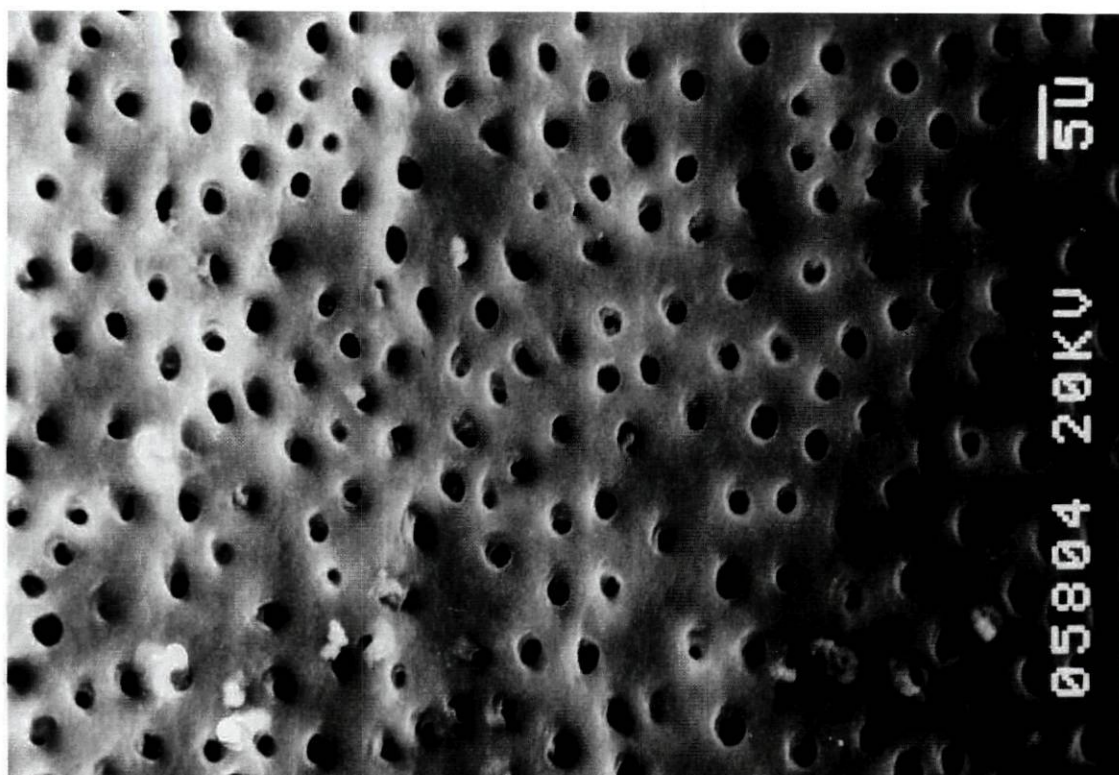
Também na técnica ultra-sónica, tal como na manual, foram preparados 48 dentes (peças) com os pormenores que anteriormente foram referidos.

De cada uma destas 48 peças, as duas metades que resultaram da separação pelo corte longitudinal foram aproveitadas, uma para controlo, outra para ser submetida ao tratamento químico.

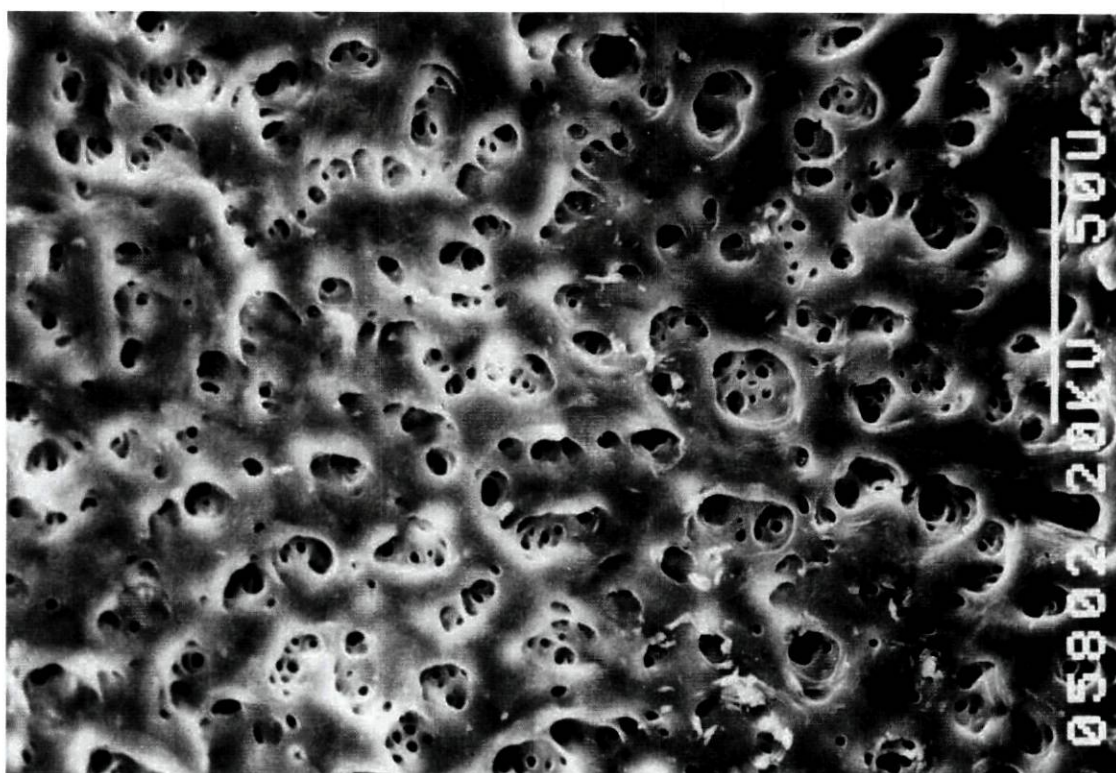
Destas, 4 foram tratadas durante 15 segundos com ácido cítrico 5%, 4 durante 30 segundos e as restantes 4 durante 60 segundos. Poderemos comparar os resultados a partir da análise das imagens que se seguem (figuras 61 a 63).



**Figura 61** – Acção do ácido cítrico 5% durante 15 segundos



**Figura 62** – Acção do ácido cítrico 5% durante 30 segundos



**Figura 63** – Acção do ácido cítrico 5% durante 60 segundos

A figura 61 mostra o resultado da acção do ácido cítrico 5% durante 15 segundos. Verificou-se que a exposição dos canalículos existentes na área

fotografada era quase total: apenas um ou outro mantinha visível o seu rolhão (*plug*) na entrada.

A figura 62 revela o que acontecia após 30 segundos de actuação do mesmo ácido cítrico 5%. Todos os canalículos apareciam com a abertura nitidamente visível, libertada de todo o material obstrutor (*smear layer*), salvaguardando um número insignificante de aberturas que ainda detinham algum desse material, mas sem qualquer indício de fixação.

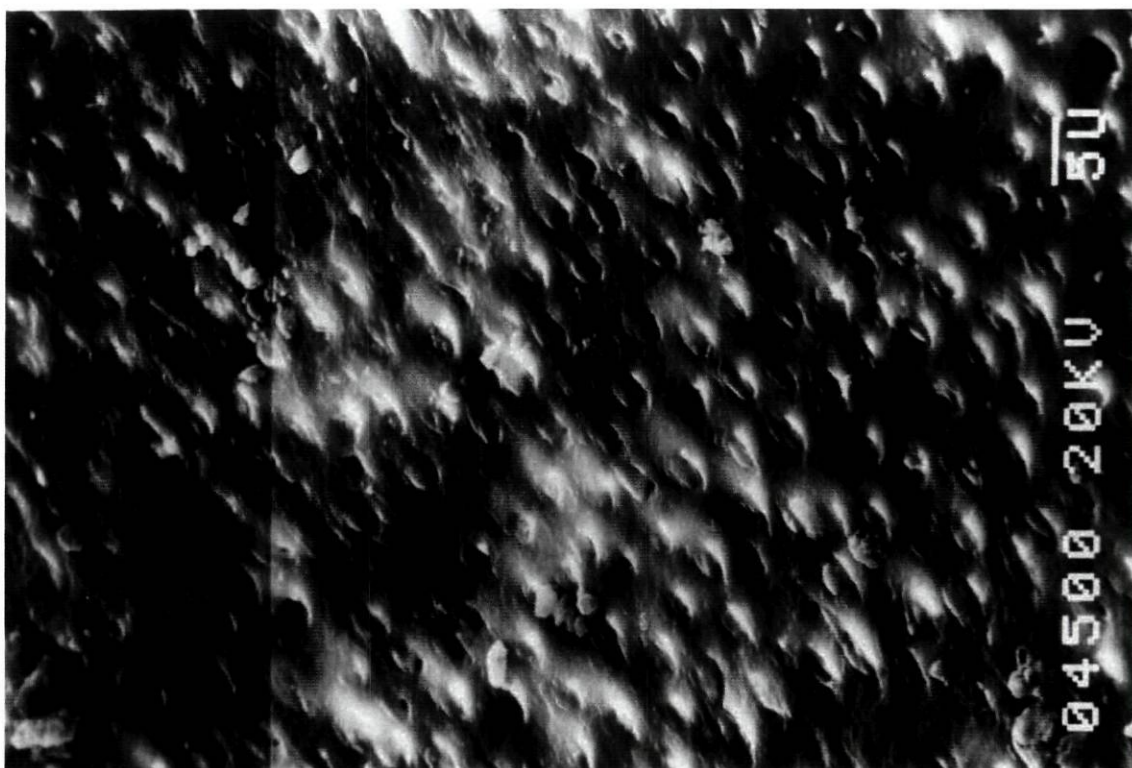
Com 60 segundos de permanência de ácido cítrico 5% sobre a parede resultava uma clara exposição de todas as aberturas canaliculares, como se pode apreciar na figura 63.

De igual modo se trataram 4 das 48 peças com EDTA 17% durante 15 segundos, 4 durante 30 segundos e os restantes 4 durante 60 segundos.

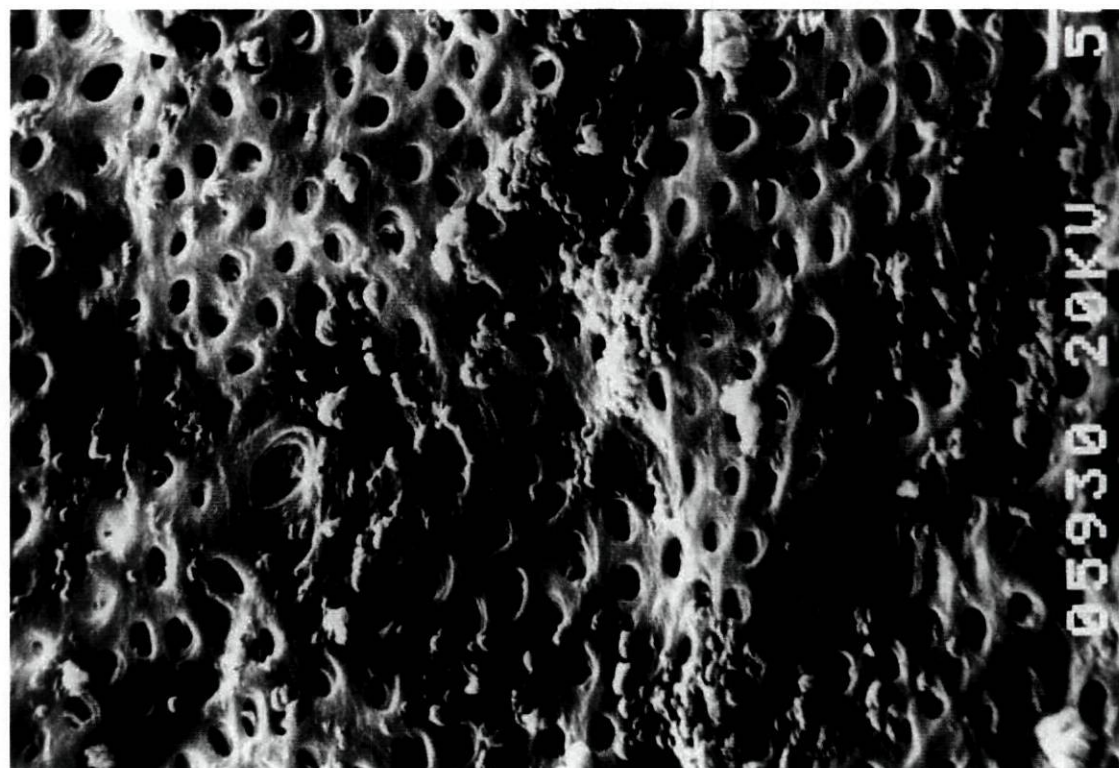
A imagem registada da peça em que a actuação fora de 15 segundos demonstrava que são raros os canalículos com abertura, mas também demonstrava que a camada de *smear layer* que os oculta era muito pouco espessa (figura 64).

Após mais 15 segundos de acção, ou seja, aos 30 segundos, a imagem resultante demonstrava uma evolução muito significativa e eram já raros os canalículos que se mantinham ocultados, mesmo esses evidenciando que o material que ainda os tapava era muito ténue (figura 65).

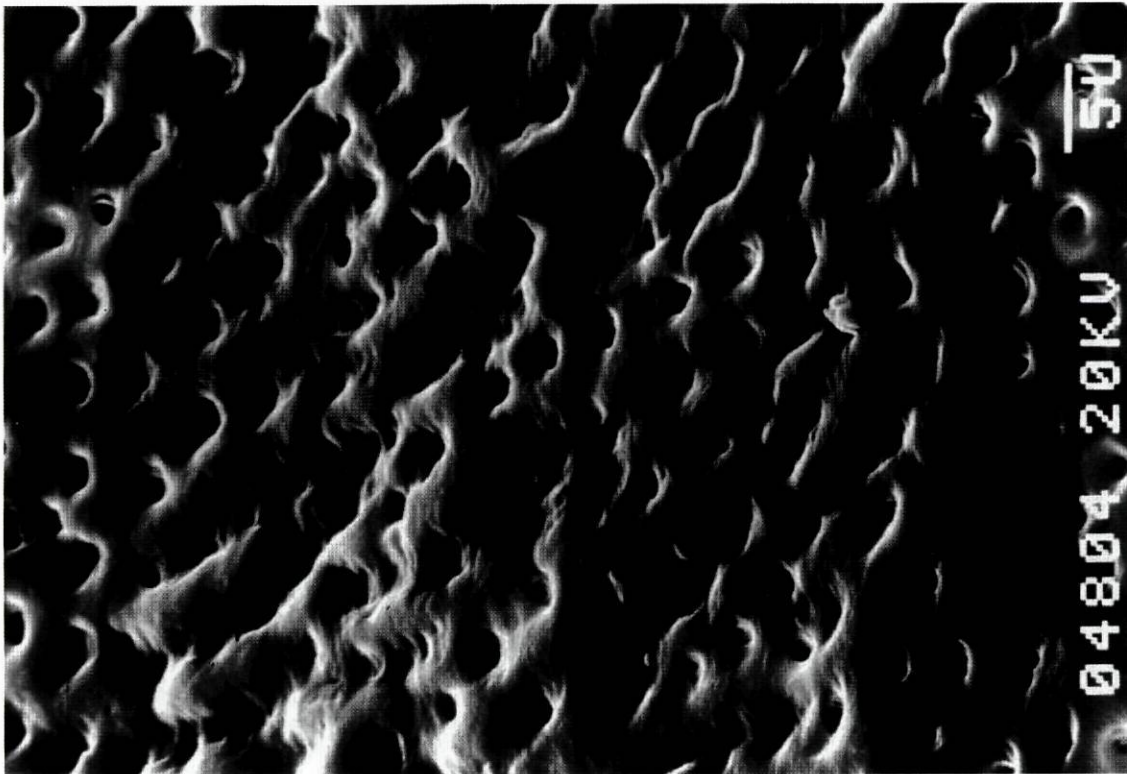
Com 60 segundos de acção o EDTA 17% permitiu obter a imagem registada na figura 66, em que não existem canalículos tapados sendo, por conseguinte, totalmente evidente a abertura de todos os que estão contidos na região da parede que foi fotografada.



**Figura 64** – Acção do EDTA 17% durante 15 segundos



**Figura 65** – Acção do EDTA 17% durante 30 segundos



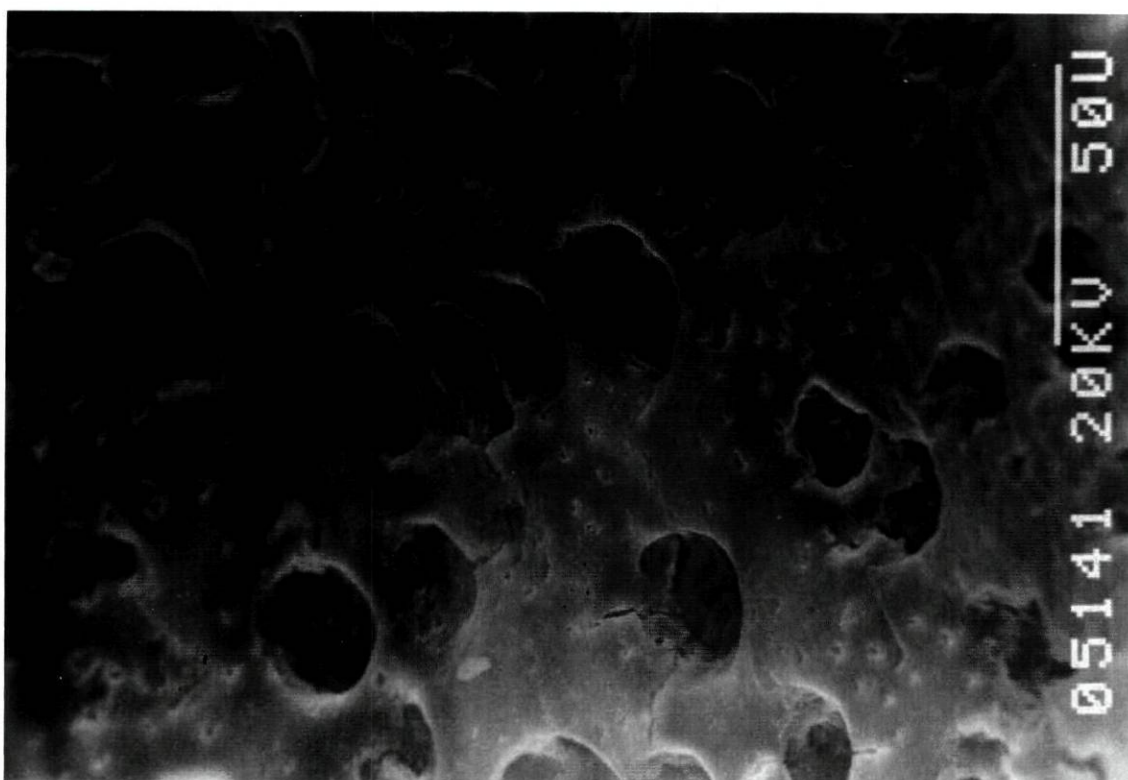
**Figura 66** – Acção do EDTA 17% durante 60 segundos

Com o ácido ortofosfórico foram também tratadas grupos de 4 peças durante 15, 30 e 60 segundos.

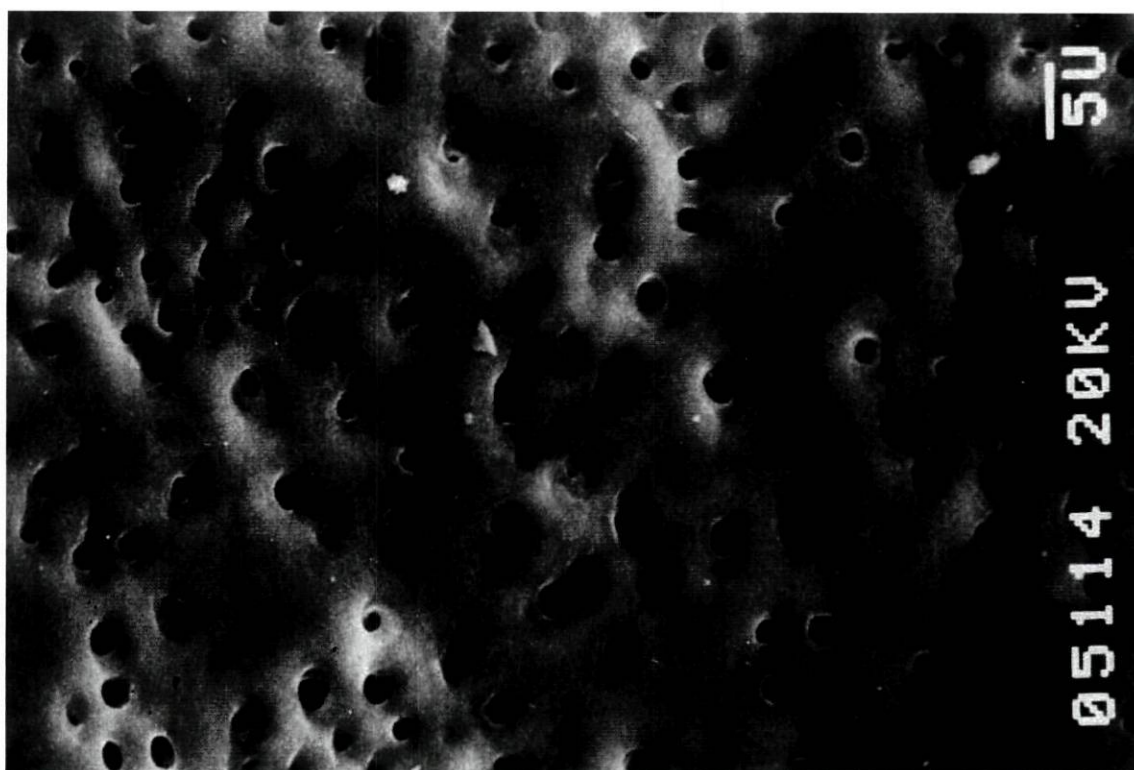
Aos 15 segundos, apreciava-se o aspecto registado na figura 67, com evidência de abertura visível em alguns canáliculos, enquanto que muitos outros demonstravam já a tendência à mesma abertura, mas com alguma *smear layer* ocultando o seu lume.

A figura 68, correspondente aos 30 segundos, apresentou um aspecto de total abertura.

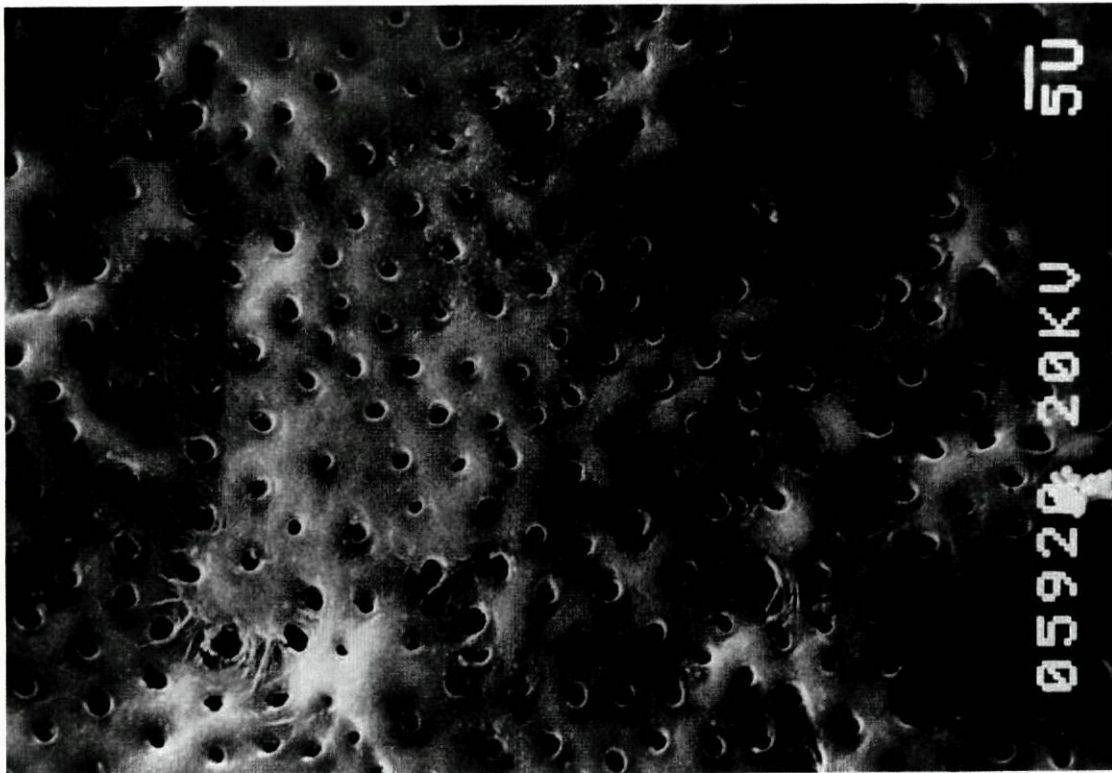
Na figura 69, colhida pelos 60 segundos, a imagem deixava também evidentes, todas as aberturas dos canáliculos contidos na região do canal que foi fotografada.



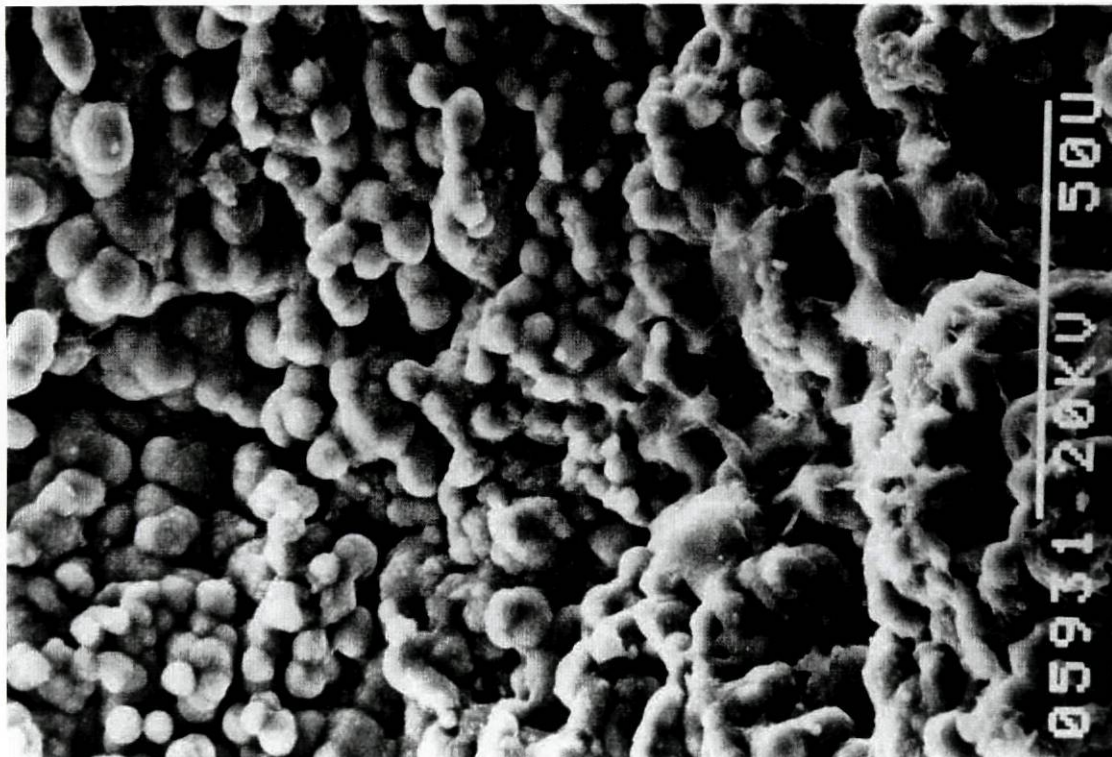
**Figura 67** – Acção do ácido ortofosfórico durante 15 segundos



**Figura 68** – Acção do ácido ortofosfórico durante 30 segundos



**Figura 69** – Acção do ácido ortofosfórico durante 60 segundos

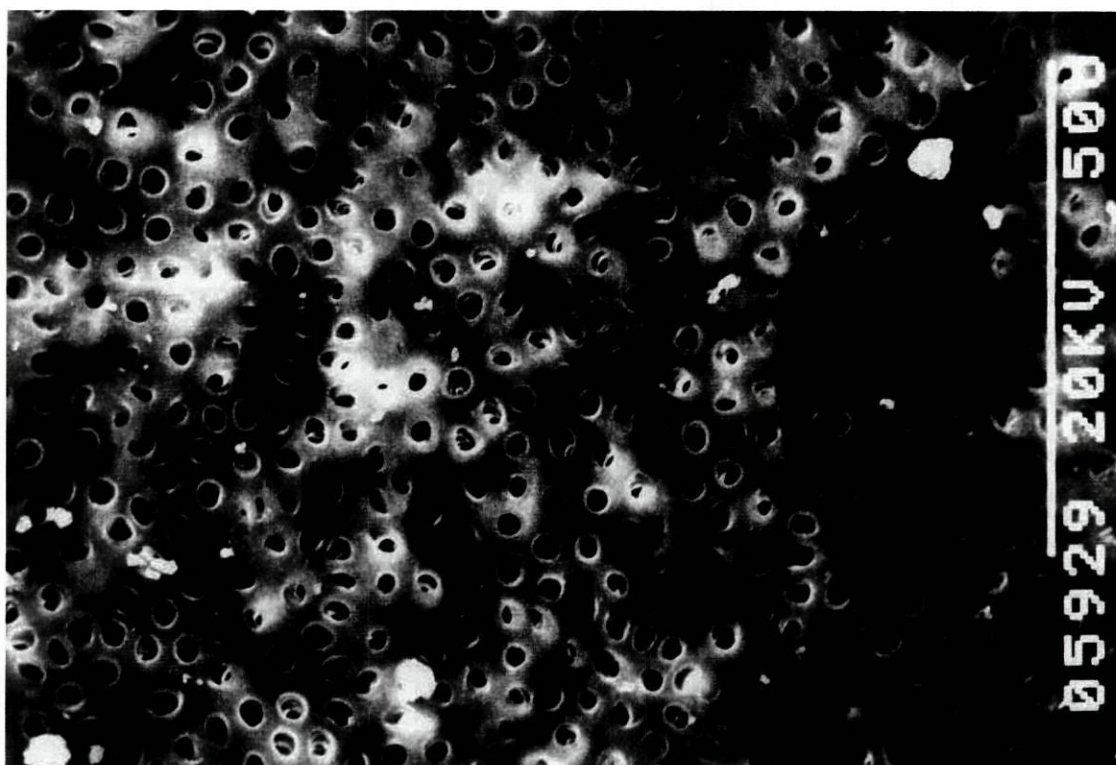


**Figura 70** – Acção do ácido poliacrílico durante 15 segundos

Com o ácido poliacrílico a imagem da parede das 4 peças utilizadas, sujeita à sua acção durante 15 segundos de exposição, foi a registada na figura

70. Nenhuma abertura canalicular era visível, apresentando-se a *smear layer* proeminente.

Aumentando o tempo de exposição para os 30 segundos, a imagem que registamos (figura 71) era substancialmente diferente: todos os canaliculos (com pouquíssimas exceções) apresentavam as suas aberturas bem evidentes.



**Figura 71** – Acção do ácido poliacrílico durante 30 segundos

Aos 60 segundos, a acção do ácido poliacrílico após a preparação com ultra-som permitiu limpar a totalidade da *smear layer* que recobria a entrada dos canaliculos dentinários, como se vê na figura 72.

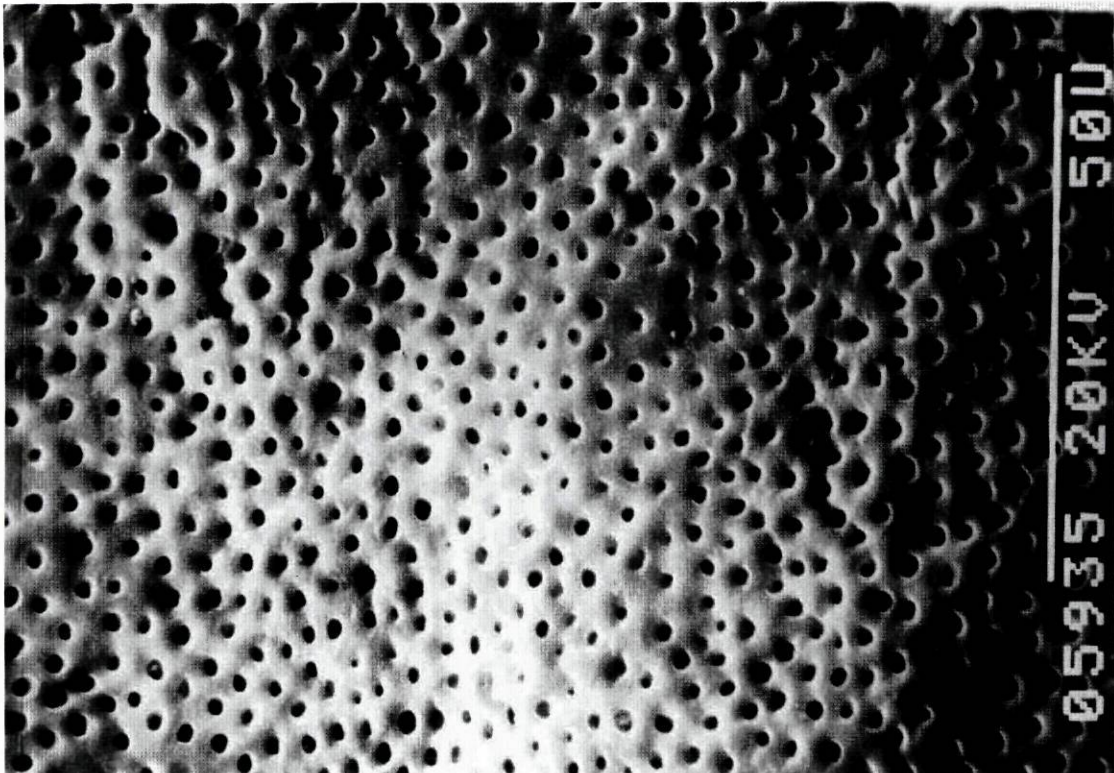


Figura 72 – Acção do ácido poliacrílico durante 60 segundos

Tal como verificáramos com a técnica de preparação manual, também a análise dos resultados da acção das substâncias químicas sobre as paredes dos canais preparados pelo método ultra-sónico permitiu verificar que a eficácia do EDTA 17% e do ácido poliacrílico se equiparavam.

Com 15 segundos de acção, a imagem das paredes tratadas com ambas as substâncias mantinha a presença de *smear layer* em quase toda a superfície, com predominância para o ácido poliacrílico. Com efeito, o EDTA 17% parecia ter removido mais *smear layer* aos 15 segundos que o referido ácido poliacrílico.

Contudo, com 30 e 60 segundos de acção, o número de canalículos com aberturas bem patentes era semelhante para as duas substâncias químicas.

No caso do ácido cítrico 5% e do ácido ortofosfórico a exposição da parede do canal permitiu obter resultados mais marcados aos 15 segundos de exposição.

Assim, ao contrário do EDTA 17% e do ácido poliacrílico, este tempo (15 segundos) já permitia expôr algumas aberturas canaliculares, tornando-se bem

marcada ou quase total essa exposição quando se aumentava o tempo para 30 e 60 segundos. A remoção da *smear layer* era quase total ao fim destes tempos, se bem que existisse uma vantagem marginal para o ácido cítrico 5%. A comparação destes resultados permitiu-nos verificar que o comportamento destas substâncias químicas era semelhante ao que fora verificado quando haviam sido utilizadas nas paredes dos canais preparados pela técnica manual.

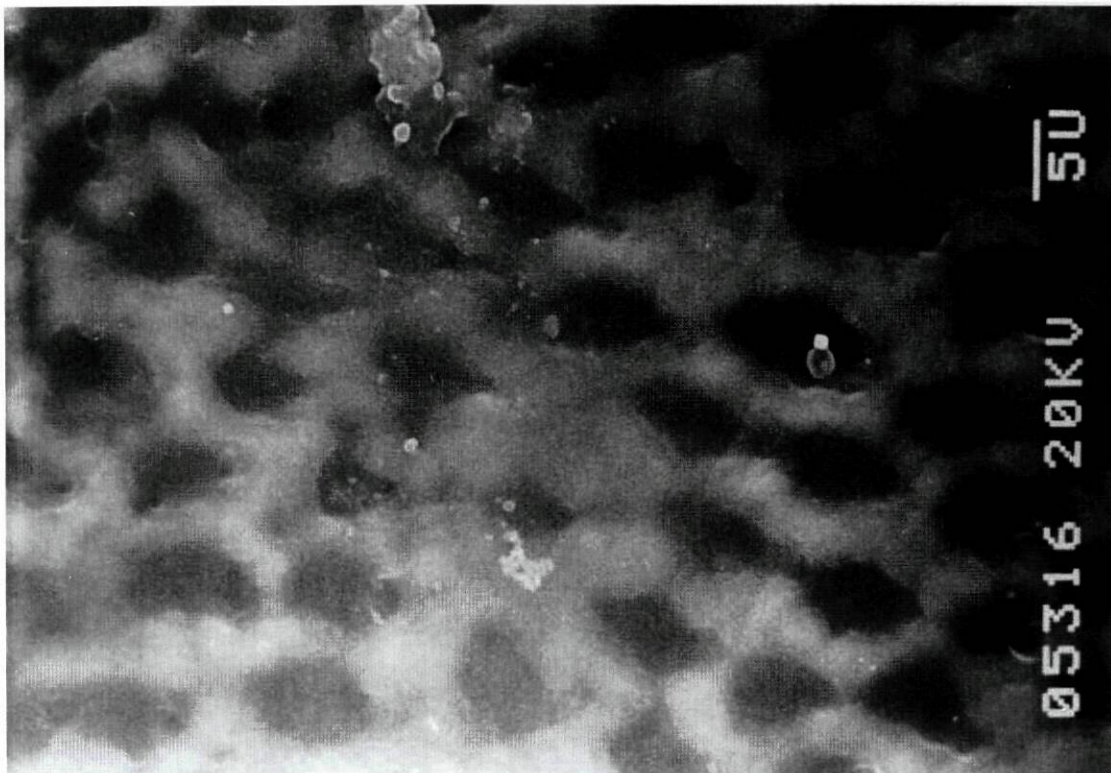
Apenas pudémos perceber que para os mesmos tempos de actuação, a técnica de preparação ultra-sónica antecipava os resultados, já que parecia permitir obter a diminuição ou a eliminação da *smear layer* das paredes mais rapidamente, quando estas estavam em presença das mesmas substâncias nos mesmos tempos.

Verificou-se apenas uma excepção, o caso do resultado obtido com o ácido poliacrílico aos 15 segundos, em que não havia ainda aberturas patentes na superfície, como se verifica na figura 70, situação singular que mereceu a nossa atenção mas que não conseguimos explicar.

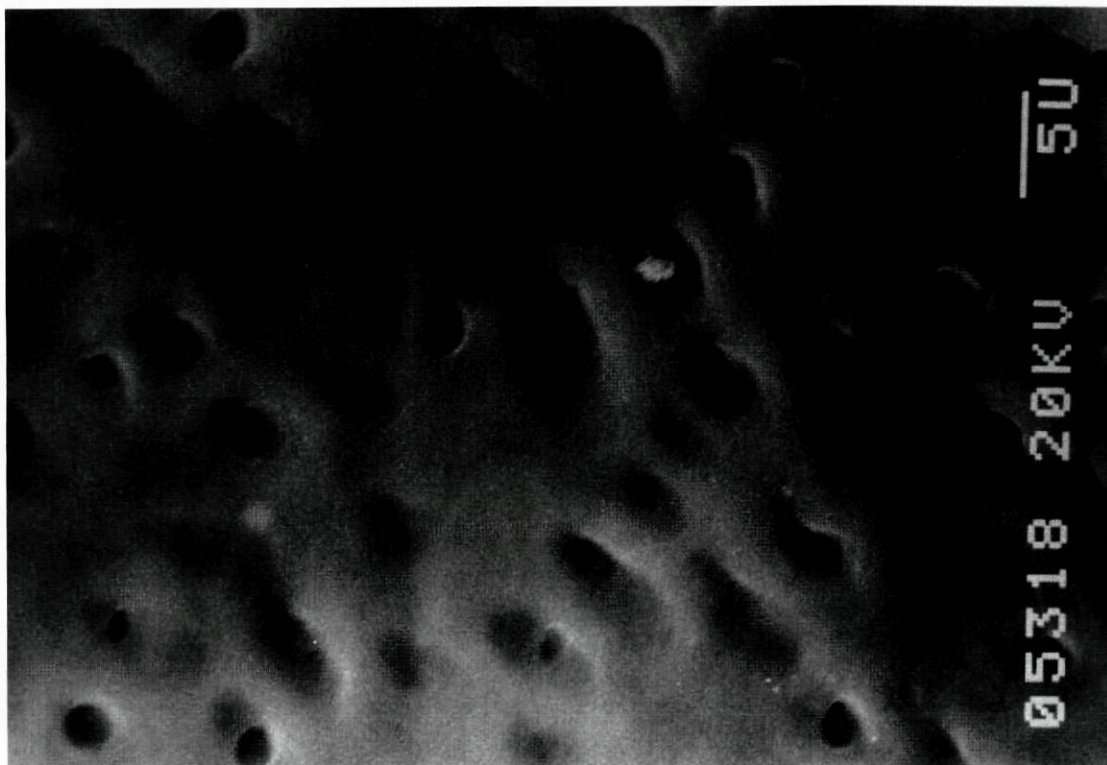
À semelhança do que se verificara aquando da preparação manual, na preparação ultra-sónica fomos estudar a evolução do tempo de actuação dos diferentes produtos químicos para além dos tempos protocolados, considerados como ideais.

Para os ácidos cítrico e ortofosfórico as imagens obtidas após 2 minutos de acção sobre as paredes foram semelhante às obtidas com 3 minutos sobre as paredes preparadas segundo a técnica manual, sendo a ocultação das aberturas (precipitação) mais marcada com o ácido cítrico 5% (figura 73) do que o ácido ortofosfórico (figura 74).

Pudémos verificar que no primeiro caso toda a superfície parecia ocultar-se por detrás de uma nebulosidade uniforme e que, no segundo, esse mesmo aspecto nebuloso não era uniforme, permitindo perceber ainda a imagem de alguns canalículos abertos.



**Figura 73** – *Acção do ácido cítrico 5% durante 2 minutos*



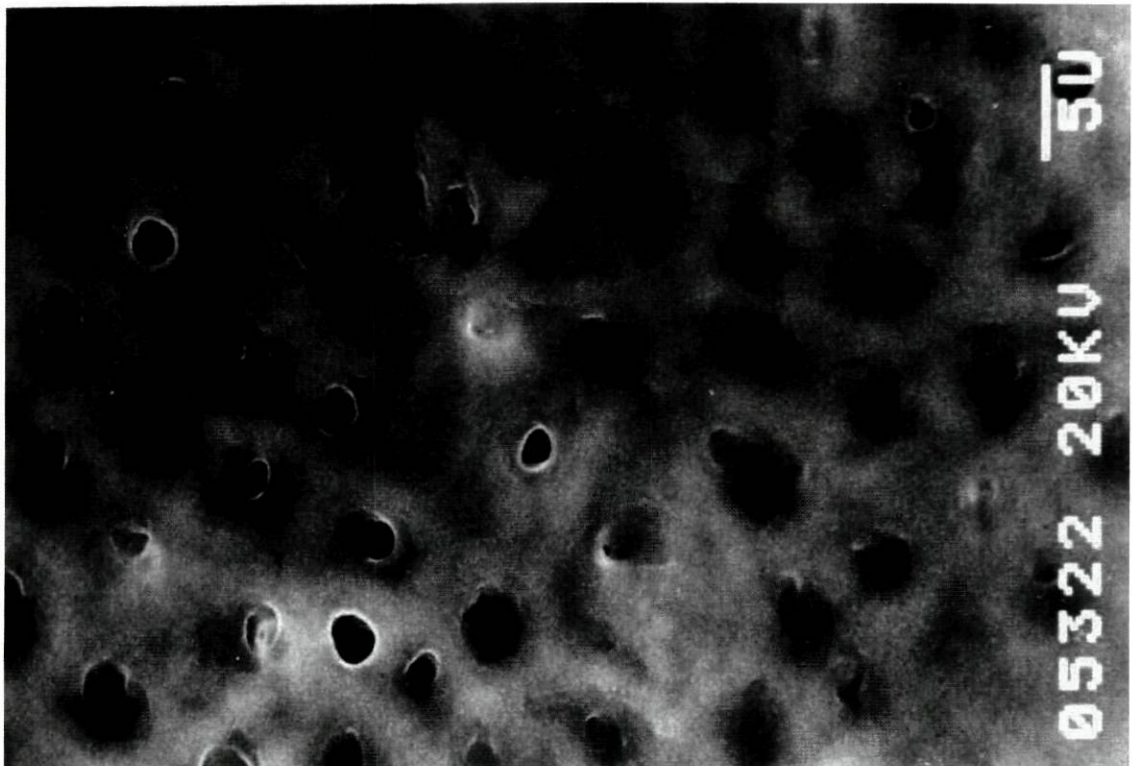
**Figura 74** – *Acção do ácido ortofosfórico durante 2 minutos*

Excedemos também os tempos de acção do EDTA 17% e do ácido poliacrílico, da mesma forma como anteriormente fizéramos aquando da preparação manual.

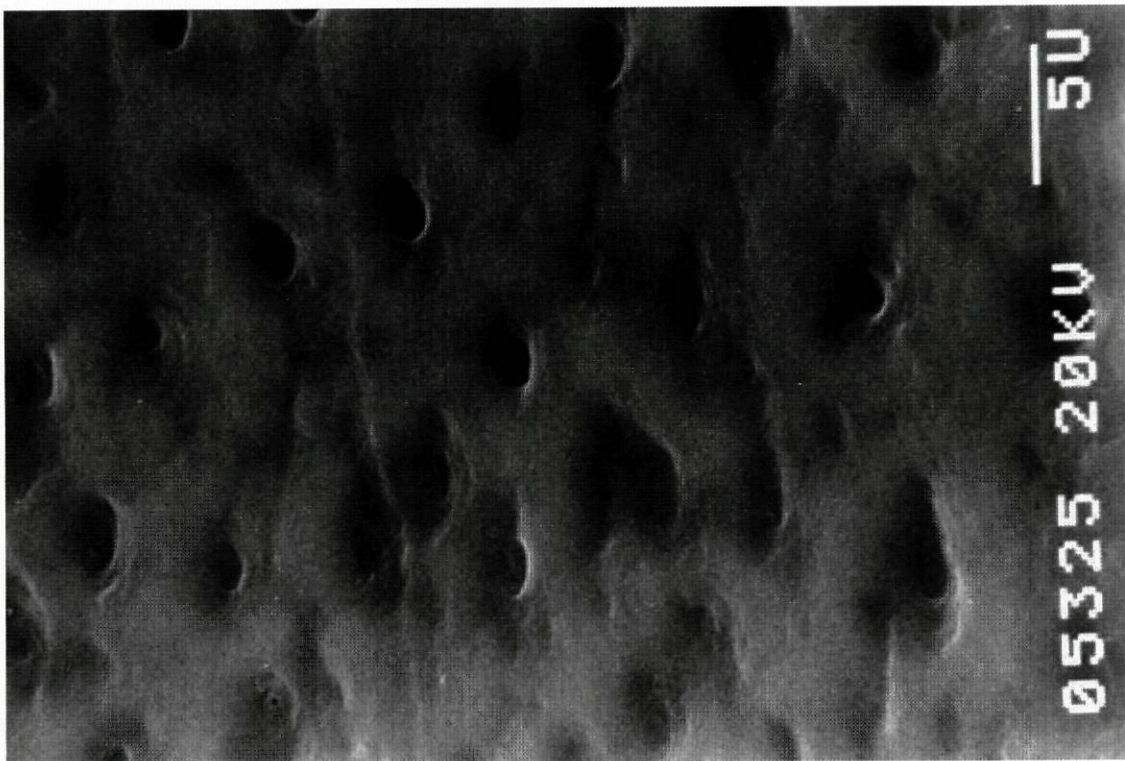
Verificamos que com o EDTA 17% a imagem da precipitação começava a perceber-se com 4 minutos de acção (figura 75) enquanto que resultados semelhantes eram obtidos com apenas 3 minutos de contacto do ácido poliacrílico com a parede do canal (figura 76).

Estas verificações permitiram também concluir que a preparação ultra-sónica antecipava em cerca de 1 minuto o fenómeno da ocultação dos canalículos (precipitação).

Este comportamento do EDTA 17% e do ácido poliacrílico era por isso semelhante ao dos ácidos cítrico e ortofosfórico pelo que, para todos os casos, a utilização de uma técnica de preparação ultra-sónica (neste caso o ENAC) permitiria antecipar os resultados obtidos com a técnica de preparação manual.



**Figura 75** – Acção do EDTA 17% durante 4 minutos



**Figura 76** – *Acção do ácido poliacrílico durante 3 minutos*

### 4.2.3 Preparação mecânica

A última técnica utilizada foi a da preparação mecanizada em que, à semelhança das anteriores, foram também preparados 48 dentes (peças) da forma já descrita. Cada uma das 48 peças foi também dividida em duas metades após a separação efectuada pelo corte longitudinal. Uma das referidas metades foi ainda destinada ao controlo enquanto que a outra serviu para o tratamento químico.

Como nos casos anteriores, destas 48 peças, 4 foram tratadas com ácido cítrico 5% actuando durante 15 segundos, 4 com ácido cítrico 5% actuando durante 30 segundos e as restantes 4 com o mesmo ácido cítrico durante 60 segundos.

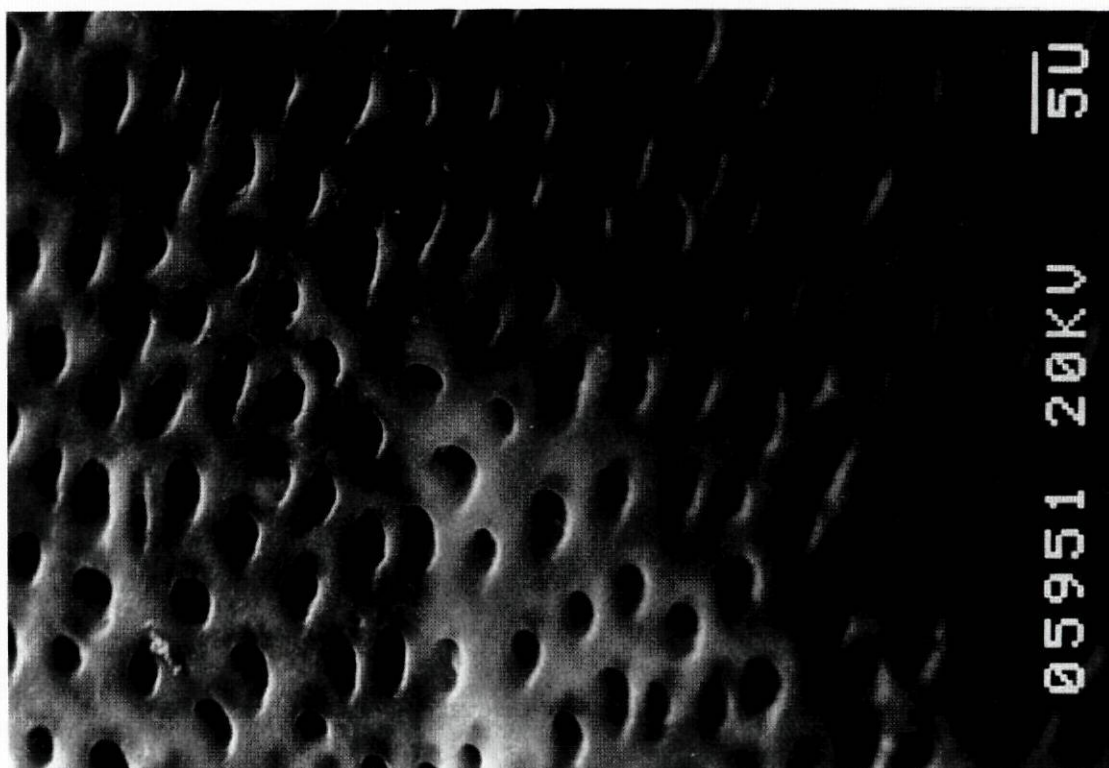
Actuando na parede do canal preparado segundo esta técnica, o ácido cítrico 5% permitiu obter uma imagem como a que se apresenta na figura 77 em que são visíveis alguns canalículos abertos e muitos outros em vias de abertura.

Com 30 segundos de actuação, o ácido cítrico 5% permitia a exposição de todos os canalículos presentes na imagem, como se pode verificar na figura 78. Aos 60 segundos, a acção do mesmo ácido permitia não só completar a abertura do lume dos canalículos, mas também iniciar a demonstração do processo de precipitação.

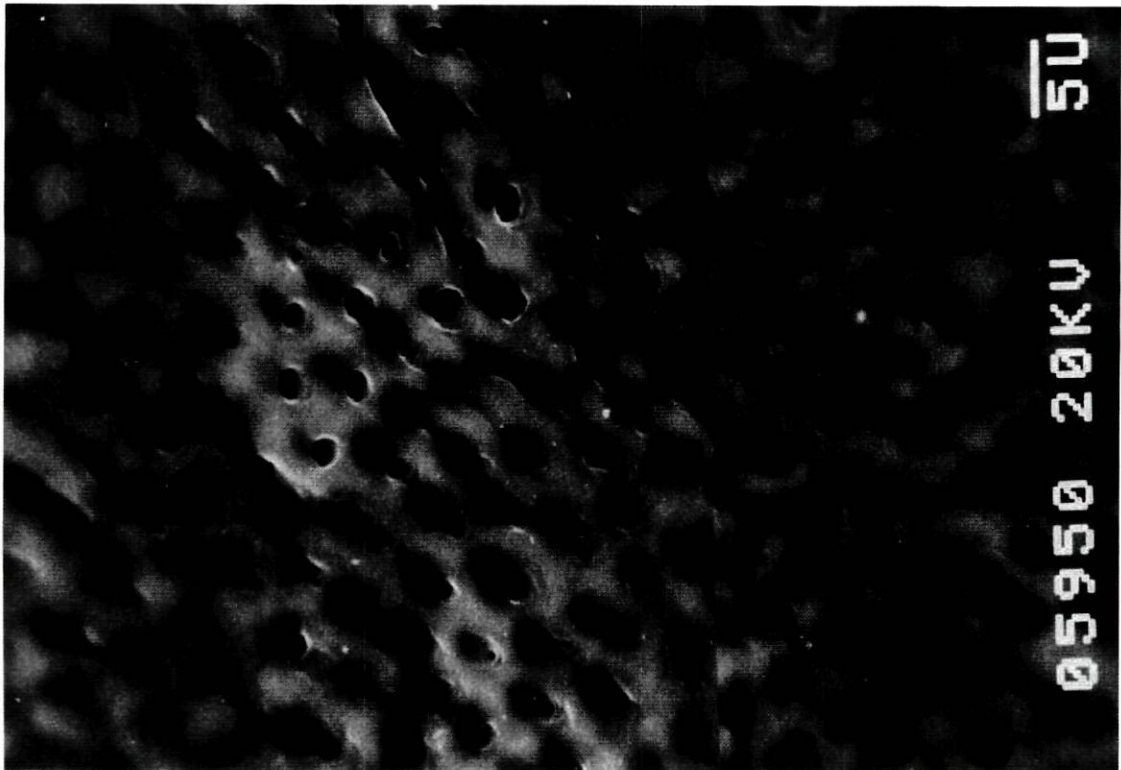
Assim, na imagem registada pela figura 79, é já patente a característica “névoa” que começa a ocultar as aberturas entretanto evidenciadas.



**Figura 77** – Acção do ácido cítrico 5% durante 15 segundos



**Figura 78** – Acção do ácido cítrico 5% durante 30 segundos



**Figura 79** – Acção do ácido cítrico 5% durante 60 segundos

Trataram-se então com o EDTA 17% 4 peças em que este produto químico actuou durante 15 segundos, 4 em que a acção durou 30 segundos e os restantes 4 em que o contacto com a parede dos canais se prolongou por 60 segundos.

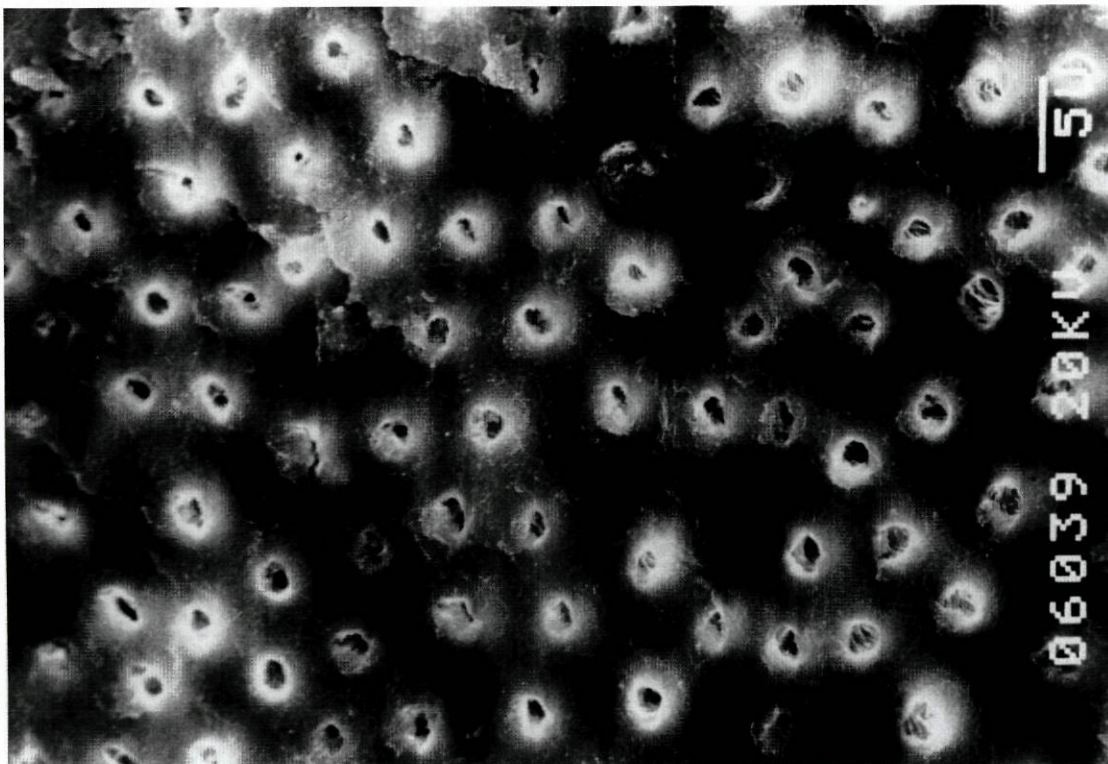
Verificou-se que aos 15 segundos a imagem não definia a exposição da abertura de muitos canaliculos. Pelo contrário, percebia-se que alguns se encontravam em proximidade de abertura e um ou outro estava aberto, mas a sua maioria permanecia ocultada pela *smear layer* (figura 80).

Na figura 81, que corresponde à região da parede tratada com o EDTA 17% durante 30 segundos, a imagem demonstra a existência de muitos canaliculos abertos e outros muito próximo de terem o seu lume exposto, com os contornos já definidos.

Com 60 segundos de actuação o EDTA 17% parecia já ser capaz de expôr todas as aberturas canaliculares presentes na superfície fotografada, embora a imagem ainda registe algumas regiões onde se percebe a existência de *smear layer* (figura 82).



**Figura 80** – Acção do EDTA 17% durante 15 segundos



**Figura 81** – Acção do EDTA 17% durante 30 segundos

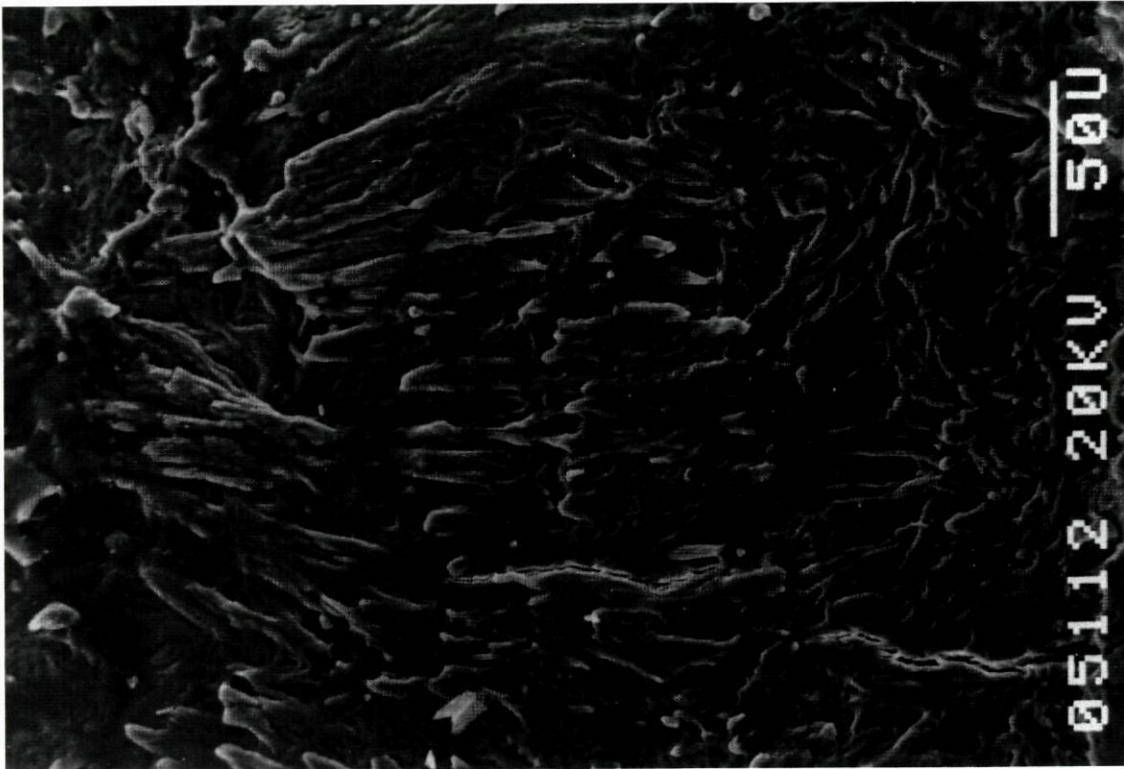


**Figura 82** – Acção do EDTA 17% durante 60 segundos

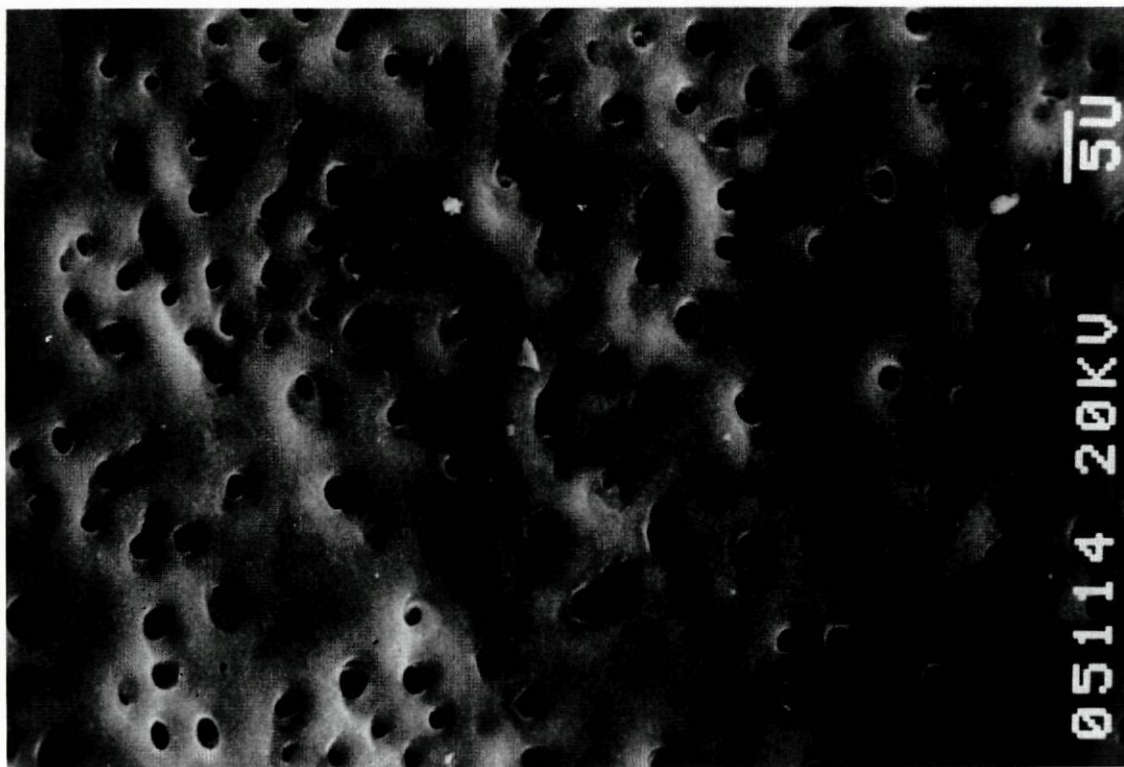
Com o ácido ortofosfórico utilizado nas respectivas peças trabalhadas pela técnica mecanizada, obteve-se a imagem da figura 83, representativa das 4 peças em que a acção deste ácido foi de 15 segundos, onde é perceptível muita quantidade de *smear layer* como que flutuando sobre inúmeros canalículos que estão já semiabertos.

A figura 84 testemunha a acção do ácido ortofosfórico durante 30 segundos sobre a parede do canal, podendo-se apreciar que os canalículos presentes na imagem se encontravam quase completamente abertos. Apenas alguns, poucos, se encontravam parcialmente ocultados por algo que, por comparação sequencial, parecia aliás estar a desaparecer.

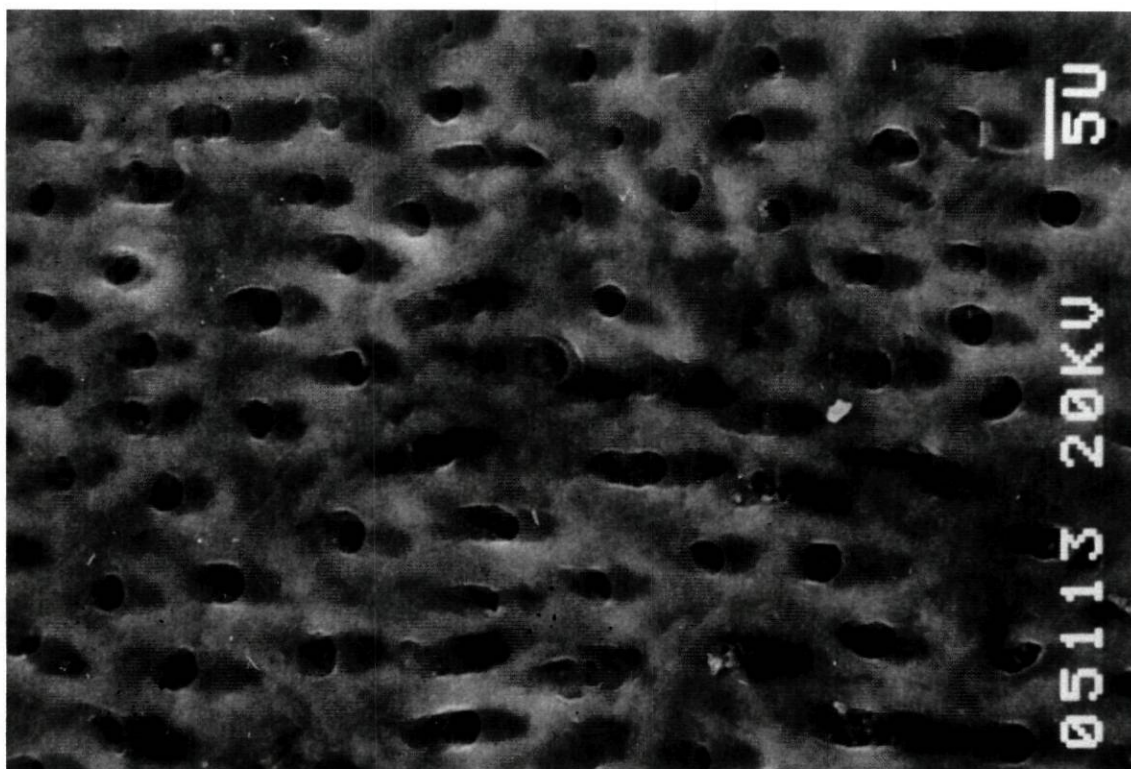
Na figura 85 a imagem é de total evidência das aberturas presentes. Com 60 segundos de exposição ao ácido ortofosfórico, eliminou-se a *smear layer* que recobria a parede, após a preparação pela técnica mecanizada.



**Figura 83** – *Acção do ácido ortofosfórico durante 15 segundos*



**Figura 84** – *Acção do ácido ortofosfórico durante 30 segundos*

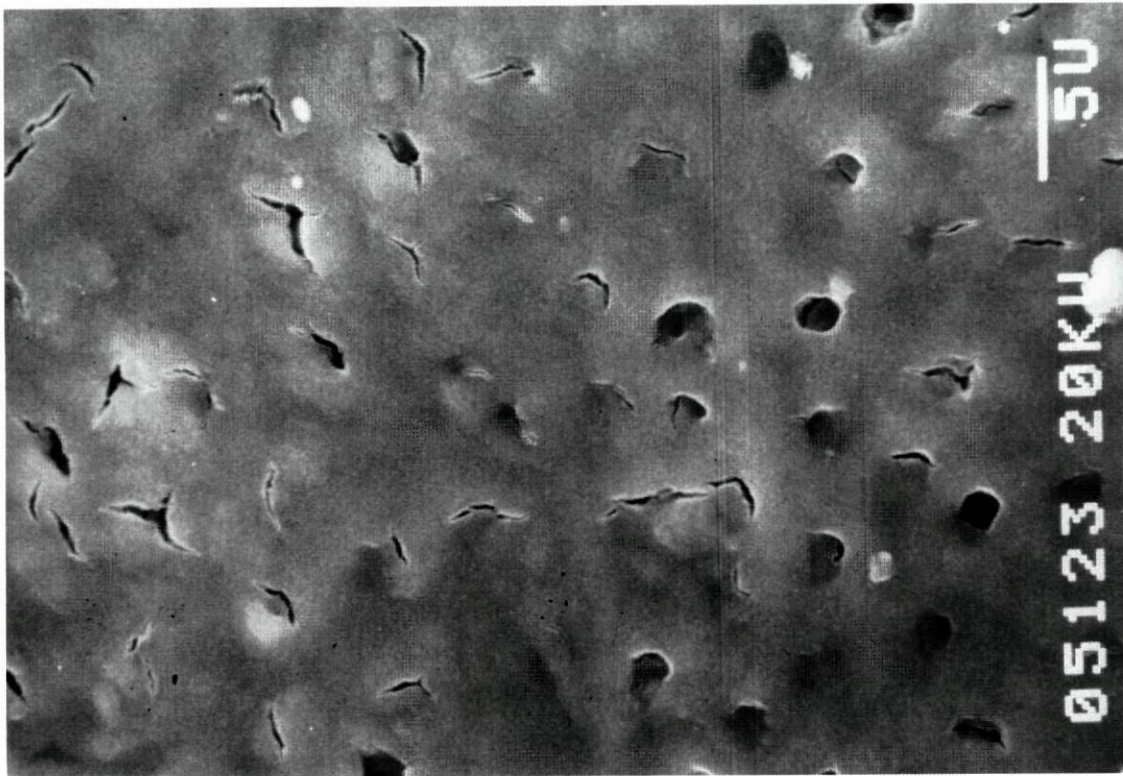


**Figura 85** – Acção do ácido ortofosfórico durante 60 segundos

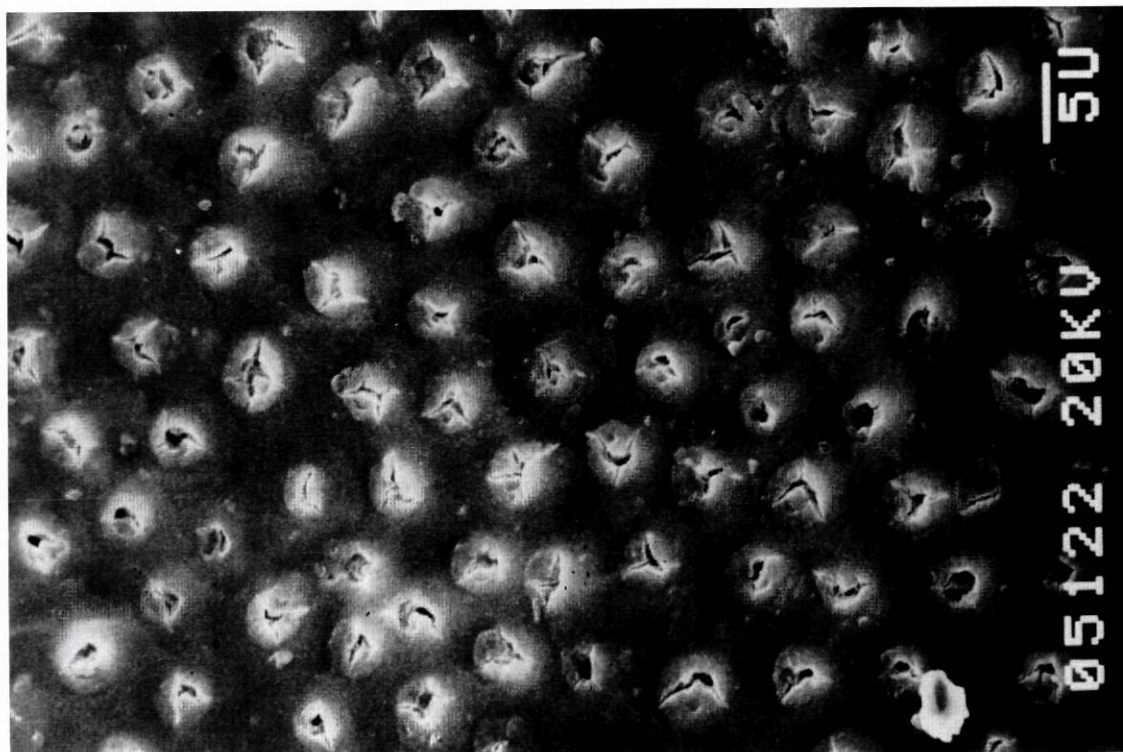
Por fim utilizou-se o ácido poliacrílico de forma idêntica. Ensaiou-se a sua acção, por 15 segundos, sobre as 4 peças, tendo-se verificado que a imagem demonstrava ainda uma compactação nítida de *smear layer* com um ou outro canalículo aberto e muitas fendas, que indicavam a existência de canalículos em vias de abertura. Foi o que se verificou na figura 86.

Na figura 87 está registado o resultado da acção do ácido poliacrílico durante 30 segundos: percebe-se uma nítida evolução da situação anterior e, embora o lume dos canalículos estivesse patente ainda em muito poucos casos, a sua definição já existia, embora os *plugs* obturadores ainda não tivessem sido removidos.

Com 60 segundos de acção, o ácido poliacrílico permitiu a remoção da *smear layer* resultante, na sua quase totalidade. De facto, apenas poucos canalículos apresentavam algo que obstrui o seu lume, como pode verificar-se na figura 88.



**Figura 86** – Acção do ácido poliacrílico durante 15 segundos



**Figura 87** – Acção do ácido poliacrílico durante 30 segundos



**Figura 88** – Acção do ácido poliacrílico durante 60 segundos

Na posse destes resultados, pudemos constatar que, no caso da preparação endodôntica com recurso a uma técnica mecanizada, o comportamento das substâncias químicas que utilizamos não diferiu muito do que foi registado quando as técnicas de preparação foram a manual e a ultra-sónica.

O ácido cítrico 5% parece apresentar algumas vantagens, pois aos 15 segundos de actuação já removera quase toda a *smear layer* produzida durante a preparação.

Esta eficácia é confirmada com a abertura quase completa de todos os canalículos quando a actuação é de 30 segundos. Aos 60 segundos a superfície da parede fotografada evidenciou a exposição de todas as aberturas, ao mesmo tempo que se começou a definir o processo de precipitação.

O resultado desta acção foi próximo do obtido pelo tratamento com o ácido ortofosfórico, tal como nas situações descritas para as outras técnicas de preparação. No caso deste, a evolução dos 15 para os 30 segundos e destes para os 60 era semelhante, mas globalmente a sua actuação pareceu-nos marginalmente inferior, atendendo à existência de *smear layer* após os 15

segundos, enquanto que a actuação do ácido cítrico 5% durante o mesmo tempo já permitira abrir praticamente todos os canalículos.

Esta situação é também confirmada pela comparação dos resultados aos 60 segundos. Com o ácido ortofosfórico todos os canalículos estavam abertos, enquanto que com o ácido cítrico 5% parecia ter sido ultrapassada esta fase, pois começava a perceber-se o fenómeno da precipitação.

Quer o ácido cítrico 5% quer o ácido ortofosfórico, apesar das diferenças entre eles, foram mais eficazes que o EDTA 17% e o ácido poliacrílico, o que também se verificou na preparação manual.

O EDTA 17%, ao fim de 15 segundos, permitiu a exposição de poucos canalículos, tendo o ácido poliacrílico um comportando semelhante ou até inferior.

Com 30 segundos de acção, o EDTA 17% permitiu a abertura de alguns canalículos, mas demonstrou-se incapaz de remover a maior parte da *smear layer* da superfície.

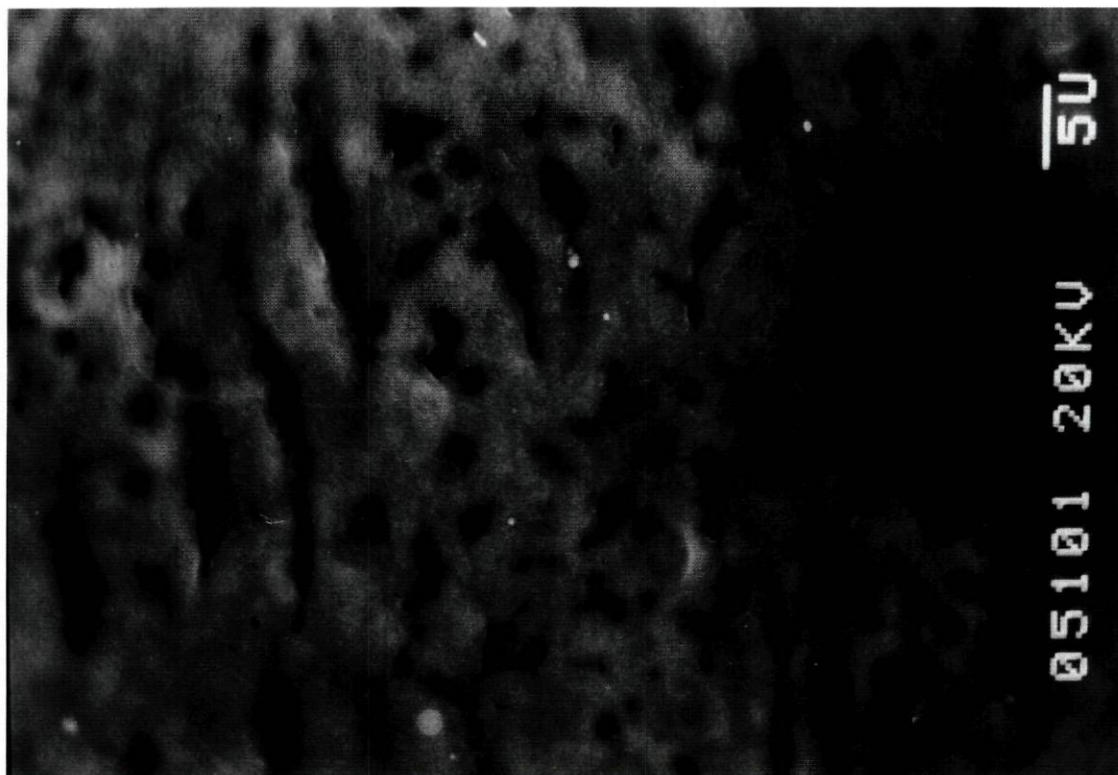
Já o ácido poliacrílico pareceu remover esse manto de *smear layer* permitindo evidenciar os canalículos, mantendo contudo rolhões (*plugs*), sobre o seu local de abertura, aliás muito bem definidos.

Com 60 segundos de acção, ambos (EDTA 17% e ácido poliacrílico) permitiam a exposição canalicular, se bem que nas imagens que observámos fosse patente a existência de alguma (pouca) *smear layer* sobrejacente.

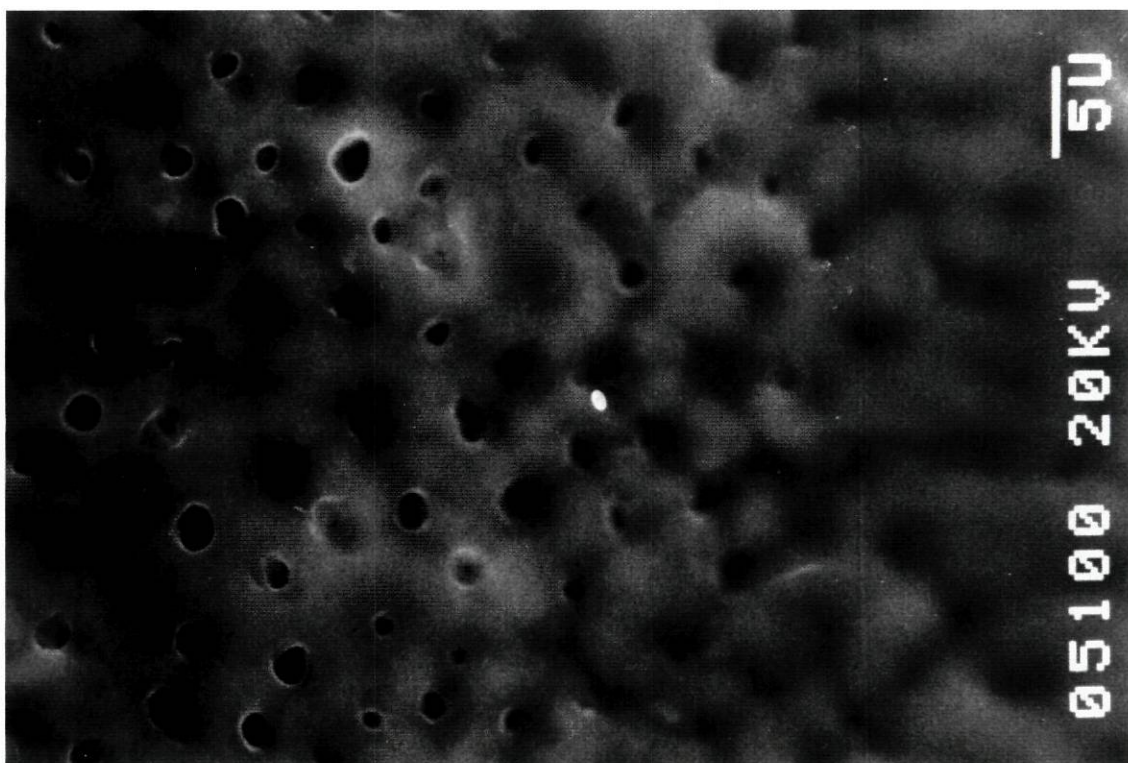
Excederam-se os tempos óptimos de actuação, na expectativa de ser apercebida a altura em que acontece a precipitação para cada uma das substâncias.

No caso do ácido cítrico 5%, após 60 segundos de actuação sobre a parede, verificava-se inequivocamente o fenómeno de precipitação, posto que numa área limitada da superfície (figura 79).

Quando a acção do ácido cítrico 5% se estendia aos 3 minutos, o resultado, registado na figura 89, era o de ocultação da maioria dos canalículos, com a percepção da existência de uma ou outra abertura.



**Figura 89** – Acção do ácido cítrico 5% durante 3 minutos



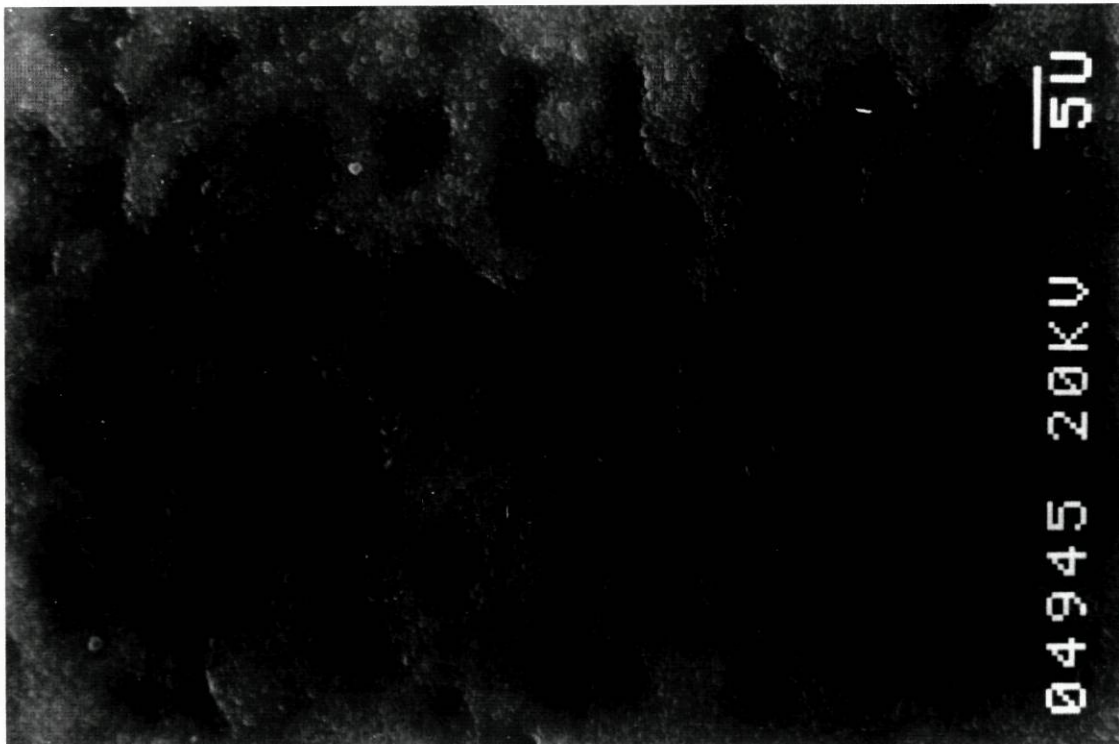
**Figura 90** – Acção do ácido ortofosfórico durante 3 minutos

Esta situação era praticamente idêntica à verificada com o mesmo tempo de actuação, no caso da preparação manual (figura 54).

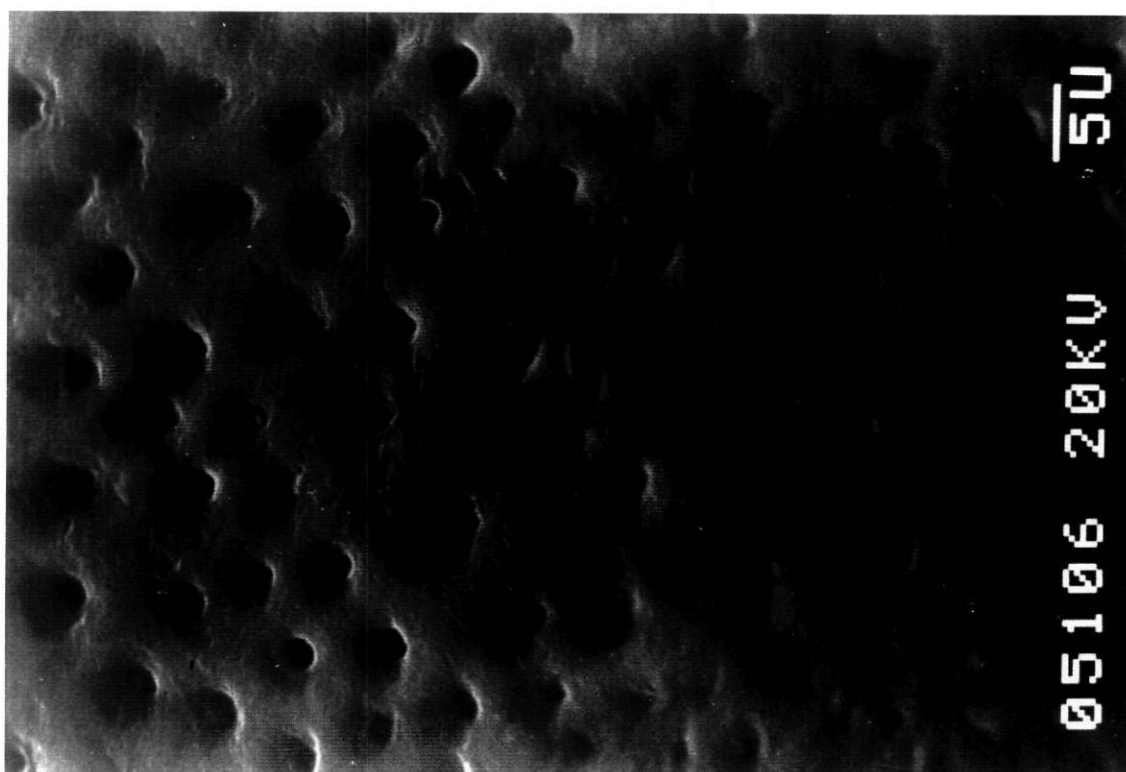
Quando a substância utilizada era o ácido ortofosfórico, podia perceber-se também que o resultado obtido, após os mesmos 3 minutos de acção, era muito semelhante ao que fora alcançado pelo ácido cítrico 5%; existia assim precipitação significativa, embora a evidencia de abertura de canalículos fosse maior que no caso do ácido cítrico 5% (figura 90).

Com o EDTA 17%, o tempo em que o registo da precipitação aconteceu foi de 6 minutos. A figura 91 demonstra este fenómeno de ocultação total das aberturas canaliculares.

Quanto ao ácido poliacrílico, ao fim de 3 minutos de preparação mecanizada (o mesmo tempo que permitia a precipitação na preparação manual), verificou-se a precipitação, se bem que no registo de imagem (figura 92) ainda fossem perceptíveis as aberturas de alguns canalículos.



**Figura 91** – Acção do EDTA 17% durante 6 minutos



**Figura 92** – *Acção do ácido poliacrílico durante 3 minutos*

#### 4.2.4 Aplicação combinada

Os resultados obtidos com os produtos químicos utilizados pela forma e com o recurso às técnicas que já descrevemos deixaram margem à investigação do que aconteceria quando se combinava qualquer um dos ácidos com o EDTA 17%.

Ponderadas as diferenças de eficácia que são atribuíveis às próprias técnicas, procuramos avaliar o resultado obtido na parede do canal dentário quando sobre ele actuavam o ácido cítrico 5% e o EDTA 17%. A decisão de utilizar o ácido cítrico 5% complementado com o EDTA 17% teve a ver com este ácido se ter demonstrado como o mais eficaz da série que testáramos e com o EDTA 17% ter sido o único quelante que ensaiáramos, porque na prática clínica corrente é o mais utilizado em endodontia.

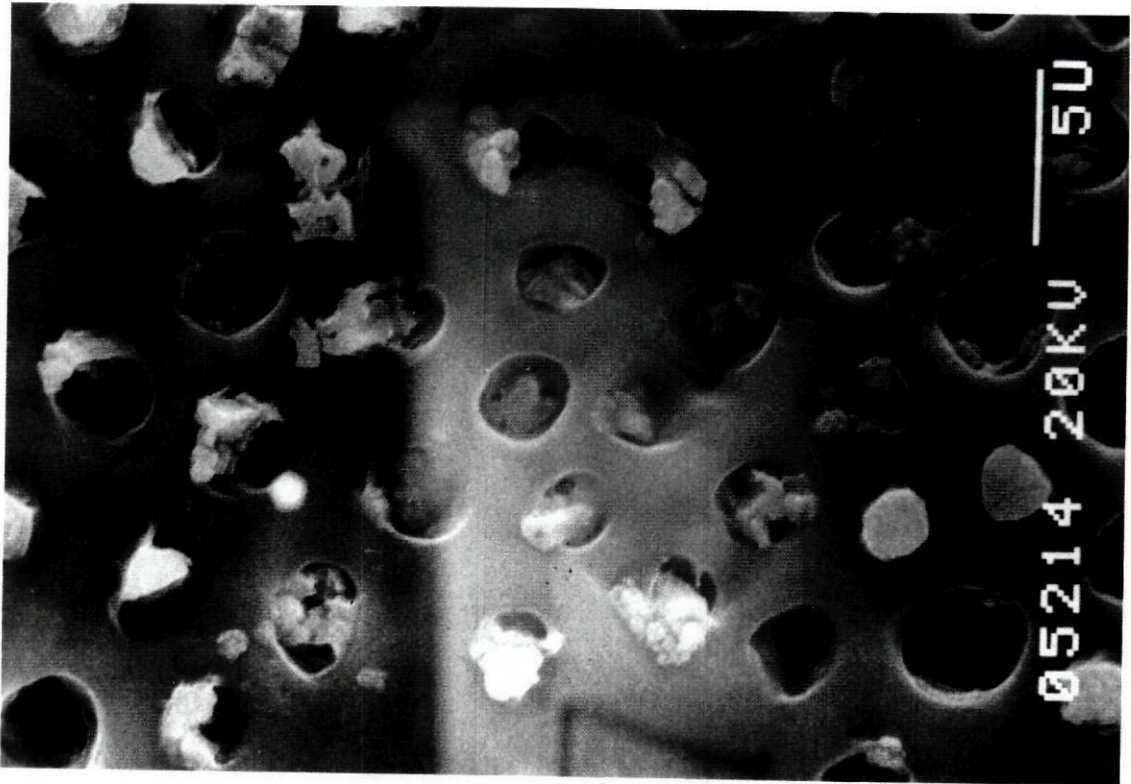
Assim, em canais preparados pela técnica manual, foi estudado o comportamento das duas substâncias, tomando como referência os resultados obtidos por cada uma delas nos tempos padrão.

O primeiro caso ensaiado resultou da aplicação, de ácido cítrico 5% durante 15 segundos, à qual se seguiu a do EDTA 17% durante 60 segundos.

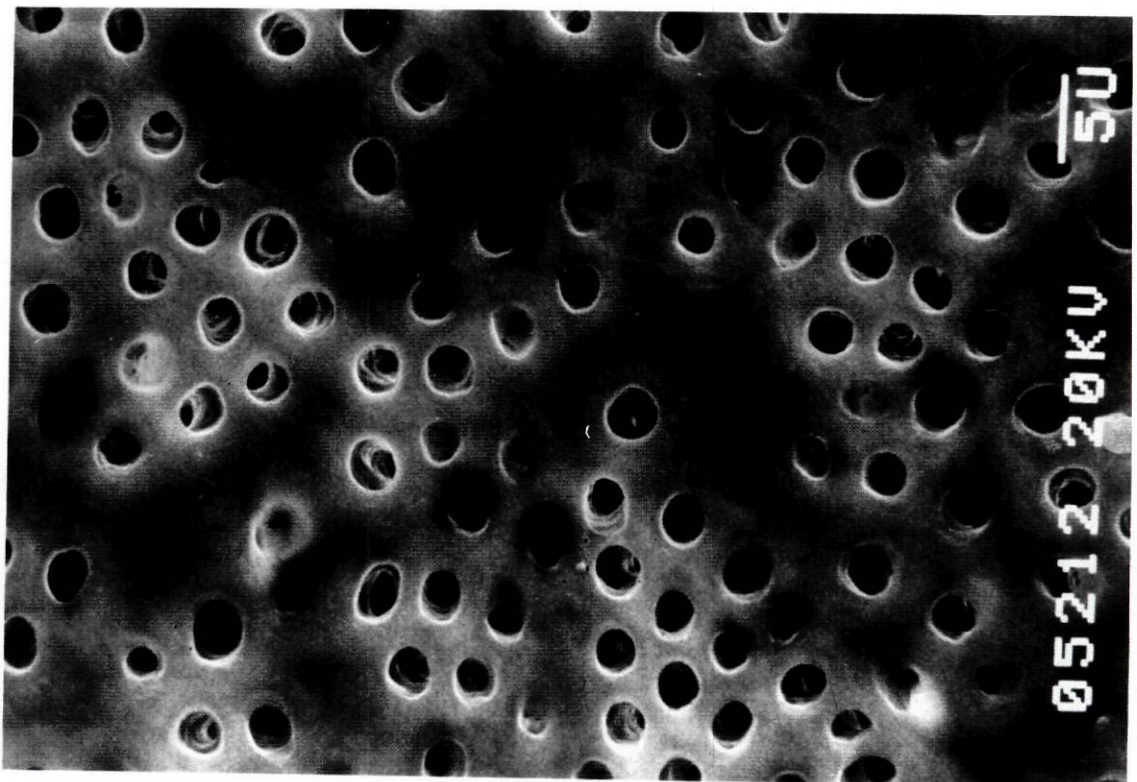
As imagens obtidas permitiram verificar que todos os canalículos presentes estavam definidos, muito embora na sua maioria ainda fosse evidente alguma *smear layer* à entrada (figura 93).

Foram escolhidos estes tempos pois, na preparação manual, o ácido cítrico 5% permitira aos 15 segundos definir as aberturas sem que elas se patenteassem e o mesmo acontecera com o EDTA 17% quando era utilizado durante 60 segundos.

O resultado final foi superior com esta associação, embora mesmo assim, não fosse possível uma total eliminação da *smear layer*.

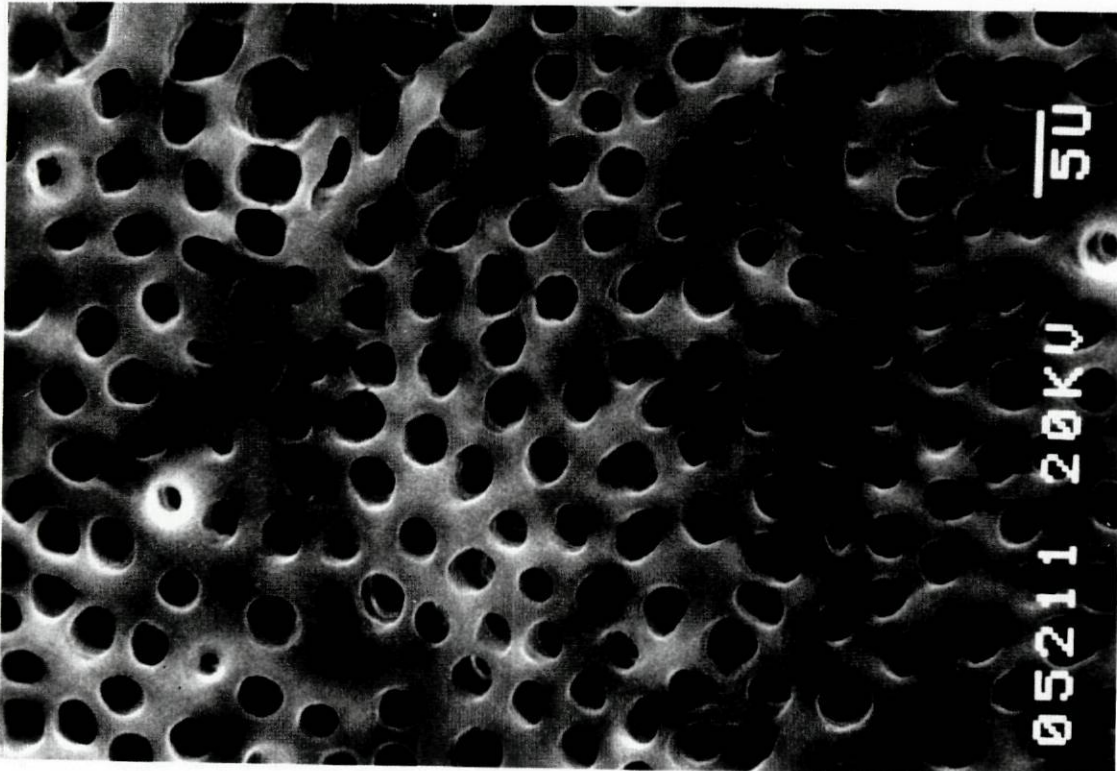


**Figura 93** – Acção combinada do ácido cítrico 5% durante 15 segundos e do EDTA 17% durante 60 segundos



**Figura 94** – Acção do ácido cítrico 5% durante 15 segundos e do EDTA 17% durante 3 minutos

Mantendo o mesmo tempo de acção do ácido cítrico 5% (15 segundos) e aumentando a exposição ao EDTA 17%, percebeu-se que com 3 minutos quase todos os canalículos se encontravam libertos da lama dentinária (figura 94), e com a acção deste último durante 4 minutos essa eliminação era total, resultando numa superfície absolutamente limpa (figura 95).

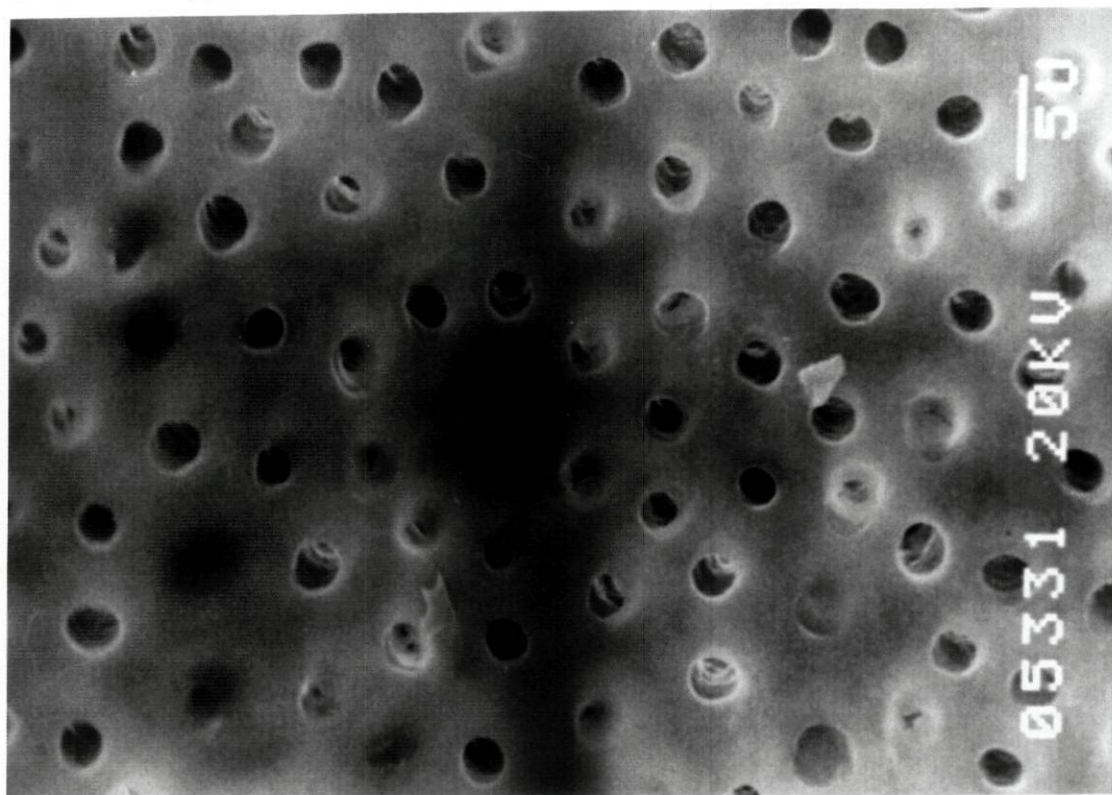


**Figura 95** – Acção do ácido cítrico 5% durante 15 segundos e do EDTA 17% durante 4 minutos

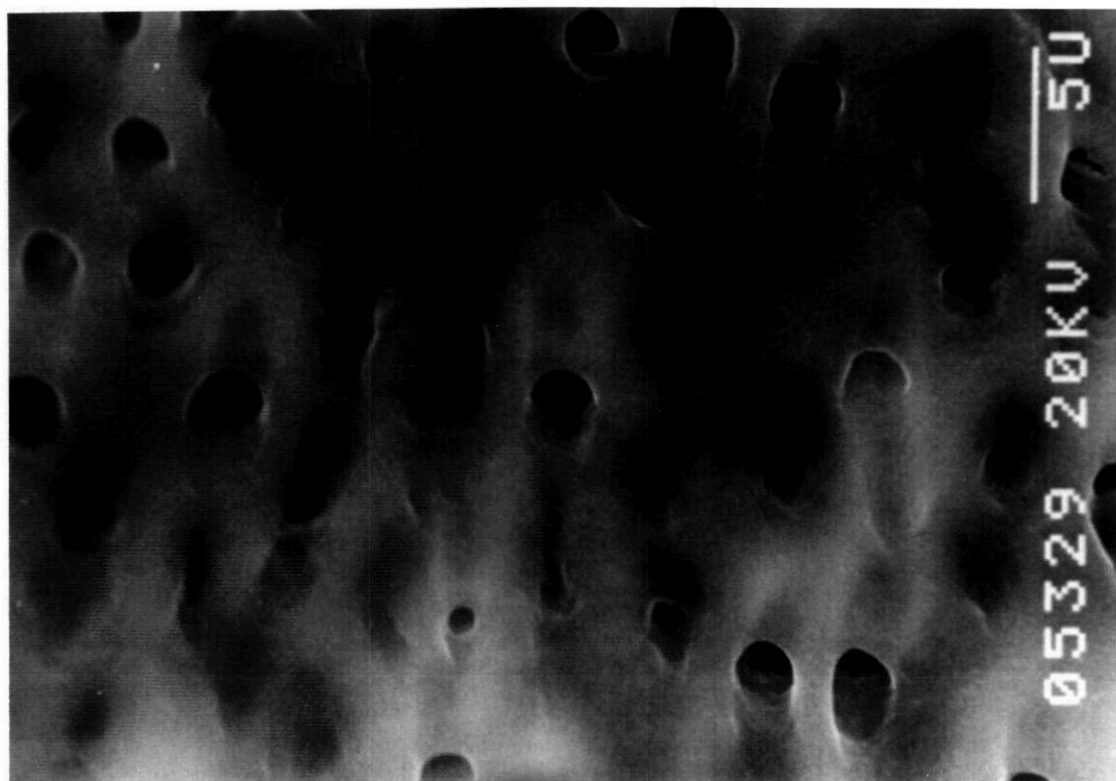
Este resultado pouco diferiu do que fora obtido em preparação manual com acção isolada do EDTA 17% durante 4 minutos em que, como verificáramos na figura 57, a abertura canalicular também era total.

No intuito de verificar os resultados quando se aumentavam e/ou diminuían os tempos de actuação efectuámos outros ensaios que permitiram os resultados que a seguir se expõem.

Com 15 segundos de acção de ácido cítrico 5% e dois minutos de EDTA 17%, o resultado foi próximo do observado na figura 94, muito embora se pudessem contabilizar mais aberturas ainda não totalmente definidas (figura 96).



**Figura 96** – Acção do ácido cítrico 5% durante 15 segundos e do EDTA 17% durante 2 minutos

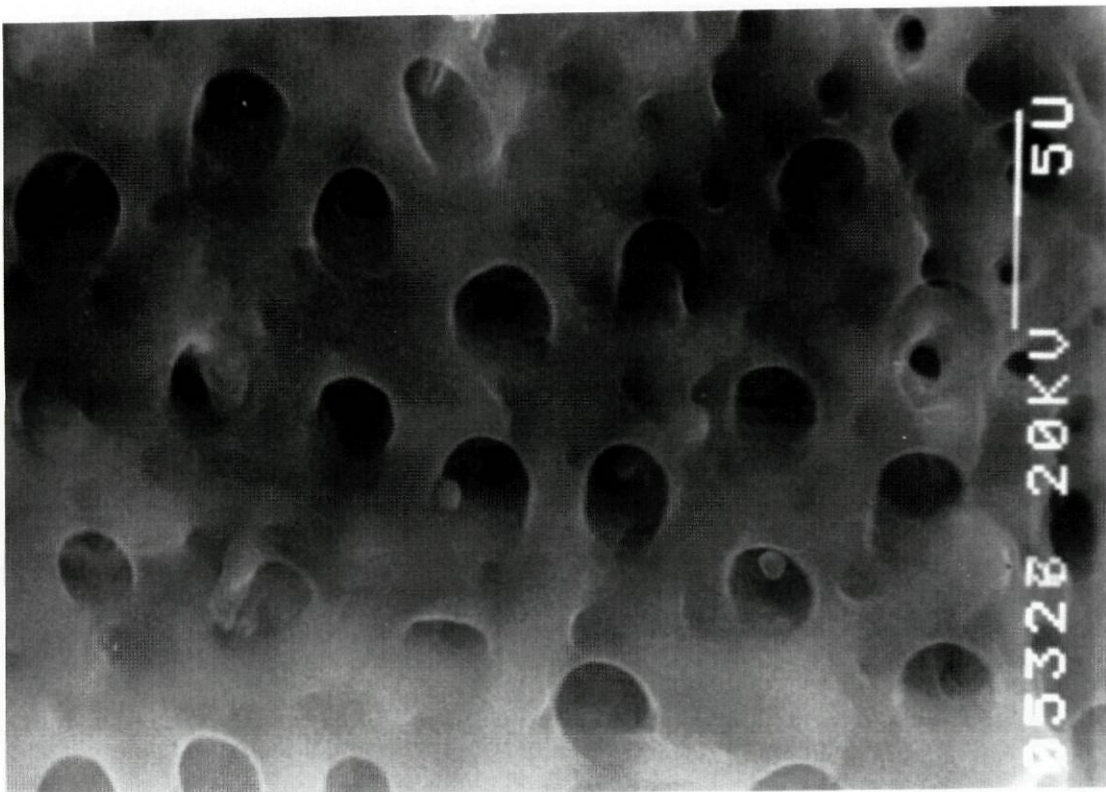


**Figura 97** – Acção do ácido cítrico 5% durante 30 segundos e do EDTA 17% durante 1 minuto

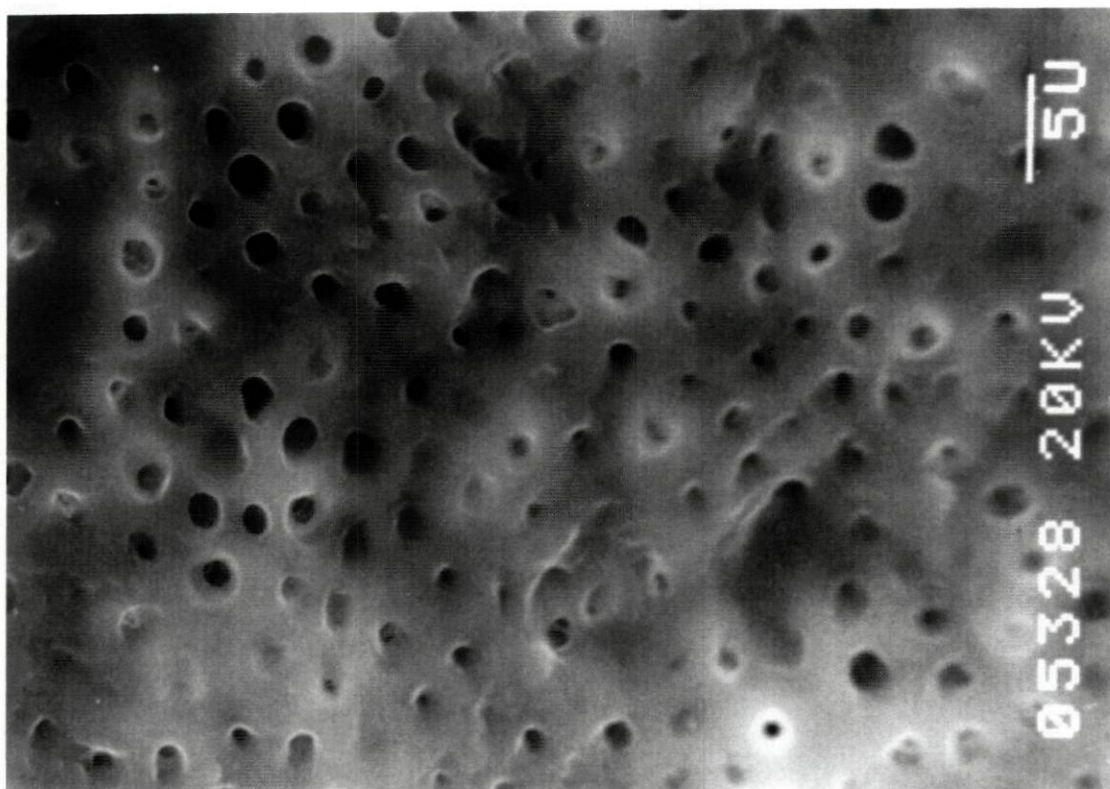
Se o tempo de acção do ácido cítrico 5% fosse aumentado (neste caso para 30 segundos) mantendo-se o do EDTA 17% em 60 segundos, o resultado era o registado nas figuras 97 e 98, onde se percebia já, o fenómeno da precipitação.

Esta evolução tornou-se mais nítida quando o tempo do ácido cítrico 5% foi elevado para os 60 segundos (mantendo o do EDTA 17% também nos 60 segundos), resultando disso uma imagem de precipitação mais acentuada (figura 99).

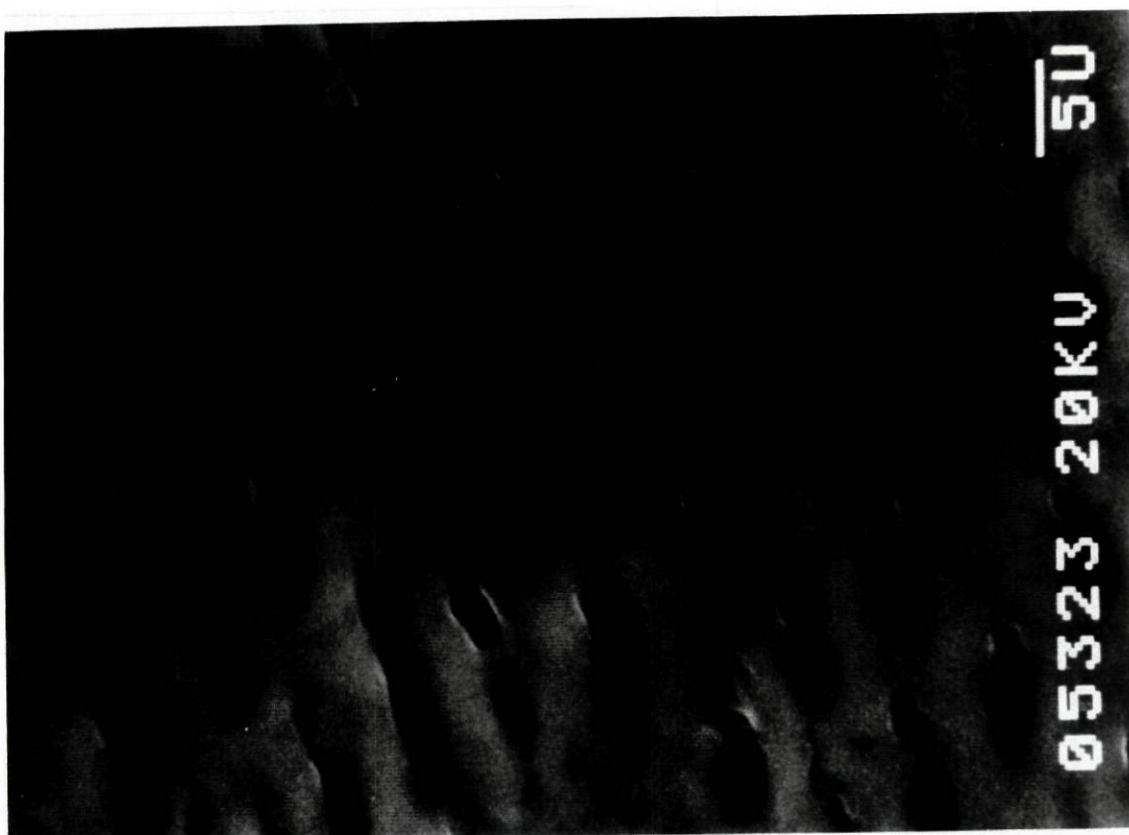
A precipitação aumentava notoriamente com o prolongamento dos tempos e, da conjugação de ácido cítrico 5% durante 30 segundos com o EDTA 17% durante 3 minutos, resultou uma imagem que testemunha a precipitação em quase toda a superfície fotografada (figura 100).



**Figura 98** – Acção do ácido cítrico 5% durante 30 segundos e do EDTA 17% durante 1 minuto



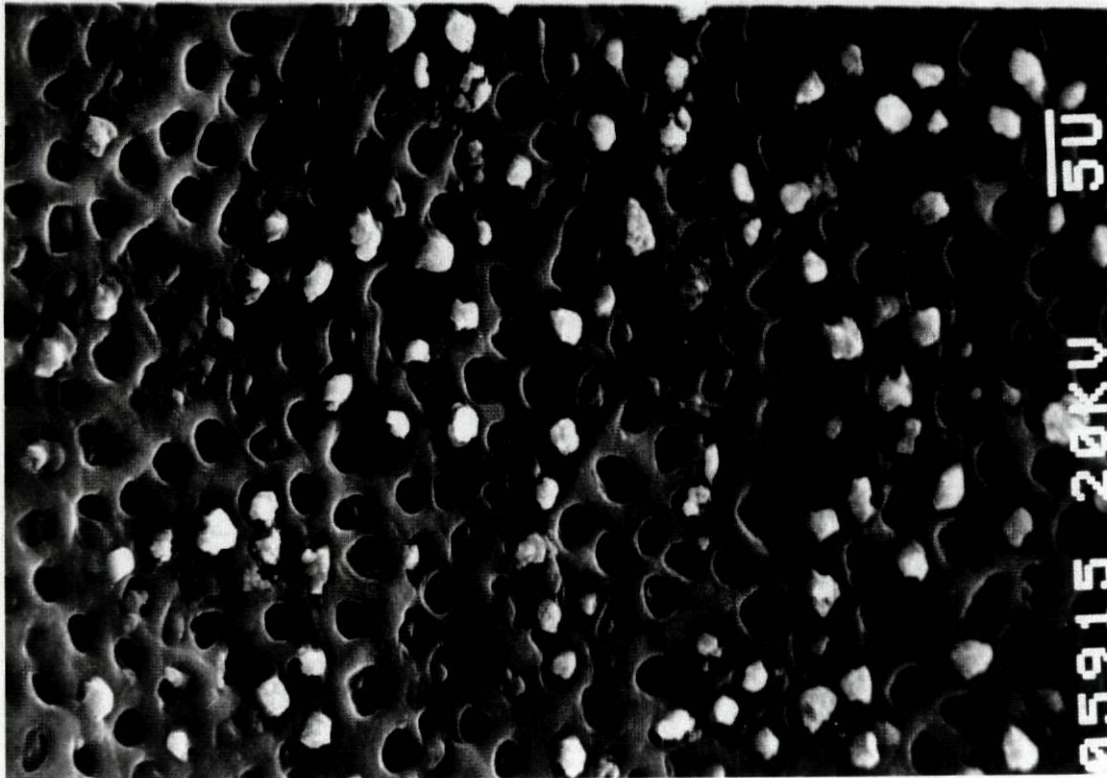
**Figura 99** – Ação do ácido cítrico 5% durante 1 minuto e do EDTA 17% durante 1 minuto



**Figura 100** – Ação do ácido cítrico 5% durante 30 segundos e do EDTA 17% durante 3 minutos

Executámos também ensaios semelhantes com os mesmos produtos (ácido cítrico 5% em conjunto com EDTA 17%), após a preparação ultrasónica.

Com 15 segundos de ácido cítrico 5% e 60 segundos de EDTA 17% a imagem foi muito próxima da obtida com iguais tempos após a preparação manual (ver figura 93), podendo talvez perceber-se uma melhor definição das aberturas. Porém, também neste caso se mantinha em muitos dos canalículos a imagem residual da *smear layer* que inicialmente os ocultara (figura 101).

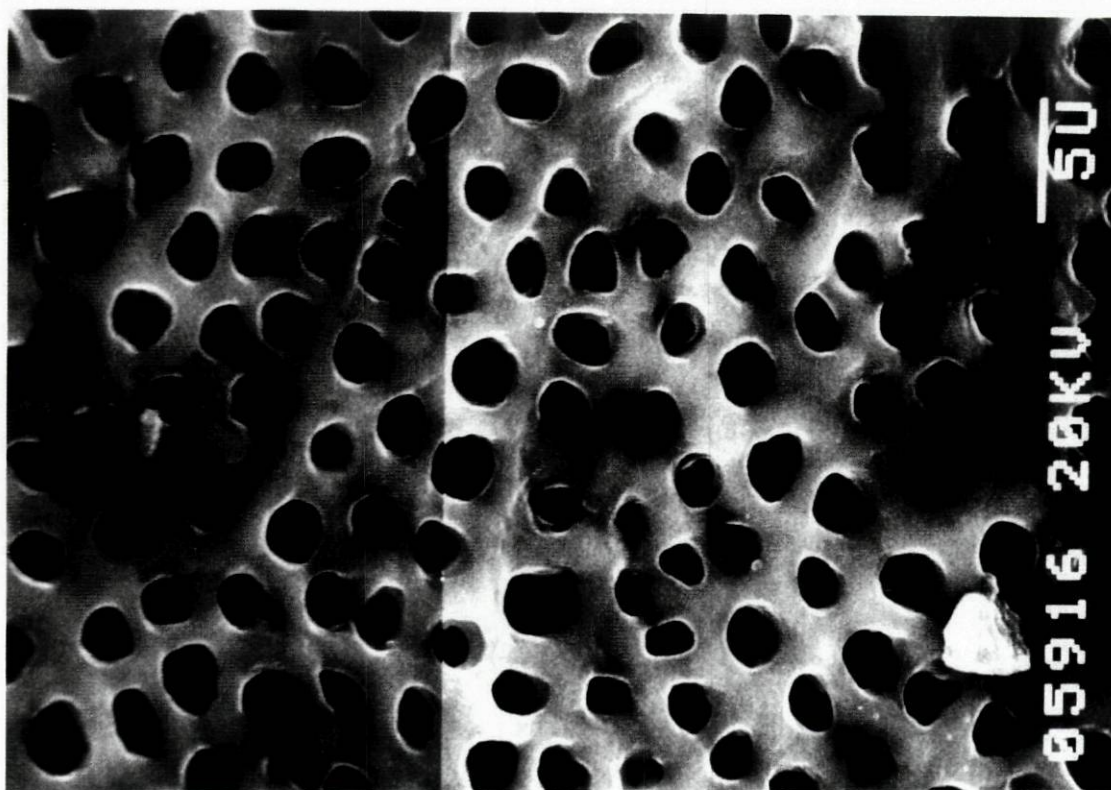


**Figura 101** – Acção combinada do ácido cítrico 5% durante 15 segundos e do EDTA 17% durante 60 segundos

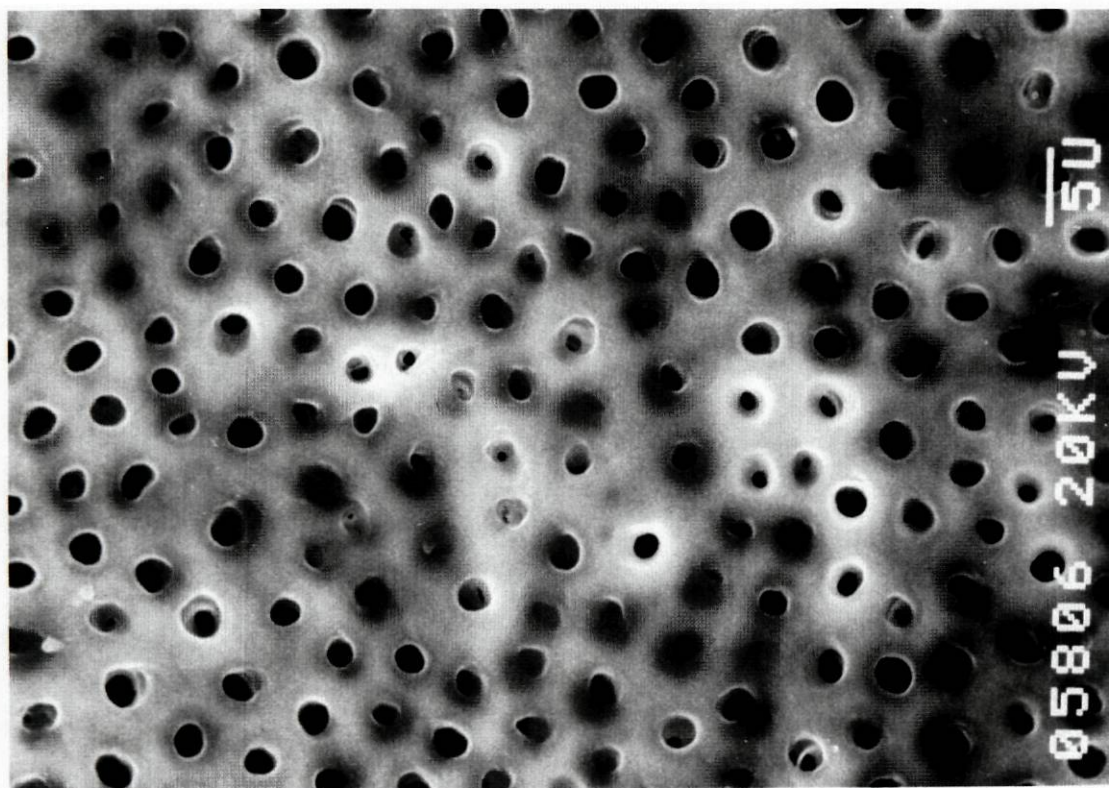
Com 15 segundos de ácido cítrico 5% e 3 minutos de EDTA 17% resultou uma superfície totalmente liberta de resíduos contaminantes (*smear layer*) (figura 102). O aumento do tempo do EDTA 17% para os 4 minutos permitiu, entretanto, verificar já indícios de precipitação, muito embora a maioria dos canalículos mantivessem a sua abertura perfeitamente definida (figura 103).

Na figura 104 verificou-se a precipitação, resultante de 30 segundos de acção de ácido cítrico 5% seguida de 3 minutos de EDTA 17%.

Com recurso à preparação mecânica, verificamos que a acção do ácido cítrico 5% durante 15 segundos e do EDTA 17% durante 60 segundos permitia uma curiosa imagem em que a abertura canalicular estava presente, mas na companhia de alguma *smear layer* residual como que pairando sobre ela (figura 105). Este resultado não foi muito diferente do que obtivéramos com os mesmos tempos na preparação manual e ambos se evidenciaram ligeiramente piores que os homólogos após preparação ultra-sónica.



**Figura 102** – Acção combinada do ácido cítrico 5% durante 15 segundos e do EDTA 17% durante 3 minutos



**Figura 103** – Acção combinada do ácido cítrico 5% durante 15 segundos e do EDTA 17% durante 4 minutos



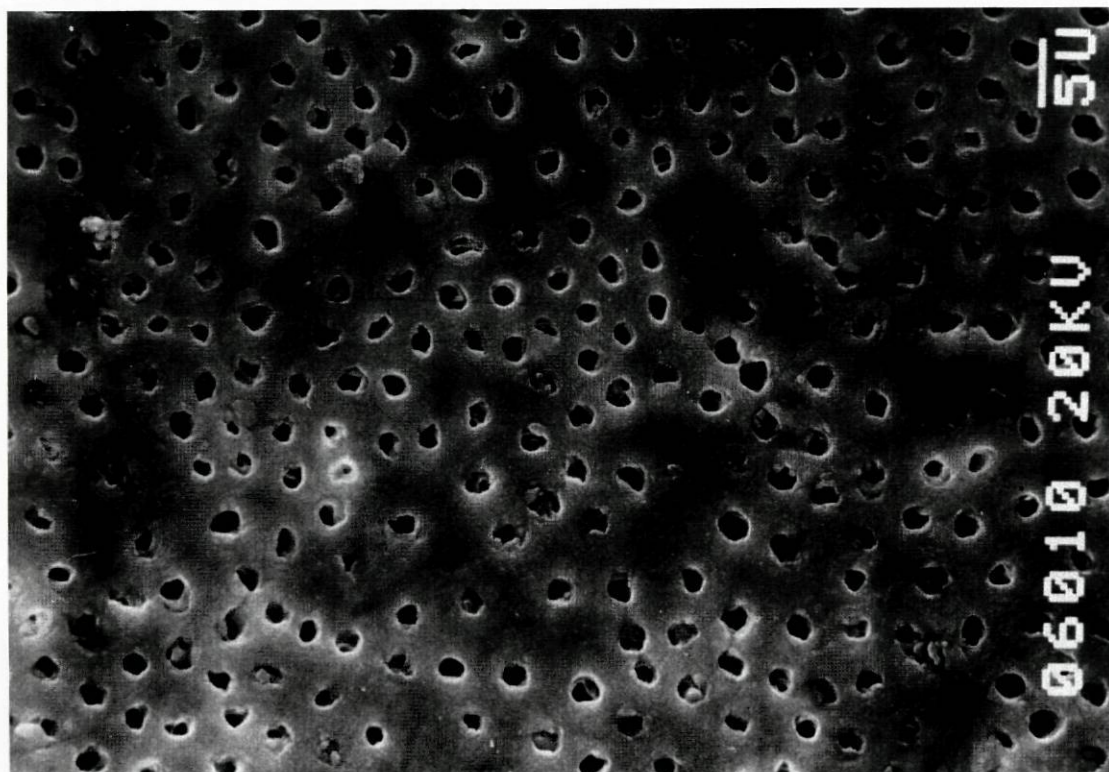
**Figura 104** – Acção combinada do ácido cítrico 5% durante 30 segundos e do EDTA 17% durante 3 minutos



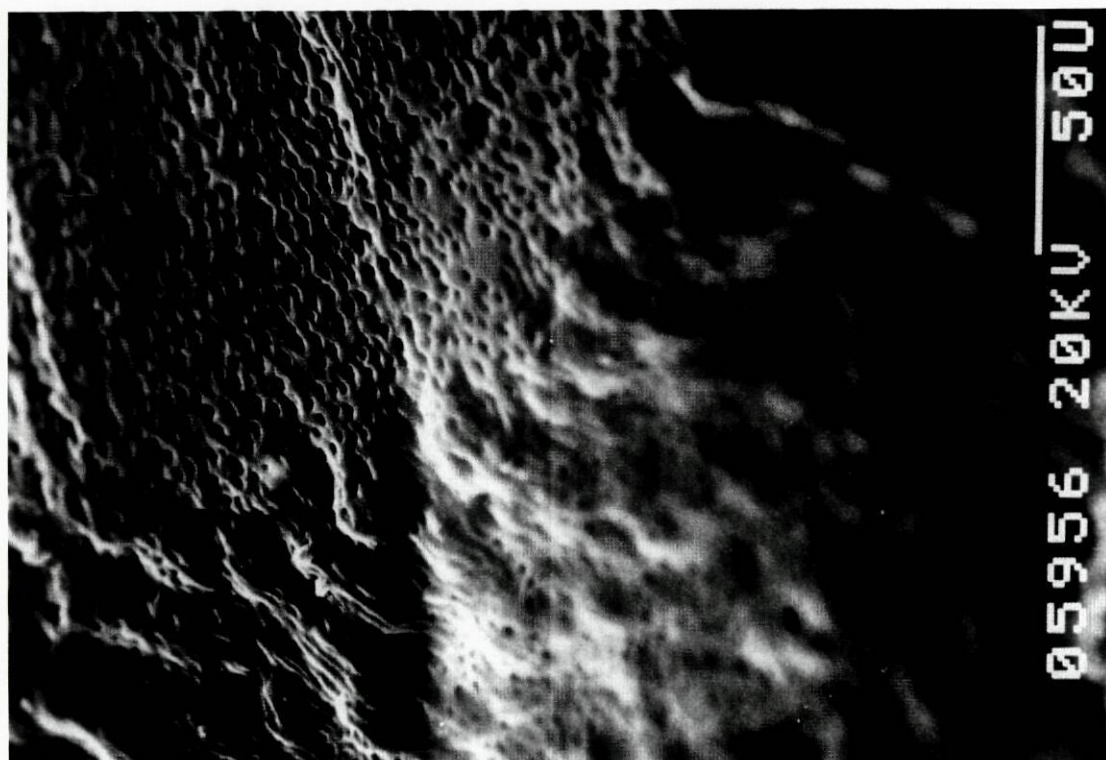
**Figura 105** – Acção combinada do ácido cítrico 5% durante 15 segundos e do EDTA 17% durante 1 minuto

Passando o EDTA 17% para 3 minutos com a manutenção em 15 segundos do ácido cítrico 5%, verificou-se que quase todos os canalículos tinham a sua abertura definida, conquanto que alguns ainda não se encontrassem desobstruídos dos “*plugs*” de *smear layer* (figura 106). Esta imagem era também semelhante à que colhêramos após a preparação manual, com tempos de acção iguais a estes (figura 94).

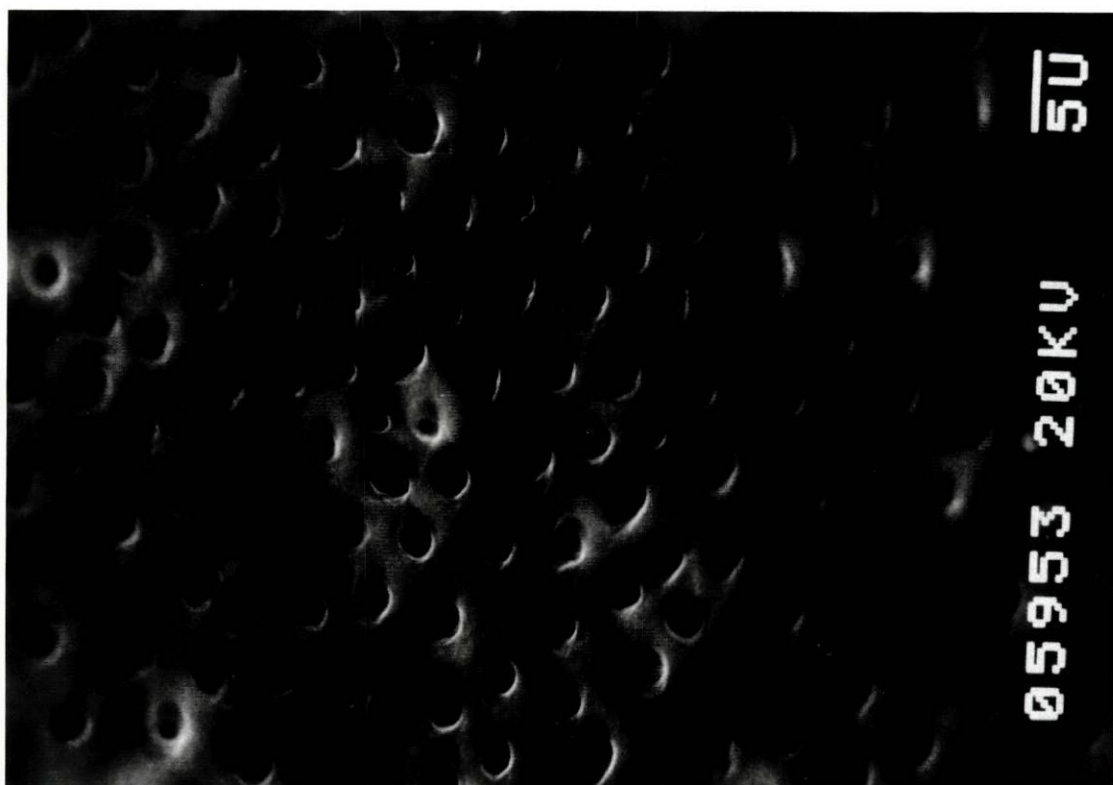
Aumentando também a acção do EDTA 17% para 4 minutos (com a permanência do ácido cítrico 5% nos 15 segundos), (figura 107) percebemos a total abertura dos canalículos, registada no terço superior direito da imagem. Também neste caso a situação é idêntica à que colhêramos, com os mesmos tempos, após a preparação manual (vide figura 95).



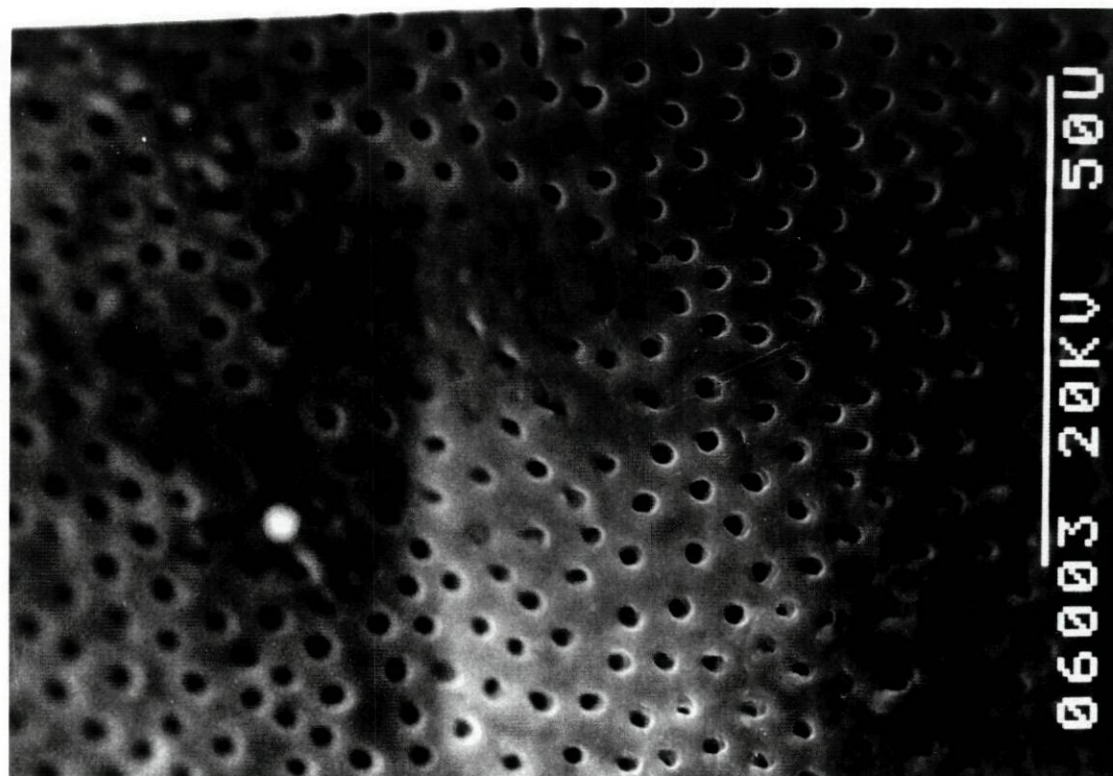
**Figura 106** – Acção combinada do ácido cítrico 5% durante 15 segundos e do EDTA 17% durante 3 minutos



**Figura 107** – Acção combinada do ácido cítrico 5% durante 15 segundos e do EDTA 17% durante 4 minutos



**Figura 108** – *Acção combinada do ácido cítrico 5% durante 30 segundos e do EDTA 17% durante 1 minuto*



**Figura 109** – *Acção combinada do ácido cítrico 5% durante 60 segundos e do EDTA 17% durante outros 60 segundos*

Com 30 segundos de acção do ácido cítrico 5% e a manutenção do EDTA 17% nos 60 segundos, a imagem da precipitação era já marcante (figura 108) e sê-lo-ia ainda mais quando se aumentava o tempo do ácido cítrico 5% para 60 segundos, mantendo igual tempo o EDTA 17% (figura 109).

Esta situação acentuava-se ainda mais quando os tempos de actuação se situavam nos 30 segundos do ácido cítrico 5% e os de EDTA 17% se elevavam aos 3 minutos.

Na preparação ultra-sónica, não se registaram os ensaios com os tempos intermédios de 60 segundos do ácido cítrico 5% e 60 segundos do EDTA 17%, nem de 30 segundos e de 60 segundos das mesmas substâncias e tão pouco dos 15 segundos do ácido cítrico 5% de ácido cítrico 5% e 2 minutos do EDTA 17%.

Na preparação mecânica apenas não foi registado o resultado do tempo de 15 segundos do ácido cítrico 5% e 2 minutos do EDTA 17%.

Em ambas as técnicas as situações evoluíram em paralelo com o que foi registado para a preparação manual.

### 4.3 Quadros de resultados

A análise das fotografias das peças sujeitas ao microscópio electrónico, foi efectuada por três observadores independentes.

#### 4.3.1 Acção de Ácidos e Quelantes

Quadro 1 – Preparação manual

Ácidos e Quelantes Tempo de actuação	Ácido Citrico 5%	EDTA 17%	Ácido Ortofosforico	Ácido Poliacrilico
15 segundos	2	0	1	0
30 segundos	4	2	3	1
60 segundos	P	3	4	4

Legenda:

**0** – Não há canalículos abertos nas imagens das peças observadas.

**1** – Menos de metade dos canalículos que se encontram expostos na imagem estão abertos.

**2** – Metade dos canalículos que se encontram expostos na imagem estão abertos.

**3** – Mais de metade dos canalículos que se encontram expostos na imagem estão abertos.

**4** – Todos os canalículos que se encontram expostos na imagem estão abertos.

**P** – As aberturas dos canalículos que se encontram expostas na imagem passaram a estar ocultas por algo que sobre elas se depositou.

**Quadro 2** – *Preparação ultrasónica*

<b>Ácidos e Quelantes</b> <b>Tempo de Actuação</b>	<b>Ácido Citrico 5%</b>	<b>EDTA 17%</b>	<b>Ácido Ortofosforico</b>	<b>Ácido Poliacrilico</b>
15 segundos	3	0	2	0
30 segundos	4	3	4	3
60 segundos	4	4	4	4

Legenda:

**0** – Não há canalículos abertos nas imagens das peças observadas.

**1** – Menos de metade dos canalículos que se encontram expostos na imagem estão abertos.

**2** – Metade dos canalículos que se encontram expostos na imagem estão abertos.

**3** – Mais de metade dos canalículos que se encontram expostos na imagem estão abertos.

**4** – Todos os canalículos que se encontram expostos na imagem estão abertos.

**P** – As aberturas dos canalículos que se encontram expostas na imagem passaram a estar ocultas por algo que sobre elas se depositou.

**Quadro 3 – Preparação mecânica**

<b>Ácidos e Quelantes</b> <b>Tempo de actuação</b>	<b>Ácido Citrico 5%</b>	<b>EDTA 17%</b>	<b>Ácido Ortofosforico</b>	<b>Ácido Poliacrilico</b>
15 segundos	2	0	1	0
30 segundos	4	1	4	3
60 segundos	P	3	4	4

Legenda:

**0** – Não há canalículos abertos nas imagens das peças observadas.

**1** – Menos de metade dos canalículos que se encontram expostos na imagem estão abertos.

**2** – Metade dos canalículos que se encontram expostos na imagem estão abertos.

**3** – Mais de metade dos canalículos que se encontram expostos na imagem estão abertos.

**4** – Todos os canalículos que se encontram expostos na imagem estão abertos.

**P** – As aberturas dos canaliculos que se encontram expostas na imagem passaram a estar ocultadas por algo que sobre elas se depositou.

#### 4.3.2 Processo de Precipitação

**Quadro 4 – Preparação manual**

<b>Ácidos e Quelantes</b> <b>Tempo de actuação</b>	<b>Ácido Citrico 5%</b>	<b>EDTA 17%</b>	<b>Ácido Ortofosforico</b>	<b>Ácido Poliacrilico</b>
Tempo de início da precipitação	1 min	6 min	2 min	3 min
Tempo de precipitação total	3 min (cristais)	7 min	4 min	4 min

**Quadro 5 – Preparação ultrasónica**

<b>Ácidos e Quelantes</b> <b>Tempo de actuação</b>	<b>Ácido Citrico 5%</b>	<b>EDTA 17%</b>	<b>Ácido Ortofosforico</b>	<b>Ácido Poliacrilico</b>
Tempo de início da precipitação	1 min (+)	4 min (+)	2 min	3 min (-)
Tempo de precipitação total	2 min	5 min	2 min (+)	3 min

**Quadro 6 – Preparação mecânica**

Tempo de Actuação	Ácidos e Quelantes			
	Ácido Cítrico 5%	EDTA 17%	Ácido Ortofosforico	Ácido Poliacrilico
Tempo de início da precipitação	1 min	6 min	2 min	3 min (-)
Tempo de precipitação total	3 min	7 min	4 min	4 min

#### 4.3.3 Acção Combinada de Ácido Cítrico 5% + EDTA 17%

Quadro 7 – Preparação manual

Resultados	Tempos	
	Ácido Cítrico 5%	EDTA 17%
2	15 segundos	1 minuto
3	15 segundos	3 minutos
4	15 segundos	4 minutos
P (início)	30 segundos	1 minuto
P (+)	1 minuto	1 minuto
P	30 segundos	3 minutos

Legenda:

0 – Não há canalículos abertos nas imagens das peças observadas.

1 – Menos de metade dos canalículos que se encontram expostos na imagem estão abertos.

2 – Metade dos canalículos que se encontram expostos na imagem estão abertos.

**3** – Mais de metade dos canalículos que se encontram expostos na imagem estão abertos.

**4** – Todos os canalículos que se encontram expostos na imagem estão abertos.

**P** – As aberturas dos canalículos que se encontram expostas na imagem passaram a estar ocultas por algo que sobre elas se depositou.

**Quadro 8** – *Preparação ultrasónica*

<b>Resultados</b>	<b>Tempos</b>	
	<b>Ácido Cítrico 5%</b>	<b>EDTA 17%</b>
<b>3</b>	15 segundos	1 minuto
<b>4</b>	15 segundos	3 minutos
<b>P (início)</b>	15 segundos	4 minutos
<b>não registada</b>	30 segundos	1 minuto
<b>não registada</b>	1 minuto	1 minuto
<b>P</b>	30 segundos	3 minutos

Legenda:

**0** – Não há canalículos abertos nas imagens das peças observadas.

**1** – Menos de metade dos canalículos que se encontram expostos na imagem estão abertos.

**2** – Metade dos canalículos que se encontram expostos na imagem estão abertos.

**3** – Mais de metade dos canalículos que se encontram expostos na imagem estão abertos.

**4** – Todos os canalículos que se encontram expostos na imagem estão abertos.

**P** – As aberturas dos canalículos que se encontram expostas na imagem passaram a estar ocultas por algo que sobre elas se depositou.

Quadro 9 – Preparação mecânica

Resultados	Tempos	
	Ácido Cítrico 5%	EDTA 17%
1	15 segundos	1 minuto
3	15 segundos	3 minutos
4	15 segundos	4 minutos
P (início)	30 segundos	1 minuto
P (-)	1 minuto	1 minuto
P	30 segundos	3 minutos

Legenda:

**0** – Não há canalículos abertos nas imagens das peças observadas.

**1** – Menos de metade dos canalículos que se encontram expostos na imagem estão abertos.

**2** – Metade dos canalículos que se encontram expostos na imagem estão abertos.

**3** – Mais de metade dos canalículos que se encontram expostos na imagem estão abertos.

**4** – Todos os canalículos que se encontram expostos na imagem estão abertos.

**P** – As aberturas dos canalículos que se encontram expostas na imagem passaram a estar ocultas por algo que sobre elas se depositou.

## 5 Discussão

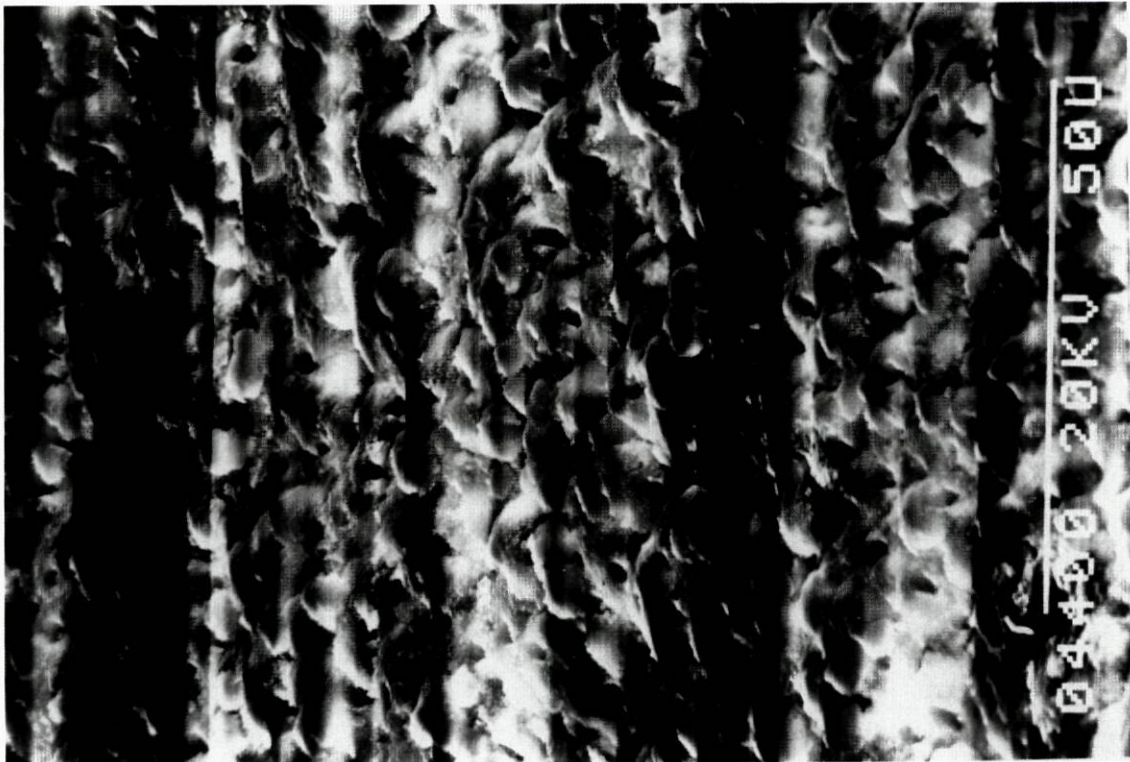
Desde 1953, após a II Convenção Internacional de Endodontia, estabeleceu-se o conceito de “preparação biomecânica” como definição do acto operatório realizado com instrumentos e soluções químicas que permitissem alargar, limpar e desinfectar os canais radiculares. Só em 1963, porém, se viria a despertar a atenção para a *smear layer*, consequência inevitável desse acto, quando Boyde, Switsur e Stewart a observaram em microscopia electrónica de varrimento, tendo cabido a sua caracterização definitiva a Eick e colaboradores em 1970, e a definição do seu papel na preparação endodôntica a McComb e Smith, em 1975 (citados por G. Cantatore *et al*, 1996).

A *smear layer* ou barro dentinário é de facto uma consequência inevitável da preparação dos canais dentários, independentemente do método, da técnica de tratamento (M Czonstkowsky *et al*, 1990; D Drake *et al*, 1994) e dos instrumentos utilizados (nomeadamente limas Kerr, Hedström, alargadores, etc.), o que é provado pela sua inexistência nas zonas não instrumentadas (C Luque *et al*, 1992). A *smear layer* é um agente de obstrução dos canalículos dentinários, com uma espessura avaliada em 1 ou 2 micra e sem uma profundidade de penetração tubular bem definida (C Mader, 1984; L Goldman *et al*, 1985; C Koçkapan, 1987; D Pashley, 1990; C Luque *et al*, 1992). Todavia, há autores que citam valores de até 10 micra ou mesmo 40 micra (C Mader,

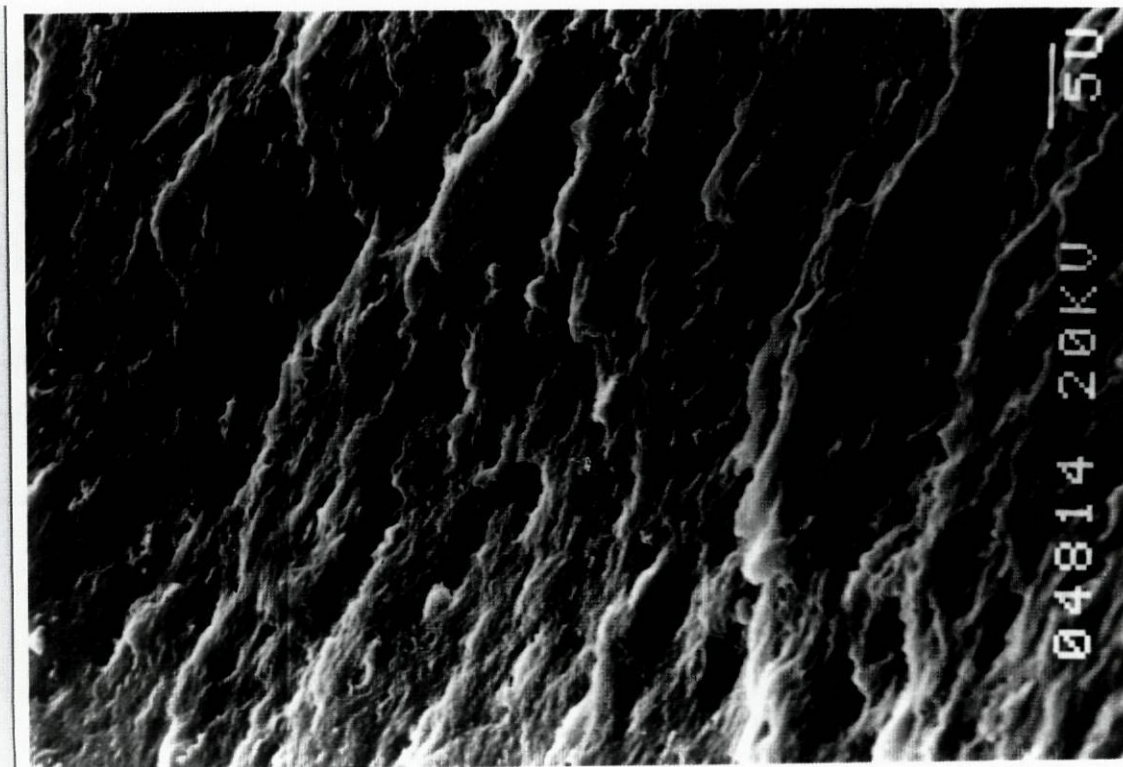
1984; C Luque *et al*, 1992). Luque (C Luque *et al*, 1992) e Cameron (J Cameron, 1983) distinguem na *smear layer* duas camadas, uma superficial muito aderente à dentina e outra profunda, introduzindo-se no interior dos túbulos dentinários, obliterando-os.

Embora de início, tida com tal, a *smear layer* não representa necessariamente um inconveniente absoluto: se bem que por um lado, enquanto isolador não asséptico entre o canal principal e os canalículos possa deixar santuários bacterianos sempre que estes últimos fiquem cegos, por outro protegerá o canal principal das infecções periodontais potencialmente trazidas por canalículos de trajecto completo, entre o canal e o periodonto (Drake *et al*, 1994).

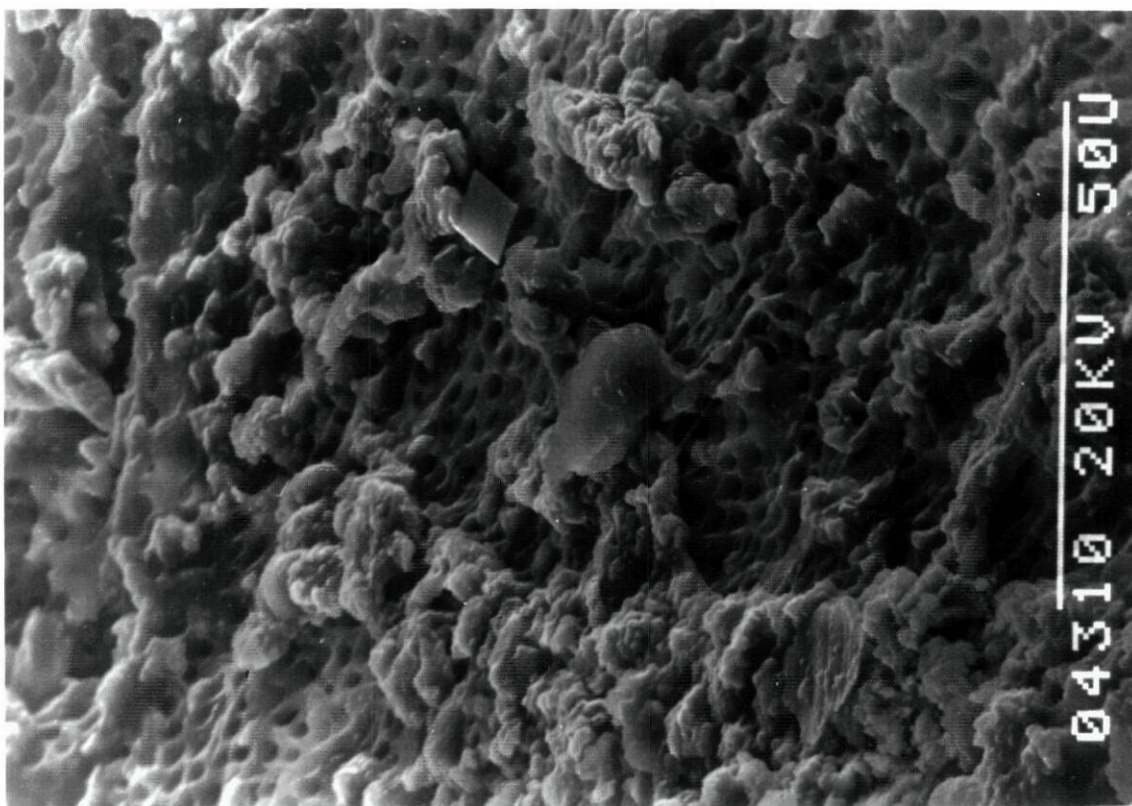
Assim, ao abordar a problemática que resulta da manutenção ou não da camada de resíduos que recobrem as paredes de um canal após a preparação biomecânica, muitos autores referem-se ao benefício da *smear layer* como agente bloqueador dos túbulos dentinários à penetração bacteriana e de fluidos, fruto da alteração da permeabilidade dentinária (Drake *et al*, 1994). Os remanescentes de bactérias nos túbulos dentinários, após a total preparação do canal, ficam retidos ou selados no seu interior pela *smear layer* e pelos materiais usuais de obturação (Drake *et al*, 1994). Em observação feita com o microscópio electrónico, a imagem da *smear layer* é plana, por vezes fissurada, fazendo lembrar um reboco grosseiro de uma parede, o que justifica a grande dificuldade em a caracterizar (D Pashley, 1984; S Gonzalez-Lopez *et al*, 1991) (figuras 110, 111, 112 e 113).



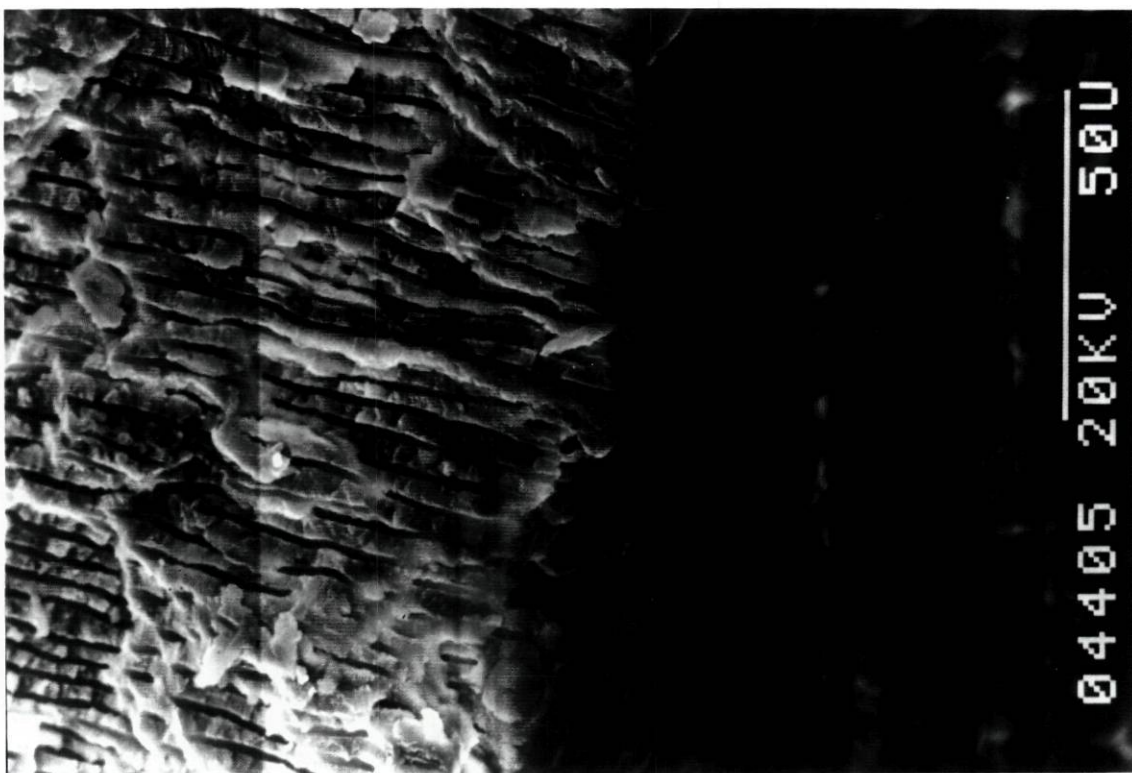
**Figura 110** – Imagem da smear layer após, a instrumentação



**Figura 111** – Imagem da smear layer após, a instrumentação



**Figura 112** – Imagem da smear layer após a instrumentação



**Figura 113** – Imagem da smear layer após a instrumentação

Em qualquer acção em que esteja presente um acto de fricção, seja ele mecânico ou não, existe sempre a produção de detritos. Os actos de limagem e de desbridamento, efectuados com instrumentos cortantes, implicam necessariamente esta consequência física (P Bernabé e R Holland, 2002; C Serafino *et al*, 2004).

Usados sob o controlo directo da mão humana ou transformados e montados em aparelhos mais ou menos sofisticados, os pequenos instrumentos cortantes de que os profissionais de saúde oral se valem para executar os tratamentos endodônticos usuais produzem sempre detritos ou raspas que vão sendo removidos do interior dos canais, mas que também nele se alojam nas formas que conhecemos.

Sempre nos interessou tentar perceber a fisiopatologia da *smear layer* e, sobretudo, partir para uma solução que permitisse remover mais detritos sem alterar o objectivo principal da endodontia, que é criar condições para perpetuar no interior do canal a assepsia necessária e assim prevenir ou resolver a infecção e inflamação da região apical.

Revimos assim o que se tem publicado sobre as diferentes técnicas de endodontia, no que respeita à persistência de maior ou menor quantidade de *smear layer*.

Em 1989, K. Balos verificou que se aplicasse ácido cítrico e ácido fosfórico sobre a superfície das paredes do canal podia eliminar *smear layer*, e que o aumento do tempo de acção do ácido fosfórico produzia um aumento das irregularidades das ditas paredes (K Balos *et al*, 1989).

Vários autores trabalhando independentemente verificaram que o EDTA, alternando com o hipoclorito de sódio na irrigação dos canais dentários, era capaz de remover a *smear layer* (J Baumgartner e C Mader, 1987; R Yamada *et al*, 1983; T Gengiz *et al*, 1990; R Di Leonarda *et al*, 2000).

Uma descoberta que protagonizámos e que nos parece interessante foi a de que a aplicação demasiado prolongada de cada um dos produtos químicos utilizados se traduziu por uma precipitação posterior de um outro material, sobrepondo-se e substituindo a *smear layer* original. É discutível se este material, eventualmente estéril, pode ser ou não desejável, se

considerarmos a referida acção positiva da *smear layer*. Poderá eventualmente vir a demonstrar-se um complemento à obturação dos canais pelos métodos usuais.

Haverá porém que ter em conta a opinião de Calt ao considerar que uma aplicação demasiado prolongada de EDTA (10 minutos) causa erosão peritubular e intratubular excessivas. Por isso, nas conclusões do seu trabalho, não recomenda a utilização de EDTA para além de 1 minuto no decurso de todo o tratamento (S Calt e A Super, 2002).

São frequentes na bibliografia os trabalhos de comparação entre a eficácia de diversos métodos de preparação endodôntica, visando apenas a optimização da simplicidade mecânica.

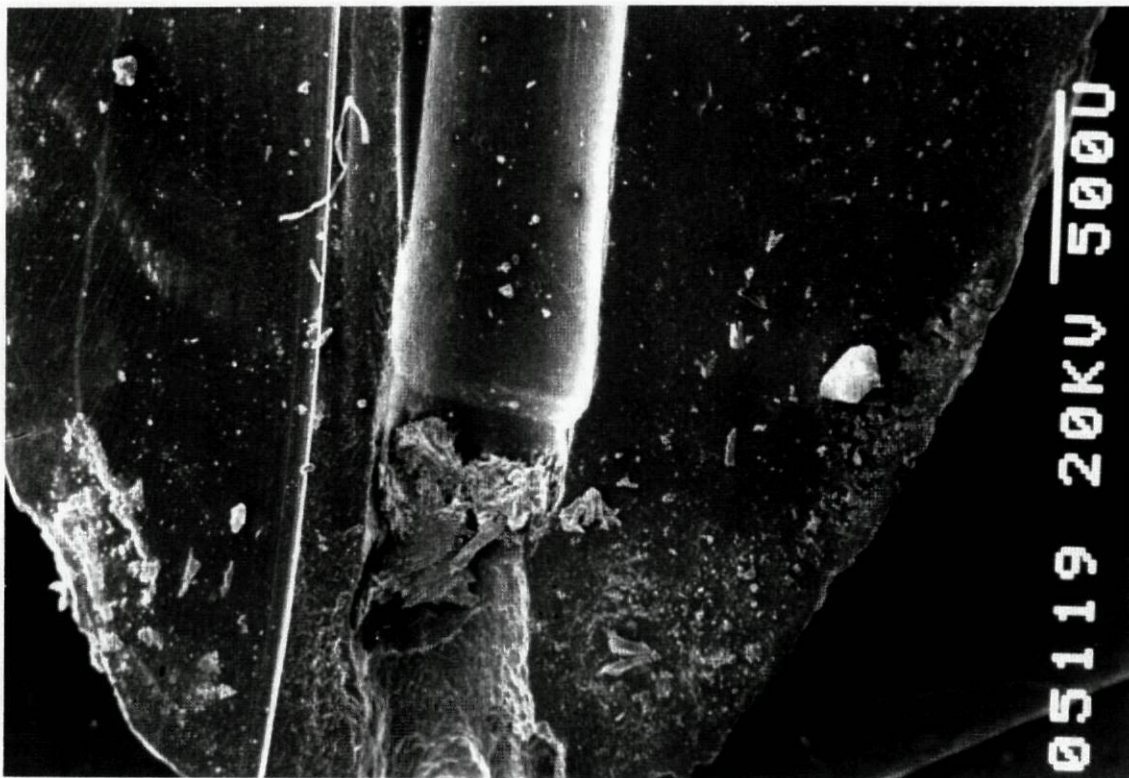
Além da instrumentação manual com as limas, que está na base da endodontia, e independentemente das variações do material que as constitui, cada vez mais se usam aparelhos de preparação mecânica aperfeiçoando a sua acção e aparelhos ultra-sónicos, complementando-a. Parece lógico esperar-se, face à vastíssima oferta do mercado actual, que a maior evolução tecnológica venha a incidir nestes últimos métodos não manuais.

De qualquer forma, a nossa discussão incidirá sobre a capacidade de remoção da *smear layer* segundo as diferentes técnicas.

Como se verifica ao longo da descrição de todo o nosso trabalho, a discussão da validade ou não da manutenção da *smear layer* foi uma constante (R Di Learda *et al*, 2000; H Moss *et al*, 2001; F Cobankara *et al*, 2002; A Kokkas, 2004). Por um lado, a sua remoção fora considerada como um passo importante de endodontia e, desde 1979, autores como Robert Holland, afirmaram que a remoção da *smear layer* era a mais importante fase de todo o processo de apexificação de dentes imaturos (R Holland *et al*, 1979; W Kennedy *et al*, 1986; M Czonstkowsky *et al*, 1990; R Walton, 1992). Adicionalmente e de modo mais específico, autores como Pethschelt reforçaram a importância da sua eliminação quando, após a sua remoção experimental, verificaram uma maior penetração ulterior de determinados

corantes até uma distância de 100 micra a partir do canal dentário, inferindo assim que os cimentos utilizados para selamento dos canais se poderiam insinuar igualmente nos canalículos, melhorando a respectiva obturação (A Petschelt *et al*, 1989; A Kokkas, 2004). Mesmo após a obturação do canal, a remoção prévia de *smear layer* permitiria, segundo outros autores, um selamento definitivo mais eficaz, sobretudo na região apical do canal onde a infiltração de agentes infecciosos é mais crítica (M Cergneux *et al*, 1987; S Timpawat *et al*, 2001; M Lucena *et al*, 2002; F Kont Cobankara *et al*, 2004).

Assim, não é de estranhar que Paul e Lovdahl, em 1990, atribuísem à deposição de *smear layer* na região apical dos canais dentários uma das principais causas dos insucessos endodônticos (figura 114), o que seria reforçado em 2001 por S. Timpawat *et al*.



**Figura 114** – Deposição de *smear layer* na região apical dos canais dentários

Gustavo de Deus e colaboradores, em 2002, compararam a capacidade de penetração canalicular de quatro cimentos endodônticos. Este ensaio foi realizado em preparações efectuadas em canais radiculares cujas paredes tinham sido desprovidas de *smear layer* com recurso à irrigação com EDTA,

actuando durante 3 minutos, por comparação com outras tantas preparações em que os materiais obturadores eram os mesmos mas onde permanecia a *smear layer*. Verificou que neste último caso não havia penetração canalicular de nenhum dos cimentos. Pelo contrário, nos canais cuja parede estava desprovida de *smear layer* a penetração canalicular existia em todos os casos, variando em grau consoante as características de cada um dos diferentes cimentos (B Aktener *et al*, 1989; V Kouvas *et al*, 1998; S Sevimay e D Dalat, 2003; F Souza *et al*, 2005).

C. Deborah e colaboradores, em 2003, compararam a permeabilidade a diferentes tipos de bactérias em canais obturados, com ou sem remoção prévia da *smear layer* (M Gunday e S Ibak, 1990). Tal como B Gettleman e colaboradores verificaram em 1991, nos casos em que a *smear layer* havia sido removida com recurso à irrigação com EDTA, a infiltração bacteriana era substancialmente reduzida através de todo o sistema de canais radiculares. A autora chamou contudo à atenção para a possibilidade de este comportamento se poder inverter ulteriormente, pois o seu trabalho de verificação experimental estendeu-se apenas por um período de 60 dias. Por outro lado, numa experiência efectuada *in vitro*, S. Winonechit concluiu que em canais obturados com guta-percha e cimento AH26 não havia diferenças significativas na permeabilidade da região coronal, quando se comparavam casos em que a *smear layer* tinha sido eliminada, com outros em que ela se mantinha intacta (S Winonechit *et al*, 2002).

Outros autores, contudo, revelam-se mais prudentes, considerando que a permeabilidade da dentina aos microorganismos é um fenómeno biológico complexo e exigindo ainda estudos profundos em investigações ulteriores (P Sourai, 1989; N Economides *et al*, 1999). As reservas quanto à relevância da remoção da *smear layer* podem ainda aumentar quando se transpõem os resultados de estudos *in vitro* para situações *in vivo*, tendo Funda-Kont, após um trabalho *in vitro* em que concluiu que a remoção da *smear layer* reduzia significativamente a infiltração entre a parede do canal e os materiais obturadores quer no terço apical quer no terço coronal do dente, manifestando reservas sobre que tal fosse reprodutível *in vivo* (Funda-Kont *et al*, 2004).

A biologia da *smear layer* está intimamente ligada à sua composição e, inerentemente, ao método de instrumentação utilizado. P. Bernabé e R. Holland, em 2002, demonstraram que os restos, fragmentos e partículas abrasivas dos instrumentos rotativos e óleos provenientes dos aparelhos de instrumentação de alta ou baixa rotação, se incorporam na *smear layer*. Assim, uma nova composição, mais complexa, estaria na origem de algum acréscimo no risco de insucesso da reparação da região dento alveolar apical dos dentes sujeitos a apicectomia. Neste trabalho, os autores sugerem a remoção desta *smear layer* depositada na superfície de corte da apicectomia com EDTA trissódico durante 3 minutos ou, em alternativa com ácido cítrico a 50% durante 2 minutos. A partir deste trabalho *in vivo* atribuíram, curiosamente, uma pequena vantagem do EDTA em relação ao ácido cítrico, pelo menos no contexto dos tempos de actuação que utilizaram.

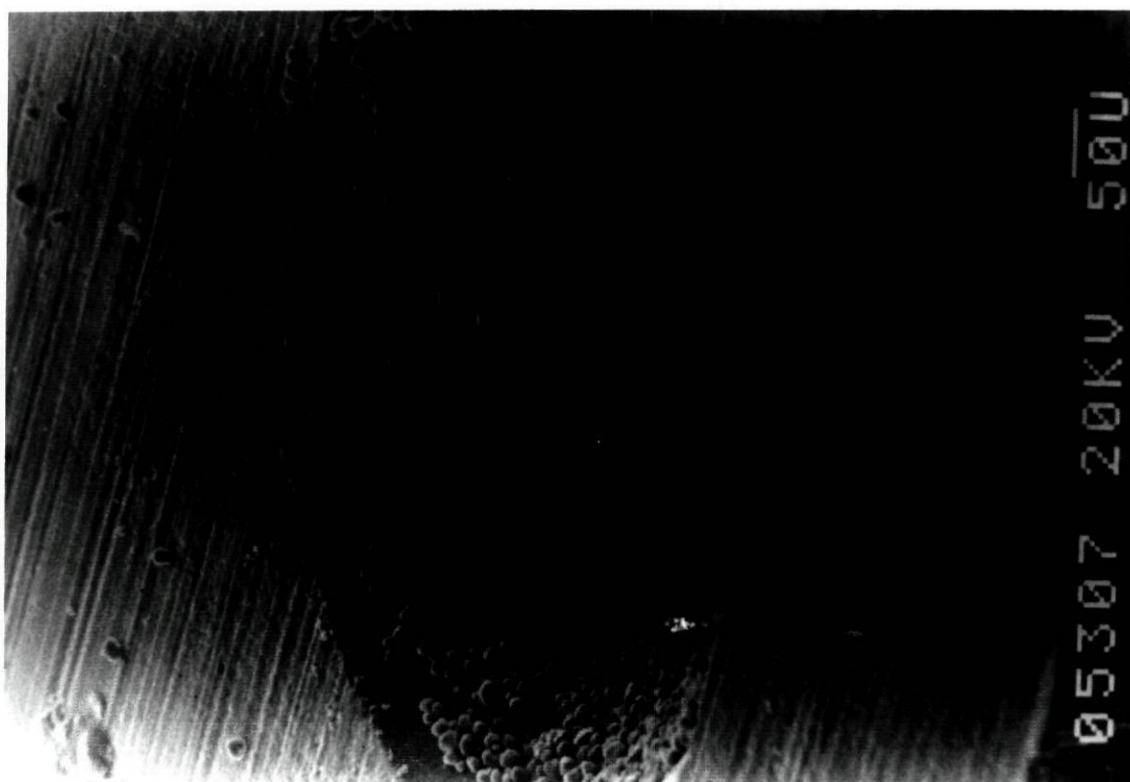
Tal como Bernabé e Holland, defendemos que a remoção da *smear layer* apical favorece a reparação a nível do apex, sobretudo nos casos suspeitos de eventual contaminação. Assim, não deverá fixar-se a discussão do tema apenas na superficialidade da manutenção ou não da *smear layer* sobre as paredes dos canais (A Cernaz *et al*, 1998; R Di Learda *et al*, 2000).

Hulsmann, em artigo de revisão publicado em 2003, fez uma extensa pesquisa bibliográfica sobre o papel das substâncias quelantes durante e após a instrumentação dos canais, terminando por recomendar a utilização de EDTA ao longo de todo o processo de instrumentação (antes, durante e após a preparação biomecânica), com a intenção de reduzir a quantidade de *smear layer* produzida. Não confirmamos pessoalmente as conclusões de Hulsmann, porque utilizámos apenas o EDTA e os outros ácidos após a preparação biomecânica, mas os nossos resultados são compatíveis com a conclusão destes autores (Hulsmann *et al*, 2003).

Também L Fariniuk afirmou, em artigo publicado em 2003, que durante muitos anos o principal objectivo do tratamento endodôntico era a obtenção de todas as condições que possibilitassem a obturação hermética dos canais. No seu trabalho, o autor demonstra adicionalmente que o sucesso final do tratamento endodôntico depende da eliminação ou redução dos agentes

irritantes existentes no interior dos canais, especificamente a *smear layer* com todos os seus componentes (L Fariniuk *et al*, 2003). O mesmo conceito fora já adiantado em 1995 por B. Seen e colaboradores em 1995.

Verificamos, como muitos outros autores, que a maior quantidade de *smear layer* se encontra sempre na região apical (figura 114) (B Chiucchi *et al*, 1989; P Lovdhl, 1992; R Di Learda *et al*, 2000). Outros autores corroboraram este aspecto e adicionalmente verificaram, tal como nós, que esta região, além da *smear layer* também acumulava uma considerável quantidade de detritos livres, que nos nossos trabalhos permitiram obter imagens como a da figura 115 (C Prati *et al*, 2004; F Foschi *et al*, 2004). Aliás desde há muito outros autores, nos trabalhos comparativos da eficácia da preparação manual com preparações efectuadas por aparelhos sónicos e ultra-sónicos, tinham sido surpreendidos pela dificuldade da limpeza do último milímetro apical, qualquer que fosse a técnica utilizada (D Stamos *et al*, 1987; G Gambarini e J Laszkiewicz, 2002; M Torabinejad *et al*, 2003) (figuras 29 e 30).



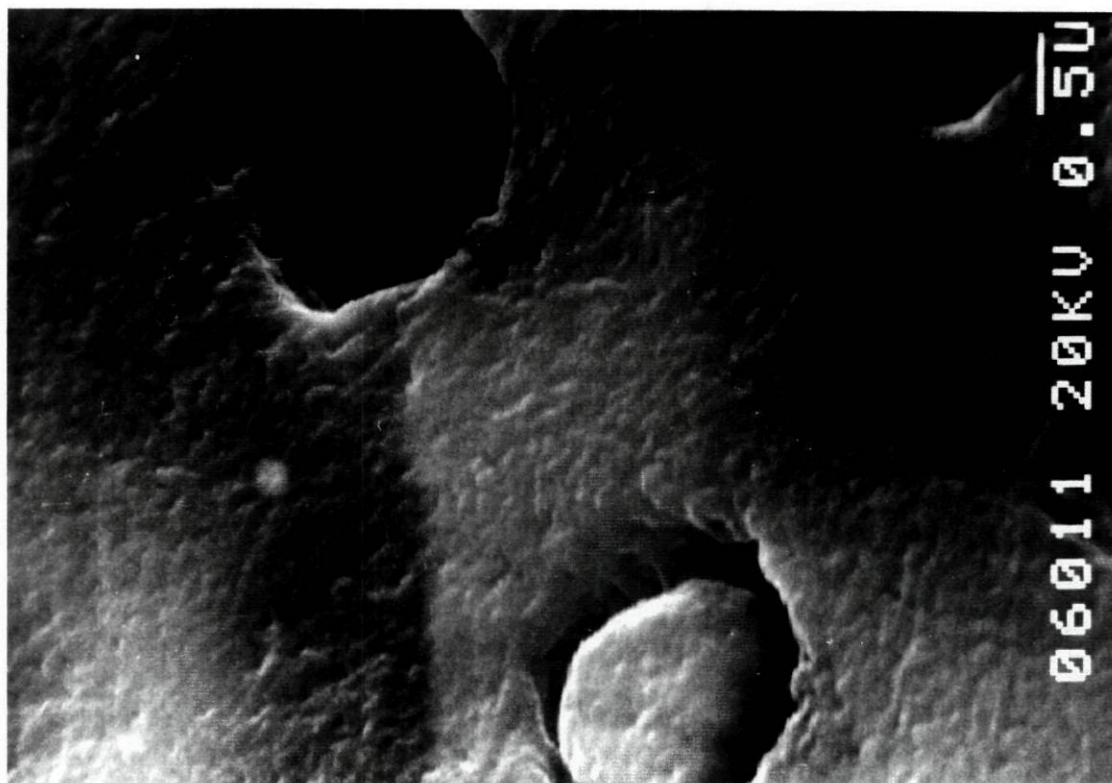
**Figura 115** – Deposição de *smear layer* e outros detritos na região apical

Também J. In-Soon, em 2003, foi confrontado com esta evidência apical aquando da utilização de limas NiTi (níquel/titânio) com lâminas de desenho diferente montadas em equipamentos de instrumentação mecânica. O autor verificou, todavia, que a produção de *smear layer* se demonstrava diferente conforme as limas utilizadas e concluiu aconselhando os fabricantes a ter em consideração os resultados do seu trabalho, ponderando o desenho das lâminas das limas consoante a sua real capacidade de menor produção de detritos na região apical.

Baker, em 1988, comparou a instrumentação manual com a ultra-sónica, verificando que na preparação manual o aspecto da *smear layer* das paredes é liso, sendo menor a sua deposição no terço médio do canal. Por outro lado, na preparação ultra-sónica, as paredes apresentavam um aspecto mais ondulado especialmente nos terços médios e cervicais (o efeito de cavitação que também verificámos no nosso trabalho, nos mesmos locais, e que documentámos na figura 32). Como nós, observou rugosidades, golpes e fendas visíveis desde as pequenas ampliações, nas ampliações mais altas observando mesmo aberturas de canaliculos nessas irregularidades. Baker sugeriu também a possibilidade de haver maior quantidade de *smear layer* no terço apical. Curiosamente, Baker surpreendeu-se com a grande deposição de *smear layer* em todas as paredes, com as devidas oscilações conforme os terços observados, apesar de ter utilizado um volume apreciável de irrigante (119 a 178 mililitros de hipoclorito na instrumentação ultra-sónica e 30 a 39 mililitros na preparação manual). Nas suas conclusões, apontou a eventual irrelevância do volume do irrigante no maior ou menor êxito da remoção da *smear layer*, acabando por aceitar não haver grandes diferenças qualitativas entre as técnicas que comparou (M Baker *et al*, 1988). E. Liolios e colaboradores, em 1997, corroborariam estes resultados.

Cameron, em 1983, foi mais longe na sua pesquisa e, pela primeira vez, resolveu utilizar o ultra-som em tempos diferentes (tal como nós), verificando assim que a utilização da instrumentação durante um minuto, com irrigação com hipoclorito a 3%, permitia alguma remoção da *smear layer* superficial (como nós verificamos e documentamos na figura 33), mas deixava os

canalículos fechados pelos *plugs* que neles são introduzidos (como documentamos, nos nossos trabalhos, na figura 116). Três minutos de utilização do ultra-som removiam quase toda a *smear layer* superficial e a maior parte dos rolhões (*plugs*) que penetravam nos canalículos (figura 34). Cinco minutos de actuação dos ultra-sons permitiam remover toda a *smear layer* das áreas instrumentadas (o que nós também verificamos e apresentamos na figura 35). Embora não nos pareça que estes resultados possam ser tão peremptoriamente assumidos, estamos de acordo com Cameron quando ele afirma que este método parece ser o mais eficaz dos métodos de limpeza dos canais radiculares, podendo mesmo estimular novas áreas de pesquisa na tecnologia dos materiais (J Cameron, 1983; S Lee *et al*, 2004).



**Figura 116** - Plug (rolhão) obturando um canalículo

Também Ciucchi comparou, num trabalho publicado em 1989, a capacidade de produção e remoção de *smear layer* na instrumentação manual e na instrumentação ultra-sónica. Em ambos os casos utilizou como irrigantes o hipoclorito de sódio e o EDTA, tendo verificado que no caso da instrumentação manual, quando usava hipoclorito, as paredes ficavam completamente tapadas

com *smear layer*. Contudo, se o irrigante era o EDTA, verificava-se o aparecimento de zonas libertas (estes resultados seriam confirmados por T. Lim e colaboradores em 2003). Comparados os resultados com os obtidos na instrumentação ultra-sónica, verificou que existia uma considerável diminuição de formação de *smear layer*, mesmo sendo o hipoclorito o irrigante (como D. Guerisoli e colaboradores confirmariam em 2002), e não encontrou grande diferença relativamente à instrumentação manual quando utilizava o EDTA como irrigante. Poderia parecer que o EDTA podia suprir as deficiências da preparação manual relativamente à ultra-sónica, mas Ciucchi não referiu o tempo de actuação do EDTA, pelo que não se nos afigura prudente retirar qualquer conclusão adicional.

Aliás, num ensaio realizado por Z. Ram em 1980, em que foram utilizados agentes quelantes durante a preparação dos canais, verificou-se que eles não impediram a formação do *smear layer*. M. Hulsmann e colaboradores, em 2003, confirmariam esta conclusão.

Em 1994, C. Prati comparou várias técnicas manuais com uma técnica ultra-sónica, complementada por um aparelho endossónico (Excalabur®). Neste trabalho apenas foram consideradas as técnicas e não são referidos os irrigantes, concluindo o autor que em todos os métodos manuais que utilizou havia uma formação compacta de *smear layer*, sem diferenças estatisticamente significativas. Pelo contrário, os resultados das técnicas ultra-sónica (para o que usou um aparelho diferente do nosso), com ou sem complemento endossónico, mostraram-se idênticos, o que significa que ambas conseguem a remoção de uma porção quantitativamente significativa da *smear layer* das paredes.

Num curioso trabalho publicado em 1980, Norman Weller comparou uma técnica manual com uma ultra-sónica, relativamente à sua capacidade de reduzir a radioactividade de um radioisótopo gelatinoso previamente introduzido nos canais. Verificou que utilizando somente a técnica manual a redução da radioactividade era de 79% e com a técnica ultra-sónica de 77%, mas quando usou a segunda como complemento da primeira obteve resultados entre 88 e 92%. Em todos os casos foi utilizado hipoclorito de sódio como irrigante. Significa isto, no entender do autor, que a combinação das duas

técnicas melhora substancialmente os resultados da preparação endodôntica, embora não aconselhe a técnica ultra-sônica como eficaz substituinte da manual. Em 1994, C Prati e colaboradores confirmariam estas conclusões.

Uma constatação semelhante é também referida por outros autores que demonstraram que a aplicação de um instrumento ultra-sônico em simultâneo com uma irrigação com hipoclorito de sódio removia a *smear layer* de um canal previamente instrumentado manualmente (J Cameron, 1986; A Ronald *et al*, 2003).

Já anteriormente, em 1982, J. Cameron tinha concluído ser recomendável uma activação ultra-sônica da irrigação com hipoclorito de sódio para permitir uma mais eficaz limpeza final dos canais, por aproveitamento do efeito de cavitação que a vibração ultra-sônica induz no líquido irrigante. Em 2004 estes trabalhos viriam a ser confirmados por S. Lee e colaboradores.

Ultimamente muitos autores têm concordado em que a produção de *smear layer* não difere significativamente entre as técnicas manuais e as mecanizadas, inclusivamente quando se usam, nestas últimas, instrumentos NiTi (F Schafers e K Zopke, 2000; M Hulsmann *et al*, 2001; M Ahlquist *et al*, 2001; S Grandini *et al*, 2002; M Hulsmann *et al*, 2003; E Schafers e M Vlassis, 2004; C Prati *et al*, 2004).

Esta constatação está de acordo com os nossos resultados, em que se verificou que as diferenças ou não existem ou não são significativas, embora o sistema mecanizado que utilizámos não fosse provido dos melhoramentos tecnológicos que equipam os novos aparelhos de preparação endodôntica mecanizada utilizados por muitos daqueles autores.

Aliás, também os sistemas forçados de irrigação que têm sido utilizados em conjugação com alguns dos novos aparelhos de instrumentação mecanizada não parecem ter introduzido significativos avanços na capacidade de remoção da *smear layer*. J. Setloek chegou a essa conclusão em 2003, ao comparar o sistema de bomba de irrigação, *Quantec E*®, com a irrigação normal que utiliza uma simples seringa, sem ter encontrado nenhuma vantagem no primeiro.

Também Yamashita não refere vantagens significativas na irrigação dos canais com cloroheixidina. Com efeito, quando comparou os resultados com os obtidos com a irrigação normal, em que é utilizado o hipoclorito de sódio isoladamente ou em conjunto com o EDTA, verificou uma menor eficácia de limpeza quando o irrigante era a cloroheixidina. Esta apenas se mostrou com eficácia semelhante na região do terço coronal da raiz (J Yamashita *et al*, 2003).

## 6 Conclusões

Nos canais dos dentes a submeter a tratamento endodôntico e ainda não instrumentados nem sujeitos à acção de qualquer substância química, verifica-se a existência do remanescente dos tecidos que constituíam a polpa dentária e que preenchem o seu lume. Em dentes extraídos e com canais não tratados endodonticamente mas sujeitos apenas à imersão em hipoclorito de sódio a 3%, verifica-se a conseqüente eliminação de uma porção significativa desses tecidos remanescentes da polpa dentária, expondo um significativo número de canalículos dentinários que se abrem na parede do canal.

Independentemente do método de instrumentação utilizado, sempre que se efectua qualquer acto de instrumentação dos canais dentários forma-se na parede dos mesmos uma camada de detritos de espessura variável e composição complexa que tapa toda a parede, obstruindo a quase totalidade dos canalículos dentinários. É a *smear layer*, que na língua e nomenclatura portuguesa se designa frequentemente por lama ou barro dentinário. Em dentes cujos canais foram preparados endodonticamente e independentemente do método de instrumentação, a irrigação com peróxido de hidrogénio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a 20%) ou com hipoclorito de sódio a 3% é ineficaz na remoção da *smear layer* das paredes, o mesmo acontecendo quando as duas substâncias são utilizadas sequencialmente.

Sempre que sobre as paredes dos canais preparados endodonticamente se utilizam determinados ácidos (ácido cítrico 5%, EDTA 17%, ácido poliacrílico ou ácido ortofosfórico), verifica-se a remoção de *smear layer* com a consequente exposição de canalículos, remoção variável conforme o produto químico utilizado e dependendo do tempo de acção, mas sempre mais eficaz que a simples irrigação com hipoclorito de sódio.

Das diversas técnicas de instrumentação utilizadas, a que se mostra mais eficaz na redução final de *smear layer* é a ultra-sónica. As técnicas manual e mecanizada mostram-se equiparáveis entre si quando avaliadas sobre os mesmos parâmetros da anterior, isto é, as paredes dos canais preparados com recurso as estas duas técnicas apresentam quantidades e espessuras semelhantes de *smear layer*.

De todos os produtos químicos utilizados e independentemente da técnica de instrumentação, o que se mostra mais eficaz na remoção de *smear layer* é o ácido cítrico 5%. Em tempos iguais e isoladamente, este ácido foi o que conseguiu remover maior quantidade de *smear layer*. A eficácia da remoção aumenta, todavia, quando se utiliza o EDTA 17% como complemento do ácido cítrico 5%. Assim, é possível remover de forma mais rápida e eficaz a lama dentinária aderida às paredes, aproveitando a complementaridade dos dois produtos químicos.

Independentemente das técnicas de instrumentação utilizadas, verifica-se sistematicamente que a maior quantidade de *smear layer* se acumula sempre na região apical. Esta poderá ser a causa do facto constatado de que a eficácia dos produtos químicos utilizados também se mostra sempre menor nesta região e, mesmo nos casos em que no terço médio da raiz é possível a eliminação praticamente total da *smear layer*, na região apical regista-se sempre evidência de remanescentes da mesma.

Na preparação manual, a acção do ácido cítrico 5% durante 30 segundos permite a exposição total dos canalículos dentinários. Ainda neste tipo de preparação, a acção do ácido ortofosfórico deve prolongar-se a cerca de 1 minuto para obter resultados semelhantes ao ácido cítrico 5% actuando durante 30 segundos. Resultados muito próximos, mas quantitativamente um pouco inferiores a este último, podem ser atribuídos ao ácido poliacrílico. Com a utilização do EDTA 17% na preparação manual, a exposição total dos canalículos só é possível muito para além de 60 segundos, verificando-se por volta dos 4 minutos.

Na instrumentação ultra-sónica o aumento do tempo de acção de lima utilizada, de 1 para 3 minutos, permite uma remoção considerável de *smear layer*, mesmo sem se recorrer a qualquer método químico de limpeza além da irrigação do hipoclorito de sódio. Pode otimizar-se esta remoção até à exposição praticamente total dos canalículos com a aplicação de ácido cítrico 5% durante 15 segundos ou com o EDTA 17% durante 60 segundos. Com os ácidos ortofosfórico e poliacrílico em tempos otimizados os resultados são próximos, mas quantitativamente inferiores aos obtidos com o ácido cítrico 5%. A acção conjunta da preparação ultra-sónica com qualquer destes produtos obtém melhores resultados que a conjugação da preparação manual com os mesmos.

Na preparação mecanizada os resultados obtidos com a utilização dos mesmos ácidos são semelhantes aos obtidos na preparação manual. Comparando com os tempos de preparação manual, verifica-se apenas um ligeiro atraso na eficácia de todos os produtos químicos ensaiados, mas na globalidade o resultado final é semelhante.

Do que se expôs, pode concluir-se a superioridade do método ultrassónico, complementado por aplicação de ácido cítrico a 5% durante 30 segundos, ou pela aplicação de ácido cítrico, na mesma concentração e durante 15 segundos, seguida da aplicação de EDTA 17% durante 3 minutos.

Em todas as técnicas ensaiadas e com todos os ácidos utilizados é possível demonstrar um fenómeno por nós denominado de “precipitação”, caracterizado pela ocultação dos canalículos anteriormente expostos pela acção dos ditos ácidos, sempre que se excedem os tempos óptimos de actuação em cada um. Esta constatação poderá ser alvo de investigação futura com o objectivo de determinar se este material, eventualmente estéril, poderá trazer benefícios quando se discute a validade da obliteração dos canalículos como forma de diminuir as situações de insucesso endodôntico.

## 7 Bibliografia

Ahmad M; Pitt Ford TR; Crum LA - Acoustic cavitation and its implications in ultrasonic root canal debridement. *J. Endod*, (1987), p.130-131.

Aktener BO; Cengiz T; Piskin B - The penetration of smear material into dentinal tubular during instrumentation with surface-active reagents: a scanning electron microscopic study. *J Endod*, (1989), 15, p. 588-590.

Ahlquist M; Henningsson O; Hultenby K; Ohlin J - The effectiveness of normal and rotary techniques in the cleaning of root canals: a scanning electron microscopy study. *Department of Cardiology, Karolinska Institute, Huddinge Sweden*. [em linha] PMID: 11601771 [PubMed – indexed for MEDLINE], (2001).

Balos K; Taner IL; Tan C; Keberdi E - Investigation into the effect of citric and phosphoric acids on planed root surfaces using SEM. *Ankara: Univ Hekim Fak Derg*,(1989 May), 16 (1), p.109-115.

Baker MC; Ashrafi SH; Van Cura JE; Remeikis NA - Ultrasonic compared with hand instrumentation: a scanning electron microscope study. *J. Endod*, (1988), p. 435-440.

Baumgartner JC; Mader CL - A scanning electron microscopic evaluation of four root canal irrigation regimes. *J. Endod.* (1987), vol. 13, p.147-157.

Becker TD; Woolard GW - Endodontic irrigation. *Gen Dent*, (2001), vol. 49, 3, p. 272-276.

Bernabé P F E; Roberto Holland - Influência do smear layer sobre a superfície dentinária exposta após a realização da apicectomia: removê-lo ou não?. *Revista Brasileira de Odontologia.* (2002).

Bitter NC - A 25% tannic acid solution as a root canal irrigant cleaner: a scanning electron microscope study. *Oral Surg Oral Med Oral Path.* (1989 Mai), 67(3), p. 333-337.

Bitter NC - The effects of 25% tannic acid on prepared dentin: a scanning electron microscope – methylene blue dye study. *J Prosthet Dent.* (1990 Jul), 64 (1), p.12-16.

Bolanos OR; Jensen JR - Scanning electron microscope comparisons of the efficacy of various methods of root canal preparation. *J Endod.* (1980), nº 6, 11, p. 815-822.

Calt S; Serper A - Smear layer removal by EDTA. *J. Endod.* (2000) 33, p. 459-461.

Calt S; Super A - Time-dependent effects of EDTA on dentine structures. *J Endod.* (2002), 28(1), p. 17-19.

Cameron J.A - The use of ultrasound in the cleaning of root canals: clinical report. *J.Endod.* (1982) 10, p. 472-474.

Cameron JA - The use of ultrasonics in the removal of the smear layer: a scanning electron microscope study. *J. Endod.* (1983), 9, 7, p. 289-292.

Cameron J A - The use of sodium hypochlorite activated by ultrasound for the debridement of injected, milimetroature root canals. *J. Endod.* (1986),12, 11, p. 550-554.

Cameron JA - The use of ultrasonic for the removal of the smear layer. The effect of sodium hypochlorite concentration; SEM study. *Aust Dent J.* (1988 Jun), 33, 3, p.193-200.

Cantatore G; Ceci A; Gannini P - Valutazione al SEM della éfficacia di alcune soluzione irrigante nella rimezione del fango dentinale canalare. *Collegio Dei Docenti di Odontoiatria.* (1996), p. 565-570.

Carlson E; Simon J. - Effect of smear layer removal on bevelled and retrofilled teeth in vitro. *Rev. Fr. Endod.* (1990 Mar), 9, 1, p. 6-9.

Cergneux M; Chiucchi J; Diestschi JM; Holz J - The influence of the smear layer on the sealing ability of canal obturation. *Int. Endod J.* (1987) 20, p. 228-232.

Cernaz A; Di Leonarda R; Cadenaro M - Efficacia clinica dell'uso combinado ácido cítrico-hipoclorito di sódio nella terapia endodontica. *Collegio dei Docenti di Odontoiatria.* (1998), p. 469-476.

Ciucchi B; Khettabi M; Holz J - The effectiveness of different endodontics irrigation procedures on the removal of the smear layer: a scanning electron microscopic study. *Int. Endod J.* (1989) 22, p. 21-28.

Cobankara FK; Ungor M; Belli S - The effect of two different root canal sealers and smear layer on resistance to root fracture. *J Endod.* (2002), 28, 8, p. 606-609.

Comb MC; Smith DG - A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. *J Endod.* (1975), 1, p. 238-242.

Cotton WR - Introduction. *Operative Dentistry.* (1984), supl. 3. p. 1-2.

Czonstkowsky M; Wilson EG; Holstein FA - The smear layer in endodontics. *Dent. Clin. North Am.* (1990), 1, 34, p. 13-25.

Deborah C; Daniel D; Richard W; Eric R; Janet MG - Bacterial penetration trough canals of endodontically treated teeth in the presence or absence of the smear layer. *J Dent.* (2003), 31, p. 275-281.

De Deus G; Grangel Filho ED; Ferreira CM; Coutinho Filho T - Penetração intratubular de cimentos endodônticos. *Pesq. Odontol. Bras.* (2002), 16, 4, p. 332-336.

Di Learda R; Caro M; Sbaizero O - Effectiveness of 1 mol L<sup>-1</sup> citric acid oral 15% EDTA irrigation on smear layer removal. *Int. End. J.* (2000), 33, p. 46-52.

Drake DR; Wiemann AH; Rivera EM; Walton RE - Bacterial retention in canal walls in vitro: effect of smear layer. *J Endod.* (1994), 20, 2, p. 78-82.

Ecoomida N; Liolios E; Kolakuris I; Belton P - Long-term evaluation of the influence of smear layer removal on the influence of smear layer removal on the sealing ability of different sealers. *J Endod.* (1999), 25, p. 123-125.

Fariniuk L; Baratto-Filho, Flares; Miranda da Cruz-Filho, António; Neto, Manoel Damião Sousa - Histologic analysis of the cleaning capacity of mechanical endodontic instruments activated by endofash system. *J. Endod.* (2003), 29, 10, p. 651-653.

Farouz R.; Delzangles B; Laurent E. - La capa parietal endodôntica. *Rev. Eur. Odont-Est.* (1989), 1, 5, p. 337-347.

Foschi F ; Nucci C; Montebugnoli L; Marchionni S; Breschi L; Malagnino V; Prati C - SEM evaluation of canal wall dentine following use of M two and Pro Taper NiTi rotary instruments. *Int. End. Journal.* (2004), 37, p. 832-839.

Funda Kont; Cobankara; Necdet Adanir; Senna Belli - Evaluation of the influence of smear layer on the apical and coronal sealing ability of two sealers. *J Endod.* (2004), 30, 6, p. 406-409.

Gambarini G; Laszkiewicz J. - A scanning electron microscopic study of debris and smear layer remaining following use of GT rotary instruments. *J Endod.* (2002), 35, 5, p. 422-427.

Gengiz T; Aktenier B0; Piskin B. - The effect of dentinal tubular orientation on the removal of smear layer by root canal irrigant. A scanning electron microscopic study. *Int. Endod. J.* (1990), 23, 3, p. 163-171.

Gettleman BH; Messer HH; El-Deeb ME - Adhesion of sealer cements to dentine with and without the smear layer. *J. Endod.* (1991), 17, p.15-20.

Gin-Ichiro Hata; Manabu Uemura; Franklim Weine - Removal of smear layer in the root canal using oxidative potential water. *J. Endod.* (1996), 22, p. 643-645.

Goldman L...[et al.] - Scanning electron microscope study of a new irrigation method in endodontic treatment. *Oral Surg.* (1979), 48, p. 79-83.

Goldman L; Goldman M; Kronman J; Lin P - The effect of several irrigating solutions for endodontics: a scanning electron microscopic study. *Oral Surg. Oral Med and Oral Path.* (1985), 2, p. 197-204.

Gonzalez Lopez S; Navajas Rodríguez, J. M - El barrilho dentinário: un estudio con microscopio de barrido (M.E:B.) y análisis computerizado de imagem. *Quintessence*. (1991), vol. 4, 29, p. 78-88.

Grandini S; Balleri P; Ferrari M - Evaluation of Glyde Fin Prep in combination with sodium hipoclorite as a root canal irrigant. *J Endod*. (2002), 28, 4, p. 30-33.

Guerisoli DM; Marchesan MA; Walmsley AD; Lumley PJ - Evaluation of smear layer removal by EDTAC and sodium hipoclorite with ultrasonic agitation. *Int. Endod. J.* (2002), 35, 5, p. 28-32.

Gunday M; Ibak S - The effects of acid application on the dentine surface smear layer: an SEM study. *J. Marmara Univ. Dent. Fac.* (1990), 1, p. 53-57.

Holland R; Nery M ; Mello W; Souza V; Bernabe P F E; Otonbo Filho S A - Root canal treatment with calcium hydroxid. Effect of debris and pressure filling. *Oral Surg*. (1979), 2, p.185-188.

Hulsmann M; Schade M; Schafers F - A comparative study of root canal preparation with HERO G42 and Quantec SC rotary Ni-Ti instruments. *Int. Endod. J.* (2001), 34, 7, p. 538-546.

Hulsmann M; Gressmann G; Sehafers F - A comparative study of root canal preparation using Flex Master and Hero 642 rotary NiTi instruments. *Int. Endod. J.* (2003), 36, p. 358-366.

Hulsmann; Heckendorff M; Lennon A - Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their rise. *Int. Endod. J.* (2003), 36, p. 810-830.

In-Soon Jeon; Larz Spaugberg; Tai-Cheol Yoon; Reza Kazemi; Kee-Yeon Kum - Smear layer production by 3 rotatory reamers with different cutting blade

---

designs in straight root canals: a scanning electron microscopic study. *Oral Surg. Oral Path. Oral Rad. Endod.* (2003), 96, p. 601-607.

Jason Setlock; Mohamed I. Fayad; Ellen Be Gole; Maggie Bruzick - Evaluation of canal cleanliness and smear layer removal after the use of the Quantec-E irrigation system and syringe: a comparative scanning electron microscope study. *Oral Surg. Oral Med. Oral Path. Rad. Endod.* (2003), 96, p. 614-617.

Kaitsas V; Signore A; Fonzi L; Benedicenti S; Barone M - Effects of Nd: YAE laser irradiation on the root canal wall dentin of human teeth: a SEM study. *Bull Group Int Reach Sci Stomatol Odontol.* (2001), 43, 3, p. 87-92.

Kennedy WA; Walker WA; Gough RW - Smear layer remover effects on apical leakage. *J Endod.* (1986), 12, 1, p. 221-227.

Koçkapan C - Electromikroskopische Untersuchungen über die Struktur der Schmierchicht. *Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift.* (1987), 42, p.1028-1034.

Kokkas A; Bontsioukis A; Vassiliadis L; Stravianos C - The influence of smear layer on dentinal tubule penetration depth by three different root canal sealers: an in vitro study. *J Endod.* (2004), 30, 2, p.100-102.

Kouvas V; Liolios E; Vassiliadis L; Parissis-Messimeris S; Boutsoukias A - A influence of smear layer on the depth of penetration on three endodontic sealers: a SEM study. *Endod Dent Traumatol* (1998), 14, p.191-195.

Krell KV; Dang DA - Smear layer with sonic and ultrasonic instrumentation. *J Endod.* (1987), 13, 3, p.133.

Lee SJ; Wu MK; Wesselink PR - The efficacy of ultrasonic irrigation to remove artificially placed dentin debris from different-sized simulated plastic root canals. *Int. Endod J* (2004), 37, p. 607-612.

Lee SJ; Wu MK; Wesselink PR - The effectiveness of syringe irrigation and ultrasonics to remove debris from simulated irregularities within prepared root canal walls. *Int. Endod J.* (2004), 37, p. 672-678.

Lester KS; Boyde A - Scanning electron microscopy of instrumental irrigated and filled root canal. *Br. Dent. J.*, (1977), 143, p. 359 – 367.

Liesenhoff H; Seiler T - Root canal preparation using Excimer laser deams. *Z W R*, (1989 Dec), 98, 12, p.1034-1037-1039.

Lim T.S; Wee TY; Choi W; Koh C; Sae Lim - Light and scanning electronic microscopic evaluation of Glyde™ File Prep in smear layer removal. *Int End J*, (2003), 36, p. 336-343.

Liolios E; Economides N; Bontsioukis A - The effectiveness of three irrigation solutions on root canal cleaning after hand and mechanical preparation. *Int. End J.* (1997), 30, p. 51-57.

Lovdhl P E - Endodontic retreatment. *Dental Clinics North Americ.* (1992), 36, 2, p. 473–490.

Love RM; Jenkinson HF - Invasion of dentinal tubule by oral bacteria. *Cut Rev Oral Biol Med.* (2002), 13, p.171-183.

Lucena M; Martin C; Luque Ferrer CM; Rodriguez Gonzales MP; Robles Gijon V; Novagas; Rodriguez Mondelo JM - A comparative study of apical leakage of Endomethasone, Top Seal, and Rocko Seal sealer cements. *J. Endod* (2002), 28, p. 638-642.

Luque C; Lopez S; Mondelo JM - Estudio con microscopia electrónica de barrido de la accion de distintos agentes irrigantes en la preparación de conductos radiculares. *Rev. Eur. Odont-Estom.* (1992), p. 313-320.

Machado-Silveiro LF; Gonzalez-Lopez S; Gonzalez-Rodriguez MP - Decalcification of root canal dentine by citric acid, EDTA and sodium citrate. *Int. Endod J.* (2004), 37, p. 365-369.

Mader CL; Baumgartner JC; Peters DD - Scanning electron microscopic investigation of the smeared layer on root canal walls. *J. Endod.* (1984), 10, 10, p. 477-483.

Moss HD; Allemang JD; Johnson JD - Philosophies and practices regarding the management of the endodontic smear layer: results from two surveys. *J Endod.* (2001), 27, 8, p. 537-539.

Oksan T; Aktener BO; Sen BH; Tezel H - The penetration of root canal sealers into dentinal tubules. A scanning electron microscopic study. *Int. Endod J.* (1993), 26, p. 301-305.

Orstavik D; Eriksen HM; Beyer-Olsen EM - Adhesive properties oral leakage of root canal sealers in vitro. *Int. Endod J.* (1990), 16, p. 59-63.

Pashley DH - Smear layer: physiological considerations. *Operative Dentistry.* (1984), suppl.3, p.13-29.

Pashley DH - Clinical considerations of microleakage. *J. Endod.* (1990), 2, 16, p. 70-77.

Peters LB; Wesselink PR; Buijs JF; Van Winkelhoff AJ - Viable bacteria in root dentinal tubules of teeth with apical periodontics. *J. Endod.* (2001), 27, p. 76-81.

Peters O; Barda Kow F - Effects of irrigation on debris and smear layer on canal walls prepared by two rotary techniques : a scanning electron microscopic study. *J. Endod.* (2000), 26, p. 6-10.

Petschelt A; Heckel R; Ebert J - Do root canal filling materials enter dentine tubules?. *Deutsch Zahnarzt Z.* (1989 Nov), 44, 11, p. 826-829.

Portemier I; Lutz F; Barbakow F - Preparation of the apical part of the root canal by lightspeed and step-back techniques. *Int Endod J.* (1998), 31, p. 101-103.

Prati C MD; Massimiliano S; Paolo F; Romano M - Scanning electron microscopic evaluation of different endodontics procedures on dentin morphology of human teeth. *J. Endod.* (1994), 20, 4, p.174-179.

Prati C; Foshi F; Nucci C; Montebugnoli; Marchianni S. - Appearance of the root canal walls after preparation with NiTi rotatory instruments: a comparative SEM investigation. *C. Oral Invent.*, (2004), 8, p.102-110.

Ranz Z - Chelation in root canal therapy. *Oral Surg* (1980), 49, p. 64- 67.

Ronald A; Sabins; James D. Johnson; John Hellstein - A comparison of the cleaning efficacy of short-term Sonic and Ultra Sonic passive irrigation after hand instrumentation in molar root canals. *J.Endod*, (2003), 29, 10, p. 674-678.

Schadle CW; Vel Vart P; Lutz F - The cleaning effects of different root canal instruments. A semiquantitative comparative study. *Schweiz Monatsschr Zahnmed.* (1990), 100, 3, p. 274-285.

Schafe E; Vlassis M - Comparative investigation of two rotary nickel-titanium instruments: ProTaper versus RaCe. Part 2. Cleaning effectiveness and shaping ability in severely curved root canal of extracted teeth. *Int. Endod J.* (2004), 37, p. 239-248.

Schafers F; Zopke K - A comparative scanning electron microscopic investigation of the efficacy of manual and automated instrumentation of root canals. *J. Endod*, (2000), 26, p. 660-664.

Seen BH; Wesselink PR; Turkun M - The smear layer: a phenomenon in root canal therapy. *Int. Endod J.*, (1995), 28, p.141 – 148.

Serafino Cinzia; Gallina G; Cumbo E; Ferrari M - Surface debris of canal walls after post space preparation in endodontically treated teeth: A scanning electron microscopic study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, (2004), 97, p. 381-387.

Serper A; Calt S; Dogan AL; Guc D; Ozcelik B; Kmaner T - Comparison of the cytotoxic effects and smear layer removing capacity of oxidative potential water, NaOCl and EDTA. *J. Oral Sc.* (2001), 43, 4, p. 233-238.

Sevimay S; Dalat D - Evaluation of penetration and adaptation of three sealers: a SEM study. *J. Oral Reab.* (2003), 30, p. 951-955.

Sourai PG - Microbial permeability of dentin. *Stomatologia, Athenai*, (1989 Nov –Dez), 46, 6, p. 359-372.

Souza F; Pecora J; Silva R - The effect on coronal leakage of lipid adhesive application over root filings after smear layer removal with EDTA or Er:YA6 laser. *Oral Surg Oral Med Oral Path Oral Radiol Endod*, (2005), 99, p.125-128.

Stamos D; Sadeghi E; Haasch G; Gerstein H - An in vitro comparison study to quantitate the debridement ability of hand, sonic and ultrasonic instrumentation. *AAA Abstracts of papers*, (1987), 13, 3, p.131.

Timpawat S; Vongsavan N; Messer HH - Effect of removal of the smear layer on apical microleakage. *J Endod*;. (2001), 27, 5, p. 351-353.

Torabinejad M; Khademi A; Babagoli J; Yougbern C; Johnson W; Bozhilov K; Kim J; Shabahaug S - A new solution for the removal of the smear layer. *J Endodontic*..(2003), 29, 3, p.170-175.

Walton R E - Current concepts of canal preparation. *Dental Clinics North Am*, (1992), 36, 2, p. 309-326.

Weller R N; Brady J M; Bernier W E - Efficacy of ultrasonic cleaning. *J. Endod*, (1980), 6, 9, p. 740-743.

Winonechit S; Timpawat S; Vongsavan N - A comparison of techniques for assessment of coronal dye leakage. *J Endod*. (2002), 28, 1, p.1-4.

Yamada RS; Armar A; Goldman M; Lin SP - A scanning electron microscopic comparison of a high volume final flush with several irrigating solutions. *J. Endod*. (1983), 9, p.137-142.

Yamashita JC; Tanomaru M; Leonardo M; Rossi M; Silva L - Scanning electron microscopic study of the cleaning ability of chlorohexidine as a root-canal irrigant. *Int. Endod J*, (2003), 36, p. 391-394.