

FRAB NORBERTO BOSCOLO
Cirurgião Dentista



1150015897



FOP

T/UNICAMP B651d

DETERMINAÇÃO DAS DOSES DE RADIAÇÃO PRODUZIDAS
DURANTE A OBTENÇÃO DE RADIOGRAFIAS PERIAPICAIS
COM O EMPREGO DA DOSIMETRIA TERMOLUMINESCENTE

Tese apresentada à Faculdade
de Odontologia de Piracicaba, da
Universidade Estadual de Campinas
para a obtenção do Grau de Doutor
em Ciências (Semiologia Clínica
e Radiológica).

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA

BIBLIOTECA

T259

Piracicaba - S.P.

1976

À Marilene, minha esposa

Às minhas filhas, Daniela,
Isabela e
Gabriela.

Ao mestre e amigo incomparável, Prof. Dr. NIVALDO GONÇALVES, Titular da Disciplina de Semiologia Clínica e Radiológica, o nosso especial agradecimento pela oportunidade de ingressarmos na carreira universitária, além da segura orientação científica no transcorrer desta tese.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer também a todos que direta ou indiretamente participaram na elaboração desta pesquisa, em especial:

Ao Prof. Dr. JOSÉ MERZEL, Diretor desta Faculdade, pelo apoio material que tornou possível o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Prof. Dr. ANTONIO CARLOS NEDER, Diretor Associado e Chefe do Departamento de Medicina Oral, pelo apoio irrestrito durante o desenvolvimento da pesquisa.

Ao Prof. Dr. SHIGUEO WATANABE, Chefe da Divisão de Física do Estado Sólido, do Instituto de Energia Atômica, USP, pela orientação segura durante o nosso aprendizado e possibilidade de realizarmos este trabalho em seu laboratório.

À física VIRGINIA MARIA TOTTI, Assessora em Física Médica do Instituto de Radioterapia do A.B.C., pela segura orientação no manuseio e domínio dos aparelhos utilizados nesta pesquisa.

Ao Prof. Dr. HUMBERTO DE CAMPOS, Professor Adjunto do Departamento de Estatística, da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP, pelo relatório estatístico e orientação no seu desenvolvimento.

À Profª Dra SÔNIA VIEIRA, da Disciplina de Bioestatística desta Faculdade, pelas sugestões apresentadas.

Ao Prof. Dr. LUIZ ANTONIO RUHNKE, pela oportunidade de realizarmos parte desta pesquisa no laboratório - da Disciplina de Materiais Dentários.

Ao Prof. Dr. VIRGÍLIO FRANCO DO NASCIMENTO FI-
LHO, da Disciplina de Física da Escola Superior de Agri-
cultura "Luiz de Queiroz", por sugerir o uso da termolumi-
nescência em nossa pesquisa.

*

*

*

Í N D I C E

Capítulo I	
INTRODUÇÃO	8
Capítulo II	
REVISTA DA BIBLIOGRAFIA.	11
Capítulo III	
PROPOSIÇÃO	28
Capítulo IV	
MATERIAIS E MÉTODOS.	31
Capítulo V	
RESULTADOS OBTIDOS	43
Capítulo VI	
DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	52
Capítulo VII	
CONCLUSÕES	63
Capítulo VIII	
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
Capítulo IX	
APÊNDICE	74
1 - Relatório Estatístico.	75
2 - Relatório da Assessoria Técnica em Física Médica.	95

*

*

*

Capítulo I
INTRODUÇÃO

Na história da Radiologia Odontológica, o capítulo referente à agressividade da radiação X apresenta Edmund Kells como o primeiro profissional a sofrer os efeitos maléficos dos raios X. Após suportar 35 operações de amputação, esse pioneiro cometeu o suicídio, e passou para a História como o primeiro mártir desse setor de atividades.

Já alguns anos antes da morte de Kells, começaram a aparecer estudos a respeito da higiene das radiações. Esses estudos chegaram até nossos dias, convenientemente ampliados e completados, trazendo conhecimentos de grande valia, tanto no que diz respeito a efeitos maléficos como a efeitos benéficos dos raios X.

A importância de tais estudos, que incluem desde os métodos de mensuração da radiação incidente nos organismos, até as consequências últimas dessa incidência, não precisa de ser ressaltada. É de se salientar, aliás, que as explosões que arrasaram Hiroshima e Nagasaki, e os profundos estudos sobre seus efeitos, a curto e longo prazo, sobre seres vivos em geral, concorreram em alto grau para a conscientização universal sobre os graves e complexos problemas da radiação.

Em qualquer setor do uso de radiologia, torna-se imprescindível um perfeito conhecimento das doses de radiação que o paciente e o profissional recebem, nas várias partes de seus corpos, a fim de que os fatores de segurança pessoal e genética possam ser convenientemente equacionados.

Vários métodos e aparelhos têm sido apresentados, discutidos, experimentados e utilizados, com o intuito de medir a atividade dos raios X, pois gradualmente reconheceu-se a importância que tem a precisão das doses

gens, tanto nas ações terapêuticas como nos trabalhos auxiliares de diagnóstico.

Além dos filmes dosimétricos e das câmaras de ionização, usam-se presentemente os dosímetros termoluminescentes que, segundo a opinião corrente atual, apresentam grande sensibilidade e precisão na medida tanto de pequenas como de grandes doses de radiação. Aliás, um dos fatores de sua aceitação praticamente geral é a ampla gama de sensibilidade em que são apresentados, dando ao profissional a possibilidade de escolher o mais indicado para o seu trabalho.

Outros fatores são, sem dúvida, a facilidade de serem encontrados tanto em forma de pó, como em pequenos cristais, e também o fato de esses dosímetros não requerem trabalhos complexos durante a operação de sensibilização, embora exijam posteriormente equipamento de alta precisão para a medição da energia acumulada.

Quanto ao que concerne à segurança dos trabalhos de radiologia odontológica em nosso meio, forçoso é reconhecer que apenas um número muito pequeno de instalações possuem sistemas eficazes de proteção. Por exemplo, na Divisão Regional de Saúde de Campinas DRS-5, Secção do Exercício Profissional R5-PRO (*), pelo que pudemos saber, apenas as unidades radiológicas do SESI, sediadas em somente 4 cidades em toda a área, e um único consultório de profissional liberal possuem proteção com biombo de chumbo.

E não achamos provável que em outros lugares do Brasil a situação seja diferente da nossa, exceto talvez nas maiores capitais, e assim mesmo nos meios ligados aos setores universitários, ou em serviços especializados.

Gostaríamos que os resultados obtidos em nosso trabalho pudessem contribuir para suscitar maior atenção, por parte do cirurgião dentista, em relação ao grave problema, e eventualmente viessem, até mesmo, oferecer alguns elementos utilizáveis na elaboração de dispositivos e normas de proteção.

(*) Comunicação Pessoal

Capítulo II
REVISTA DA BIBLIOGRAFIA

REVISTA DA BIBLIOGRAFIA

Após realizarmos a revisão da literatura a respeito do assunto proposto para estudo, constatamos que, de acordo com CAMERON e cols. (9), desde 1904 já se faziam medidas das doses de radiação, por meio de câmaras de ionização ou termoluminescência, por autores como CURIE (13), WICK (45) e LYMAN (23). Contudo, embora a termoluminescência já tivesse sido estudada visando à dosimetria das radiações X e gama, esse método caiu no esquecimento. Somente em 1950, DANIELS (14) propôs que a termoluminescência fosse efetivamente empregada na dosimetria da radiação, e então desenvolveram um aparelho bastante complicado, com esse objetivo. A primeira aplicação foi realizada, usando o fluoreto de lítio para medir a radiação decorrente de experiências com bombas.

Tres anos depois, em 1953, o mesmo DANIELS (15) usou, conforme citação de CAMERON e cols. (9), o fluoreto de lítio para dosimetria in vivo. Este ensaio foi realizado em um paciente que recebera previamente uma dose terapêutica de iodo radiativo (^{135}I).

Entretanto, somente 7 anos depois, ou seja, em 1960, é que a idéia de trabalhar sistematicamente com a termoluminescência foi retomada, por CAMERON e cols. (9).

CAMERON (8), em 1964, estudando diversos cristais que apresentavam termoluminescência, concluiu que o fluoreto de lítio era o cristal quase que ideal para essa técnica, pois apresenta uma resposta à radiação de certa forma comparável à do ar ou dos tecidos vivos.

Em 1970, o Departamento de Saúde do Estado de Ohio nos Estados Unidos da América do Norte (27), publicou lei, obrigando o registro de todo o pessoal que trabalhava com raios X e material radiativo, a fim de que fosse possível um controle desse pessoal, conforme as normas

internacionais de segurança, segundo as quais os adultos poderiam receber até 1,25 R a cada 3 meses, considerando o corpo todo.

No campo da Radiologia Odontológica, muitos estudos foram realizados com a finalidade de determinar técnicas e apresentar normas, objetivando a diminuir a quantidade de radiação incidente no paciente, pessoal auxiliar e profissional.

Podemos considerar que um marco importante da história do controle da radiação X em consultório ocorreu em 12 de junho de 1956, quando a Academia Nacional de Ciência Norte Americana publicou um relatório que tinha por objetivo principal recomendar que as exposições das células reprodutoras à radiação, "acima do fundo natural", deveriam ser limitadas a 10 R no período compreendido desde o nascimento do indivíduo até a idade de 30 anos. Esse relatório provocou grande comoção entre o público, chegando a ocasionar dificuldades ao profissional da Odontologia, pela recusa dos pacientes a se submeterem aos necessários exames radiográficos dentais.

Contudo, já em 1953, BUDOWSKY & KUTSCHER (4) haviam realizado um estudo sobre a exposição pela radiação X, durante a prática no consultório dentário. Nesse estudo utilizaram dosímetros individuais com filmes, os quais foram enviados a 125 dentistas, e após 7 dias consecutivos de uso foram recolhidos. Efetuadas as leituras, os resultados demonstraram que as doses de radiação a que ficaram expostos os dosímetros não alcançaram 300 mR, dose máxima tolerada pelo "National Bureau of Standart Recommendations".

RICHARDS (28), em 1955, publicou um estudo experimental, sobre a quantidade de radiação, emitida por um aparelho de raios X dental, que seria necessário para produzir um eritema de pele, na superfície flexora do antebraço. Para tal, utilizou um aparelho de raios X com

65 kVp, 10 mA, uma filtração de 1 milímetro de alumínio, com um rendimento de 165 R por minuto no ar. Notou que, ao empregar a dose de 540 mAS a 600mAS, todos os voluntários apresentaram eritema naquela região. Demonstrou assim que regiões do corpo que permaneceram habitualmente cobertas com roupas, são mais sensíveis do que áreas normalmente expostas, como a face e a mão, recomendando que mesmo a pele da face não deve ser exposta a mais do que 400 mAS, num período de 2 semanas consecutivas, "embora a literatura indique o nível de 1200 mAS como dose de eritema, e 600 mAS como dose de segurança".

Ainda nesse mesmo ano de 1955, SPEAR (42) alertando para a necessidade da precaução quando se fazem radiografias dentárias, relata que a radiação primária, recebida pelo paciente durante a tomada radiográfica de boca toda, com 14 periapicais, 2 interproximais e 2 oclusais, seria de 147,2 R, com o aparelho operando em 65 kVp, 10 mA sem filtro, usando-se uma distância de 7 polegadas (aproximadamente 18 cm) foco-filme, e utilizando filme de média sensibilidade. Quando era colocado um filtro de alumínio de 1 milímetro de espessura, para as mesmas condições, a radiação total recebida pelo paciente era de 64,4 R. Mudando-se a distância de 7 para 15 (aproximadamente 38 cm), e a miliamperagem para 15 mA, sem filtro e usando filme de rápida exposição, a radiação total recebida foi de 41,1 R. Com a colocação de um filtro de alumínio, e usando-se 70 kVp, o paciente recebeu 23,4 R. Nesse mesmo trabalho detectou a radiação secundária em 4 pontos anatômicos do paciente: tórax, ombro, joelho e tornozelo, com câmaras de ionização Victoreen. Concluiu que:

a) o referido aumento da distância ponto focal-pele pode ser adotado, pois assim a quantidade de radiação no paciente e operador será reduzida, e em adição a isso obtem-se melhor definição das imagens:

b) o aparelho de raios X deverá ter uma correta

filtração;

c) filmes rápidos deverão ser usados;

d) algum tipo de proteção deve ser proporcionado ao paciente.

No ano seguinte, em 1956, BUDOWSKY e cols. (5) mediram a quantidade de radiação que um paciente recebia na cabeça e abdômem, em um exame radiográfico dentário - completo. Para detectar a radiação na cabeça, usaram uma câmara de ionização Victoreen 100 e para o abdômem utilizaram uma Victoreen 25. O aparelho foi regulado para 65 kVp e 10 mA, com 0,5 milímetros de alumínio, e empregando cone de 8 polegadas (20 cm). O tempo de exposição total foi de 41 segundos. Obtiveram uma média de exposição de 61,1 R na cabeça, e 0,4 R no abdômem. Concluíram que, considerada a dose de eritema como 300 a 400 R, esses dados são significativos para o paciente, e aconselharam o uso de diafragmas e filmes rápidos, visando diminuir ao máximo a quantidade de radiação a que se expõe o paciente, - pois, do ponto de vista genético, toda e qualquer radiação é perigosa.

Ainda em 1956, ETTER (16) demonstra que a dose de radiação, que atinge pacientes e atendentes, pode ser reduzida, com vantagem suplementar de fornecer ao dentista melhores condições de interpretação das imagens. Usou para isso um aparelho, inicialmente com 90 e depois com 100 kVp, filtração de 2 milímetros de alumínio, 1/15 de - segundo de exposição e técnica de 16 polegadas (paralelismo). Nestas condições, o paciente recebeu 0,09 R no primeiro e 0,07 R no segundo caso, quando foram usados filmes rápidos.

Em 1957, RICHARDS (29), operando em um aparelho com 65 kVp a uma distância foco-pele de 7,5 polegadas (19 cm), procedeu a um estudo em 29 universitários, todos do sexo masculino, a fim de determinar a dose mínima capaz de produzir um efeito visível (eritema) na parte flexora

do braço. Constatou que a dose de 165 R medidos no ar, correspondente a 600 mAS, foi suficiente para provocar esse eritema, em 3 de cada 4 indivíduos. O efeito tornava-se visível de 2 a 8 horas após a incidência da radiação e permanecia visível durante 1/5 a 1/3 do dia. Concluiu, recomendando que não se deve expor uma simples área da face a mais de 110 R ou seja 400 mAS, salientando que MACCOMB & QUIMBY (24), em experimento semelhante, também encontraram um efeito visível na mesma região, com 185 R medidos no ar.

Sem embargo das conclusões dos autores já citados, que falam sobre a vantagem da utilização da alta voltagem para melhor proteção do paciente, RICHARDS (31), em 1958, realizou um belo estudo tratando da exposição do profissional à radiação secundária, e concluiu que, quando se usam 65 kVp e 1 segundo de exposição, a radiação secundária seria 2,5 vezes menor que a produzida por um aparelho que opere com 90 kVp e 0,4 segundos de exposição. A-firma portanto que a exposição secundária é mais intensa quando se opera com alta voltagem. Verificou ainda que a radiação secundária segue, realmente, a lei do inverso do quadrado da distância. Assevera também que as pessoas recebem em seus corpos cerca de 0,4 mR proveniente da radiação cósmica e de minerais radiativos.

Nesse mesmo ano, o mesmo RICHARDS (30) relata - que num exame radiográfico de boca toda (14 radiografias) as gônadas de um homem adulto recebem 2,14 mR quando são usadas as seguintes condições: 65 kVp e 10 mA, num total de 28 segundos de exposição, filtro com 2,25 milímetros - de alumínio, e abertura do feixe de radiação, na ponta do cone, de 2,75 polegadas (7 centímetros). Nestas condições, a radiação total que incide na face do paciente é de 23,8 R e, portanto, apenas 1/10.000 dessa radiação poderia vir a ser geneticamente significativa.

Ainda em 1958, RICHARDS e cols. (36) estu

daram os fatores relacionados com a proteção aos raios X no consultório dentário. Entre outras conclusões, afirmam que o tempo em que a face do paciente e as gônadas ficam expostas pode ser reduzidos em 20%, se forem usados reveladores de alta energia, à temperatura de 68°F (20°C), sendo aumentado o tempo de revelação de 3 para 5 minutos.

Em 1959, CRANDELL & CHAPEL HILL (10), referindo-se à filtração de radiação em consultório dentário, diz que "As recomendações da Academia Americana de Radiologia Oral requerem o total de filtração de 2 milímetros de alumínio para aparelhos de radiologia dental". O Comitê Nacional de Proteção à Radiação sugere filtros equivalentes a 1,5 milímetros de alumínio. Porém, aqueles autores acrescentam que TROUT, KELLEY e CATHEY (43) aconselham o equivalente a 2 milímetros de alumínio para os aparelhos que operam com 50 a 70 kVp, e 3 milímetros para os que operam com 70 a 100 kVp, e 0,25 milímetros de cobre para os que operam com voltagem acima de 100 kVp. Os autores relataram que examinaram 117 aparelhos de raios X dentários, que operavam com 65 a 70 kVp, encontrando apenas 43 aparelhos que tinham filtros com a média de espessura de 0,75 milímetros de alumínio. Portanto, apenas 36,7% dos aparelhos alcançavam a metade da filtração exigida pelo Comitê Nacional de Proteção da Radiação dos Estados Unidos da América do Norte.

No ano seguinte, em 1959, preocupando-se com o quantum de radiação que o cirurgião dentista recebia, YALE & HAUPTFUEHRER (50) sugerem que o profissional poderá estabelecer um nível mais aceitável de segurança pessoal, se usar uma correta colimação e filtração, empregar filmes mais rápidos, e aumentar ainda a distância entre si e o paciente, durante a tomada de uma radiografia.

BARR e cols. (2), em 1960, apresentaram os resultados de um estudo realizado em 200 consultórios dentários, onde pesquisaram os níveis de dosagem de radia

ção. Concluíram que o nível de doses recebidas com aparelhos de raios X de 60 a 70 kVp foi de 18,1% mais baixo do que as recebidas com os de 45 a 55 kVp, para uma mesma filtração e colimação.

Nesse mesmo ano de 1960, YALE e cols.(51) mediram, em 80 crianças na idade compreendida entre 6 e 16 anos, a quantidade de radiação que chegava as gônadas durante um exame radiográfico intra bucal. A média da radiação foi feita com filmes dosimétricos, "Kodak Personal Monitoring Filme - Tipe I", colocados em um suporte sobre o assento da cadeira odontológica, em posição logo abaixo da área escrotal, externamente à vestimenta. O aparelho funcionou com 90 kVp, 15 mA, 2,5 milímetros de alumínio para filtração, sendo o diâmetro do feixe útil, na ponta do cone, de 2,75 polegadas, técnica do cone curto, e com um tempo de exposição individual médio de 1/15 segundo. Concluíram os pesquisadores que não houve aparente relação entre a idade do paciente e a dose recebida pelas gônadas, mas que esta diminui quando a razão peso/altura aumentava.

Ainda nesse mesmo ano de 1960, WUEHRMANN (47) publicou um livro em que faz um longo estudo a respeito do lugar apropriado para o profissional permanecer, durante um exame radiográfico, a fim de melhor se proteger dos efeitos da radiação, e conclui que os resultados expostos por RICHARDS (31), em 1958, são os melhores para tais fins. O mesmo WUEHRMANN indica que a dose máxima permissível, para o operador que trabalhe com aparelhos de raios X que não excedam a 200 kV, deve ser fixada em 100 mR (0,100 R) por semana. Contudo, salienta que, na realidade os casos em que as doses semanais ultrapassem 30 mR - (0,030 R) deveriam merecer estudos especiais para que fosse alcançada uma conveniente redução.

No ano seguinte, 1961, RICHARDS (32), reavaliando os estudos já feitos sobre os perigos dos raios X na

prática radiológica, achou que não há, na literatura, nenhum caso de catarata provocado por exames radiográficos dentários ou médicos, ao passo que em radioterapia aparecia um caso. Acrescenta ainda que, em estudos realizados, os cálculos indicaram que a radiação que chega à glândula tireóide, durante o exame radiográfico completo, corresponde a menos de 1% da dose recebida pela face.

Ainda em 1961, YALE (49) pesquisou as condições de proteção à radiação X, em um total de 1955 consultórios, localizados em diversos estados norte-americanos, concluindo que os profissionais se apresentavam ainda dentro da faixa de segurança, tão somente porque o coeficiente de uso do aparelho era muito pequeno, mas que em cada série de tomadas radiográficas eram ultrapassados os limites das doses permissíveis de radiação.

Novamente nesse ano de 1961, YALE (48) procurou determinar os níveis de radiação recebidos pelo paciente quando eram usados filmes de alta velocidade (ultra-speed) fazendo variar a voltagem. Usou no experimento uma filtração correspondente a 2 milímetros de alumínio, e uma colimação tal que o feixe de radiação apresentava, na ponta do cone, um diâmetro de 2,5 e 2,75 polegadas, com o aparelho funcionando a 65 kVp e 10 mA. A radiação recebida pelo profissional diminuía de 0,067 mR (sic) para 0,012 mR, quando a distância entre o cliente e ele era aumentada de 3 para 7 pés (0,91 metros para 2,13 metros); e com o aparelho funcionando a 90 kVp e 10 mA, a radiação diminuía de 0,361 mR para 0,069 mR, com o mesmo aumento de distância.

Em 1963, WAINWRIGHT & CALIF (44) determinaram que a dose gonadal diminuía com a distância plano da linha do lábio-gônadas, e também que em pessoas obesas a quantidade de radiação que atinge as gônadas é menor que nas pessoas de corpulência normal. Demonstrou ainda que com o aumento da filtração e da quilovoltagem, a dose do

paciente, como um todo, é aumentada, sem que contudo a dose gonadal seja afetada.

Nesse mesmo ano, 1963, WILLIAMSON (46) apresentou o resultado de 9 anos de estudos sobre a proteção da radiação na Nova Zelândia. Nesse estudo concluiu, com o auxílio de filmes dosimétricos individuais, que os dentistas daquele país recebem uma dose de radiação tão baixa quanto 1% da dose máxima permitida semanalmente, que é 300 mR. Acrescenta que o dentista se coloca na distância mínima de 1,22 metros atrás ou em qualquer dos lados do cabeçote do aparelho, tornando a proteção satisfatória.

SLOANE (40), em 1964, fez uma avaliação crítica, focalizando o quanto pioraram as imagens radiográficas, desde o momento em que surgiu uma super-preocupação em expor o paciente ao mínimo possível de radiação. Para tal, os pesquisadores estabeleceram um aumento da quilovoltagem, diminuindo assim o tempo de exposição. Ora, segundo SLOANE, ainda que o paciente seja exposto à radiação por um tempo menor, o montante total de radiação será o mesmo. Acrescenta o autor que os efeitos gerais, quando o corpo todo é exposto à radiação dentária, são avaliados através dos órgãos hematopoiéticos, sistema endócrino, e esses efeitos só aparecerão quando os órgãos e sistemas são expostos a grandes doses e por tempo prolongado. Quanto às gônadas, SLOANE (40) cita outro autor, CULVER (12), que afirmou: "As doses que as gônadas recebem por exposição são: no homem, 0,34 mR; e na mulher, 0,05 mR; e para que haja uma mudança genética no homem são necessários - 30.000 exposições, e na mulher 167.000 exposições". O autor conclui daí que, por superestimarmos as consequências da radiação, aceitamos radiografias que deixam muito a desejar, como auxiliares de diagnóstico.

Ainda nesse ano de 1964, SCAVOTTO e cols. (38), em pesquisa realizada para dentistas e seus auxiliares, concluíram que os níveis de radiação, durante a

operação com aparelho de raios X dentário, tornam-se moderados quando os acessórios, tais como filtro, colimadores e diafragmas, são usados corretamente.

Em 1964, RICHARDS (33) estudou as fontes de radiação secundária na prática da radiologia dentária. Neste trabalho, utilizou câmaras com pequenas perfurações - que foram colocadas na altura do plano oclusal de um manequim que simulava um paciente. Em número de oito, essas câmaras situavam-se em uma circunferência horizontal de raio igual a 16,78 centímetros, cujo centro coincidia com o centro da boca do manequim, e localizavam-se na extremidade de raios que faziam entre si ângulos de 45° .

Corroborando as conclusões de YALE (48), em 1961, o autor acima citado diz que o profissional pode - prevenir-se da radiação primária, não ficando no trajeto do feixe útil de radiação. Com o aumento da distância profissional-paciente, uso de filmes mais rápidos, e também com a escolha de um local de maior segurança na sala, ou seja, sob ângulos de 45° ou 90° em relação ao feixe de radiação primária, ou ainda diretamente atrás do cabeçote do aparelho, sua proteção torna-se bastante satisfatória.

Dois anos depois, 1966, MICHAL (25) publicou estudos sob a radiação, realizados em 4 institutos de radiologia dental na cidade de Praga, onde concluiu ser o perigo da radiação, para o paciente, negligenciável.

Ainda em 1966, FINDLAY (17) publicou um trabalho onde sugere as seguintes normas para o profissional - se proteger contra a radiação:

A - Se o aparelho de raios X for utilizado em sala pequena:

- I - as coberturas das paredes e da porta devem ser de 0,25 a 0,5 milímetros de chumbo;
- II - as paredes deverão ter, se possível, 4,5 po legadas de espessura (11,5 cm);

- III - a sala de visita não deverá ser adjacente - ou em frente à porta;
- IV - a sala deverá ter somente o aparelho de raios X e a cadeira;
- V - o aparelho de controle deverá ficar atrás de uma proteção contra radiação, ou o fio do disparador deverá ser bastante longo.

B - Se a sala for grande:

- I - o aparelho de raios X deverá situar-se em um canto da mesma;
- II - o aparelho deverá ter uma colimação tal que o feixe útil da radiação apresente, na ponta do cone, um diâmetro de 2,75 polegadas (7 cm);
- III - o aparelho deverá ter uma filtração equivalente a 2 milímetros de alumínio;
- IV - os filmes empregados deverão ser ultra-rápidos;
- V - os pacientes sempre devem ser protegidos - com avental de chumbo;
- VI - o profissional e pessoal auxiliar deverão sempre usar um dosímetro para controle.

No ano de 1967, RICHARDS (34) fez um estudo objetivando obter uma visão mais realística dos "fatores de uso" a serem empregados no planejamento das barreiras à radiação primária, na tomada radiográfica. Realizou esta pesquisa construindo uma maquete de um consultório, onde as paredes, o piso e o teto foram cobertos com papel fotográfico, e ali instalou um aparelho de raios X simulado.- Verificou que a parede em frente ao paciente e o teto não eram expostos ao feixe primário, durante os procedimentos normais.

Em 1968, O'BRIEN (26) publicou seu artigo onde diz que a dose de radiação em uma área específica, como é o caso da radiografia dental, não pode ser comparada com doses em termos de corpo todo, ou com a dose genética. Mas diz, também que em cada série de radiografias de boca toda do paciente, uma pequena porção de radiação alcança as células genéticas, via radiação secundária. Essa quantidade é estimada em cerca de 1 mR para o homem, e 1/5 a 1/7 dessa porção para a mulher, isso devido à localização de seus órgãos reprodutores.

Nesse mesmo ano, de 1968, RICHARDS (35), comentando o problema da redução da exposição gonadal, diz que para os pacientes adultos do sexo masculino a quantidade de radiação que atinge a região gonadal é aproximadamente 1/10.000 da dose incidente na cabeça do paciente, e que, para as mulheres, seria apenas 1/5 da dose gonadal masculina. Em um exame radiográfico periapical, com 14 filmes ultra-speed, 65 kVp, 2 milímetros de alumínio como filtração, técnica do cone curto, e 5 minutos de revelação, ocorreria uma exposição gonadal de 0,00045 R na mulher adulta.

Em 1969, BEAN & DEVORE (3) fizeram um estudo testando 2 tipos de aventais de chumbo para proteção da região gonadal. As medidas da radiação foram feitas com uma câmara de ionização "Victoreen Minemeter", e foi usado no estudo um aparelho GE-60 - 65 kVp, filtro de alumínio com 2,5 milímetros de espessura e filmes ultra-speed, durante as radiografias de boca toda. A radiação nas gônadas foi maior quando se usou a técnica radiográfica da bissetriz (cone curto), e menor quando se empregou a técnica do paralelismo (cone longo). Os aventais protetores reduziram bastante a radiação nesta área, tendo sido observadas diferenças pequenas entre os dois tipos empregados.

Ainda em 1969, KORT (21), efetuou estudos a res

peito das doses de radiação X absorvidas, quando são utilizadas alta e baixa voltagens. Para tanto, colocou filmes dosimétricos entre os dentes e bochecha dos pacientes, e o resultado final acusou que a radiação decorrente da baixa voltagem era absorvida pela bochecha, em proporção 5,6 vezes maior que a da alta voltagem.

ROLOFSON e cols. (37), em 1969, usaram manequim simulando paciente, e operando um aparelho de 90 kVp e 1,25 mA por 12 horas continuamente para produzir as radiografias, preocuparam-se em estudar a área de maior risco crônico, ou seja a área gonadal do operador. Com seus resultados, afirmaram que um valor mínimo de exposição ao nível gonadal do operador existe, em qualquer lugar da sala. Concluíram também, em concordância com outros autores, que em relação ao profissional pode-se reduzir o perigo de exposição à radiação, ficando ele na maior distância possível do paciente. E citam ainda SPALDING & COWING (41), afirmando que estes autores "foram incapazes, após o término do seu trabalho, de fazer uma afirmação definitiva a respeito do melhor lugar para o operador permanecer durante as tomadas de radiografias dentárias".

Nesse mesmo ano de 1969, SCAVOTTO e cols. (39) apresentaram trabalho sobre o progresso no controle da radiação em consultório dentário, mostrando que o tempo de exposição foi reduzido de 80% nos últimos 10 anos, mas que nova redução poderia ser feita se o dentista utilizasse filmes mais rápidos e técnicas de revelação mais precisas. Mostraram também que com isso haverá uma redução na exposição do paciente. Finalizam, comentando que o profissional, em seus consultórios, são menos cuidadosos com respeito a sua proteção, do que o eram em tempo de estudante.

Em 1970, BUSHONG e cols. (6) fizeram um trabalho, para estudar o local de maior incidência da radia-

ção X em um operador que se protegia com avental de chumbo, e portava filmes dosimétricos colocados na região da cintura e da gola da camisa acima do avental de chumbo. O autor frisa que os resultados encontrados coincidem com os de SPALDING & COWING (41), que afirmam ser a radiação perdida, que incide no profissional por traz do avental de chumbo, maior do que a que o atravessa.

KLINE e cols. (19), em 1970, fizeram avaliações dosimétricas em 30 instalações de radiologia dentais situadas em Massachusetts. Empregaram onze dosímetros, dos quais dez eram do tipo termoluminescente, de fluoreto de lítio, e o último era um filme dosimétrico na região gonadal. Quatro cápsulas de fluoreto de lítio foram colocadas nas paredes, a 1 metro do solo, formando ângulos de 90° entre si. Dois dosímetros foram colocados na parte interna do cone apontador, próximo à janela da ampola de raios X; um dosímetro foi colocado atrás do colimador de chumbo, protegido do feixe direto de raios X; um dosímetro foi colocado na extremidade do cone apontador, preso com fita adesiva. Dois dosímetros - foram colocados sobre o assento da cadeira odontológica, em local exatamente sob a área gonadal. Os autores concluíram que os dosímetros termoluminescentes apresentam vantagens sobre os filmes dosimétricos, quanto à precisão da carga de trabalho e quanto ao custo e finalidades de uso.

Nesse mesmo ano de 1970, KOCHER e cols. (20) realizaram um trabalho usando dosímetros individuais, e concluíram que os discos de fluoreto de lítio são preferíveis aos dosímetros de filme, por apresentarem maior precisão em diversas condições de uso.

No ano seguinte, em 1971, BUSHONG e cols. (7) fizeram um estudo do nível de radiação, que os pacientes tomaram durante radiografia dental, em três diferentes técnicas. Para tal, usaram como dosímetros o TLD-100 (fluoreto de lítio de alta sensibilidade). Para a pri

meira técnica, usaram um aparelho GE, operando em 65 kVp, 10 mA, filtração a 2,22 milímetros de alumínio, filme de lenta exposição, num total de 38 segundos de exposição, para 18 radiografias. Na segunda técnica, usou um aparelho GE, operando com 90 kVp, 15 mA, filtração equivalente a 3,25 milímetros de alumínio, filme (ultra-speed) e 3,05 segundos de exposição total nas 18 radiografias. Para a terceira técnica, usou aparelho Panorâmico (SSW), operando com 80 kVp, 10 mA, com filme próprio ultra rápido (ultra-speed). Concluiu que com a técnica de alta voltagem e filme ultra rápido, a quantidade de radiação recebida pela tireóide, iris, pele e gônadas foi menor do que a quantidade de radiação que atingiu esses mesmos órgãos quando se usou a técnica de 65 kVp, e 10 mA, porém a técnica da radiografia panorâmica foi a que menor radiação apresentou.

Em 1972, CROSBY (11) fez um estudo comparativo entre filmes dosimétricos e dosímetros termoluminescentes, empregando um total de 120 dosímetros. Nos 15 casos em que utilizou os filmes dosimétricos, a quantidade de radiação captada foi, no mínimo, 10 vezes menor do que as captadas pelos dosímetros termoluminescentes. Este trabalho foi realizado com a cooperação de dez auxiliares, que revezavam-se em 3 hospitais, no período de um ano, trabalhando com diagnóstico radiográfico, radioterapia, e medicina nuclear.

Ainda em 1972, GREER (18) realizou um estudo com dosímetro termoluminescente de fluoreto de lítio em pó, para determinação e análise das doses de radiação absorvidas, durante o emprego de várias técnicas intra-buciais e diferentes quilovoltagens. Para tanto, construiu um manequim constituído de um crânio humano revestido de uma camada composta de uma mistura de parafina, dióxido de titânio, óxido de magnésio, em determinadas proporções (mistura D), como correspondentes aos tecidos moles, do

ponto de vista da absorção das radiações, a pesquisa era determinar as doses de radiação incidentes no corpo da mandíbula, área submandibular, base da língua, cela túrcica e órbita. Mostrou ainda, não haver diferenças estatisticamente significantes nas doses determinadas para a região da tireóide, para as diferentes técnicas usadas; entretanto, achou diferenças estatisticamente significantes nas doses de superfície de córnea, para as técnicas empregadas. Para a chamada Técnica V, em que GREER operou com 60 kVp, 10 mA, 2,5 milímetros de alumínio como filtração, e empregou cone apontador fechado, com 4 polegadas de comprimento, e 8 polegadas de distância foco-filme, esse autor obteve uma média de 0,041 rad, detectada na região de tireóide e 0,271 rad na região da córnea, para cada tomada radiográfica.

Em 1974, LILIENTHAL (22), comentando os resultados dos estudos realizados pela Academia Nacional de Ciências americana, em Hiroshima, Nagasaki e Ilhas Marshall, em 1954, diz que a radiação X decorrente de exame radiográfico não causa efeito sobre o crescimento e desenvolvimento do ser humano, desde que seja usada a proteção preconizada por essa Academia. Diz ainda que uma única dose de exposição pré-natal pode causar anormalidades morfológicas no feto, quando a dose recebida pela mãe estiver entre 25 e 50 rad, conforme ficou provado em Hiroshima e Nagasaki. Concluindo o capítulo a respeito do desenvolvimento, frisa o autor que um baixo nível de exposição crônica de radiação X pode alterar o desenvolvimento do feto, desde que a dose seja de, no mínimo, 1 rad por dia, na área correspondente ao ventre da mãe, durante o período de gestação.

*

*

*

Capítulo III
PROPOSIÇÃO

PROPOSIÇÃO

Considerando a relativa deficiência de dados, colhidos in vivo, sobre os níveis de radiação que atinge o paciente e operador, durante o trabalho radio-odontológico normal, e tendo em vista o aperfeiçoamento do processo de medida por meio da termoluminescência, propomos a determinar:

1 - a dose média de radiação que atinge a região gonadal do operador desprotegido, num trabalho radio-odontológico normal, considerando os diferentes tipos morfológicos de face e as diversas regiões radiografadas;

2 - a possível existência, na sala onde se procedem as tomadas radiográficas, de posições privilegiadas quanto a menor incidência da radiação sobre a região das gônadas do operador, considerando as diversas regiões radiografadas e os diferentes tipos morfológicos de face;

3 - as possíveis diferenças, entre si, dos grupos de indivíduos — separados segundo os cinco tipos morfológicos de face, de acordo com a classificação modificada por ÁVILA (1) no tocante aos níveis médios de radiação que irão incidir sobre as áreas corporais consideradas críticas, do próprio paciente e do operador, ambos desprotegidos;

4 - a dose média de radiação que atinge a região da pele da face do paciente, num exame radio-odontológico normal, considerando os diferentes tipos morfológicos de face e as diversas regiões radiografadas;

5 - a dose média de radiação que atinge a região de íris do paciente, num exame radio-odontológico -

normal, considerando os diferentes tipos morfológicos de face e as diversas regiões radiografadas;

6 - a dose média de radiação que atinge a região da tireóide do paciente, num exame rádio-odontológico normal, considerando os diferentes tipos morfológicos de face e as diversas regiões radiografadas;

7 - a dose média de radiação que atinge a região gonadal do paciente, num exame rádio-odontológico normal, considerando os diferentes tipos morfológicos de face e as diversas regiões radiografadas;

8 - a relação numérica entre os níveis médios de radiação incidente sobre a região de gônadas do profissional e a do paciente, considerando os diferentes tipos morfológicos de face e as diversas regiões radiografadas;

9 - as relações numéricas existentes entre os níveis médios de radiação que atinge as regiões de íris e de tireóide e de gônadas do paciente, e aquela incidente sobre a pele da face do mesmo paciente, num exame rádio-odontológico normal, considerando os diferentes tipos morfológicos de face e as diversas regiões radiografadas.

*

*

*

Capítulo IV
MATERIAIS E MÉTODOS

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização da presente pesquisa, procuramos trabalhar com voluntários pertencentes a um "universo" relativamente homogêneo do ponto de vista de idade e de condições sócio-econômicas, como os estudantes da Faculdade de Odontologia de Piracicaba da UNICAMP. Dentre os estudantes que se apresentaram como voluntários, escolhemos vinte e cinco, todos leucodermos, do sexo masculino, com idade variando entre 18 e 24 anos.

Com os estudantes aceitos foram formados 5 grupos, de 5 indivíduos cada grupo, de acordo com a classificação do "Tipo Morfológico de Face" (TMF), adaptada por ÁVILA (1), que estabelece a relação centesimal entre a altura morfológica da face (AMF) e a respectiva largura (diâmetro bizigomático), representada pela fórmula:

$$TMF = \frac{AMF \times 100}{\text{diâmetro zigomático}}$$

Nesta classificação, o autor separa os 5 tipos morfológicos, de acordo com o coeficiente obtido pela equação acima citada, assim distribuídos:

Hipereuriprósopo ...	X	---	78,9
Euriprósopo	79	---	83,9
Mesoprósopo	84	---	87,9
Leptoprósopo	88	---	92,9
Hiperleptoprósopo ..	93	---	X

Os indivíduos do grupo chamado hipereuriprósopo são aqueles em que a largura predomina de forma acentuada sobre a altura da face.

Os indivíduos do grupo chamado euriprósopo são os em que a largura morfológica da face é proporcionalmente maior do que a altura da face.

Os indivíduos do grupo chamado mesoprósopo são aqueles em que a largura morfológica da face apresenta dimensões proporcionalmente iguais à altura da face.

Os indivíduos do grupo chamado leptoprósopo, ao contrário dos dois primeiros grupos citados, são os que apresentam a altura morfológica da face proporcionalmente maior que a largura da face.

Finalmente, os indivíduos do grupo chamado hiperleptoprósopo são os que apresentam uma predominância acentuada da altura da face sobre a largura da face, em comparação com os outros tipos.

Os jovens escolhidos apresentavam, ao exame clínico, todos os dentes, admitindo-se entretanto a ausência dos terceiros molares, e a presença de trabalhos normais de dentística, como restaurações, blocos fundidos e jaquetas, e trabalhos de endodontia — tratamento de canais. Foram rejeitados os que apresentavam trabalhos de prótese parcial removível, prótese total removível e pontes fixas.

Os jovens admitidos tinham um peso que variava entre 60 e 70 quilos e uma altura entre 1,65 a 1,78 metros.

Cada indivíduo foi submetido a uma série de oito tomadas radiográficas, nas regiões correspondentes a: incisivos superiores, canino superior esquerdo, pré-molares superiores esquerdos, molares superiores esquerdos, incisivos inferiores, canino inferior esquerdo, pré-molares inferiores esquerdos e molares inferiores esquerdos.

As radiografias foram tomadas com um aparelho - GE-90, modelo 11CE2 regulável, operando com 65 quilovolts e 10 miliampers por um tempo de 1/2 segundo. O aparelho possui uma filtração de 1,5 milímetro de alumínio e uma colimação tal que apresente um diâmetro do feixe útil, - igual a 7 cm, a uma distância ponto focal — filme de 20 cm.

Operando nas condições acima citadas, o apare-

lho possui um feixe de raios X com energia efetiva de 24 KeV, e "H.V.L." igual a 1,4 mm de alumínio.

Essas determinações da energia efetiva e rendimento do aparelho foram realizadas pela "Assessoria Técnica em Física Médica Ltda", firma que faz rotineiramente a dosimetria de aparelhagem de radioterapia de vários hospitais da capital de São Paulo.

Para o exame radiográfico intra-bucal, os pacientes foram colocados na posição usual, em uma cadeira odontológica "Suprema", obedecendo a técnica da bisettriz (localizador curto, aproximadamente 20 centímetros), para a tomada de radiografias periapicais. Nos pacientes foram colocados dosímetros de cristal de fluoreto de lítio-700, medindo 3 por 3 milímetros de base por 2 milímetros de espessura, adquiridos diretamente na fábrica americana - "The Harschaw Chemical Company" - no Estado de OHIO, E.U.A.

Esses dosímetros foram previamente embalados em plástico, da seguinte maneira: sobre uma prancha retangular de madeira, bem emparelhada e lixada, colocamos um retângulo de plástico de 0,003 milímetros de espessura, medido em um micrômetro "Mitutoyo", e com um tamanho de 15 por 50 centímetros; sobre esse retângulo distribuimos os cristais de fluoreto de lítio-700, aos pares. Sobre os cristais colocamos outro retângulo de plástico, igual ao primeiro, e sobre esse conjunto estendemos um retângulo - um pouco maior, de papel celofane. Para conseguir a prensagem e auto selagem das bordas dos discos de plástico (invólucros dos cristais) usamos um ferro elétrico de soldar, marca Fame, de 100 watts e 110 volts, convenientemente modificado, da seguinte maneira: substituímos a ponta original por uma ponta cilíndrica, de latão, medindo 1,8 centímetros de diâmetro, em cuja parte central torneamos uma cavidade de 1,6 centímetros de diâmetro por 0,8 centímetros de profundidade. A outra extremidade desse cilindro foi também torneada, de modo a ser encaixada no ferro de

soldar.

Com esse aparelho previamente aquecido, prensamos por alguns segundos as lâminas de plástico, formando anéis de selagem em torno de cada par de cristais, e ao mesmo tempo separando os discos, assim delimitados, do seu conjunto inicial. Desta forma, obtivemos os cristais de fluoreto de lítio-700 em embalagens de saquinhos plástico, discoides, ficando portanto protegidos de umidades e impurezas:

Os dosímetros assim preparados foram colocados nas regiões dos pacientes, correspondente a: cristalino e íris (pálpebras), pele da área radiografada, região de tireóide, região gonadal e finalmente no filme, usando, para fixá-los, fita adesiva "Scotch" incolor.

Também colocamos dosímetros ao redor da sala onde foram tomadas as radiografias. Tal sala media 2 por 2 metros, e os dosímetros ficaram a 1 metro do solo, portanto na altura aproximadamente correspondente à região gonadal do profissional. Aí foram usados 16 dosímetros, colocados em oito posições, de tal maneira que, tomando a cabeça do paciente como centro, eles se dispunham aos pares, sob ângulos sucessivos de 45° , isto é, atrás do paciente teríamos 0° , e deslocando-se seguindo os movimentos dos ponteiros de um relógio, 45° , 90° , 135° , 180° , 225° , 270° e 315° . (Ilustração 1).

Em cada dia de operação radiográfica, dez dosímetros eram especialmente sensibilizados, nos tempos de $3/10$, $2/5$, $1/2$, $4/5$ e 1 segundo, para poder ser feita a curva de calibração, correspondente às condições daquela série diária. Além disso, outra série de 6 dosímetros, que não foram sensibilizados pelos raios X, foi usada para a avaliação da radiação de fundo (background).

Neste trabalho, utilizamos um total de 120 dosímetros em cada leitura, sendo que cada paciente era radiografado primeiramente na região do maxilar superior, e só voltava a ser novamente exposto a radiação após 25 semanas, pois fazíamos as dosagens em 1 paciente por semana.

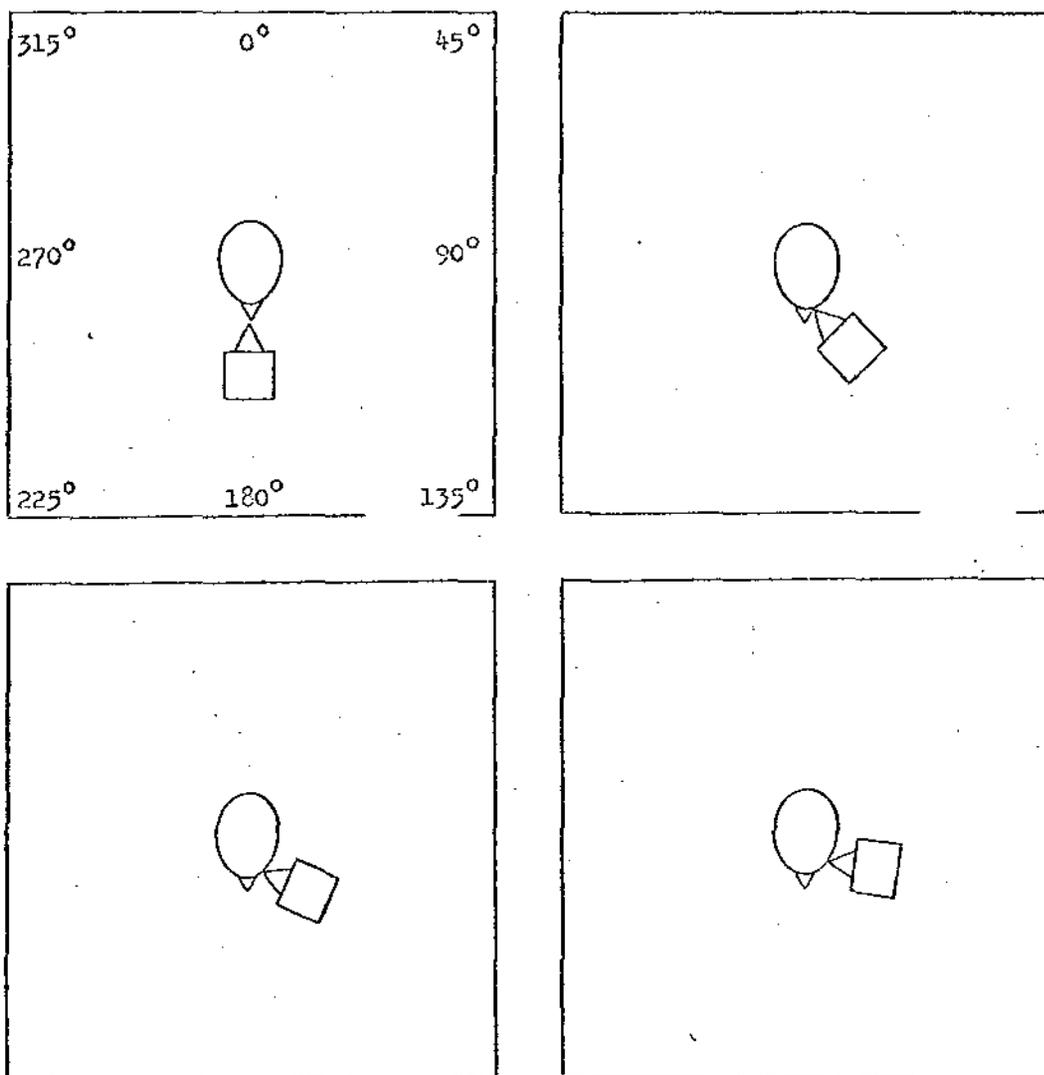


Ilustração I - Posições correspondentes à distribuição dos dosímetros na sala e posicionamento do cabeçote do aparelho de raios X nas quatro regiões estudadas (sup. e inf.).

Os 120 dosímetros eram assim distribuídos: para cada região do paciente, a ser radiografada, utilizávamos 26 dosímetros — 16 nos pontos da sala, correspondentes à região gonadal de um profissional, e 10 dosímetros nas regiões do paciente, por nós considerada. Como eram radiografadas 4 regiões, tivemos no final de cada série, um total de 104 dosímetros. Como já dissemos, os 16 dosímetros remanescentes eram divididos em dois grupos: 10 dosímetros foram sensibilizados nos tempos acima descritos, para a confecção da curva de calibração, e os 6 restantes, não eram sensibilizados, para podermos ter a radiação de fundo.

Pela calibração do aparelho de raios X, realizada pela equipe de físicos, já mencionada, sabe-se que, nas condições em que operamos — 65 kVp, 10 mA, 1,5 milímetros de alumínio como filtração, em um tempo de 1 segundo de exposição — teremos 0,820 rad no ar. De posse desse dado, e fazendo-se a leitura das doses correspondentes a 3/10, 2/5, 1/2, 4/5 e 1 segundo, pudemos fazer uma curva de calibração do material de medida. A seguir, os dados referentes às posições da sala e regiões do paciente eram levadas ao gráfico de calibração, obtendo-se assim a dose de radiação que atingia a região em que o dosímetro se encontrava.

Uma vez sensibilizados os dosímetros, eram eles colocados em um "castelo de chumbo", evitando assim eventual exposição a radiação de qualquer natureza. Esse "castelo de chumbo" tem a forma de um prisma retangular, medindo 7 por 10 centímetros de base e 7 centímetros de altura, com paredes de 5 milímetros, protegendo a câmara interna.

Assim resguardados, os dosímetros foram transportados para o I.E.A. — Instituto de Energia Atômica — Cidade Universitária - USP - São Paulo.

A leitura da energia acumulada, pelos cristais

de fluoreto de lítio-700, foi por nós executada no Departamento de Física Nuclear, na Divisão de Física do Estado Sólido - Instituto de Energia Atômica. Para tal, utilizamos um aparelho produzido pela firma "The Harshaw Chemical Company", composto por um "Thermoluminescence Detector" - modelo 2000A, (Fig. 1), um "Automatic Integrating Picoameter" modelo 2000B (Fig. 2) e um graficador marca "Keithley Corder 270".

Tais leituras dos dosímetros eram feitas sempre entre 64 e 72 horas depois das tomadas radiográficas realizadas em Piracicabã. Essas tomadas eram feitas sistematicamente às sextas-feiras, no final da tarde, na sala de tomadas de radiografias, da Disciplina de Radiologia - em Piracicaba, e procedíamos a leitura na segunda feira pela manhã, no I.E.A. (São Paulo), logo que o Departamento começava a funcionar. Tomávamos esse cuidado para evitar que o aparelho Harshaw do I.E.A. fosse eventualmente utilizada para leituras prévias de altas doses de radiação, o que poderia mascarar os nossos resultados.

Para a leitura, os cristais eram removidos da embalagem com o auxílio de uma tesoura e uma pinça, e colocados, um de cada vez, no "Thermoluminescence Detector", já previamente limpo de qualquer impureza, regulado e calibrado, e posto em funcionamento. Desta maneira, o cristal era aquecido a uma temperatura ao redor de 250° centígrados. A energia acumulada pelo cristal, e liberada sob a forma de energia luminosa, era captada por meio de um processo fotoelétrico e transmitida a um segundo aparelho, "Automatic Picoameter", que fornecia então os dados numéricos correspondentes.

Terminada essa fase do trabalho, os cristais de fluoreto de lítio-700 passavam por um processo de limpeza, isto é, remoção de toda a energia por ele acumulada.

Para isso, utilizamos um forno "K.H.Hupper" -

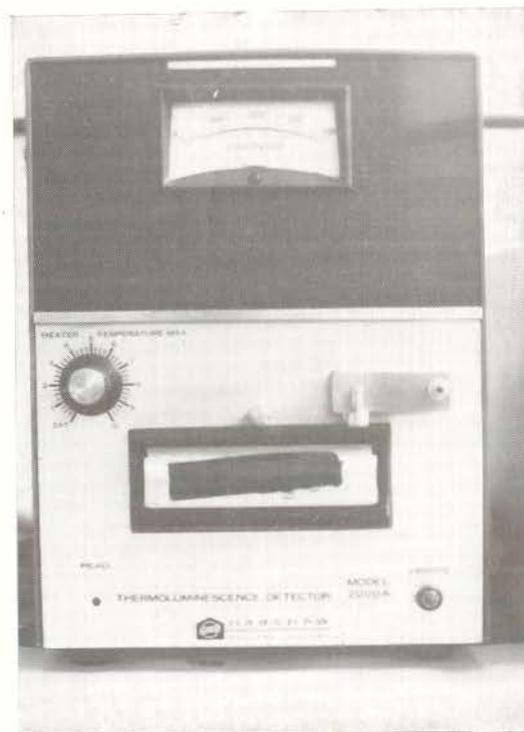


Figura 1



Figura 2

(Fig. 3), que foi calibrado e regulado com o auxílio de um pirômetro "Engro 200" (Fig. 4), para funcionar durante 1 hora à temperatura de $400^{\circ} \pm 10^{\circ}$ centígrados.

Os cristais foram colocados em um recipiente de alumínio, de modo que ficassem espalhados, e não superpostos, e esse recipiente era assim levado ao forno. Depois de 1 hora, o recipiente era removido do forno e colocado sobre uma placa retangular de alumínio, medindo 10 por 18 centímetros de base, por 2 centímetros de espessura. A finalidade dessa placa é difundir rapidamente o calor dos cristais, resfriando-os até a temperatura ambiente.

Em seguida, o recipiente com os cristais eram levados a uma estufa W.R.Herau (Fig. 5), a uma temperatura de 80° centígrados, de precisão $\pm 1^{\circ}$ centígrado, por 24 horas.

Após esse processo de limpeza, os cristais de fluoreto de lítio-700 se apresentavam em condições de serem novamente utilizados.

*

*

*

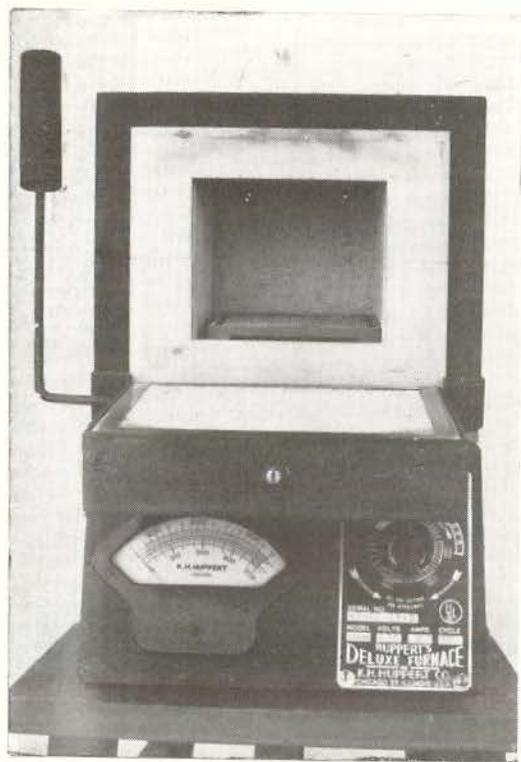


Figura 3



Figura 4



Figura 5

Capítulo V
RESULTADOS OBTIDOS

DADOS OBTIDOS NAS REGIÕES DOS INCISIVOS SUPERIORES E CANINO SUPERIOR ESQUERDO, NOS CINCO TIPOS MORFOLÓGICOS DE FACE.

Regiões	Posições dos dosímetros	Tipos Morfológicos de Face				
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
Incisivos Superiores	0°	0,0010	0,0110	0,0500	0,0045	0,0120
	45°	0,0110	0,0230	0,0100	0,0240	0,0160
	90°	0,0030	0,0570	0,0440	0,0080	0,0032
	135°	0,0110	0,0160	0,0066	0,0110	0,0055
	180°	0,0150	0,0061	0,0980	0,0098	0,0120
	225°	0,0610	0,0080	0,1050	0,0054	0,0070
	270°	0,0700	0,0190	0,0980	0,0110	0,0070
	315°	0,0260	0,0145	0,0720	0,0160	0,0120
Canino Superior Esquerdo	0°	0,0400	0,0052	0,0350	0,0240	0,0110
	45°	0,0013	0,0125	0,0500	0,0190	0,0090
	90°	0,0310	0,0056	0,0350	0,0170	0,0098
	135°	0,0350	0,0070	0,0400	0,0340	0,0120
	180°	0,0650	0,0090	0,0030	0,0170	0,0240
	225°	0,0310	0,0190	0,0210	0,0110	0,0900
	270°	0,0890	0,0100	0,0510	0,0090	0,0056
	315°	0,0500	0,0127	0,0046	0,0195	0,0072

T₁ = Hipereuriprósopo

T₂ = Euriprósopo

T₃ = Mesoprósopo

T₄ = Leptoprósopo

T₅ = Hiperleptoprósopo

DADOS OBTIDOS NAS REGIÕES DOS PRÉ-MOLARES E MOLARES SUPERIORES ESQUERDOS, NOS CINCO TIPOS MORFOLÓGICOS DE FACE

Regiões	Posições dos dosímetros	Tipos Morfológicos de Face				
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
Pré-Molares Superiores Esquerdos	0°	0,0400	0,0061	0,0250	0,0155	0,0056
	45°	0,0410	0,0086	0,0230	0,0099	0,0089
	90°	0,0210	0,0076	0,0610	0,0100	0,0066
	135°	0,0015	0,0030	0,0960	0,0100	0,0054
	180°	0,0150	0,0167	0,0560	0,0089	0,0054
	225°	0,0210	0,0140	0,0410	0,0058	0,0110
	270°	0,0200	0,0096	0,0540	0,0150	0,0072
	315°	0,0170	0,0130	0,0010	0,0230	0,0051
Molares Superiores Esquerdos	0°	0,0185	0,0180	0,0680	0,0260	0,0180
	45°	0,0034	0,0205	0,0520	0,0028	0,0052
	90°	0,0010	0,0110	0,0540	0,0046	0,0120
	135°	0,0170	0,0150	0,0640	0,0066	0,0068
	180°	0,0110	0,0290	0,0400	0,0110	0,0098
	225°	0,0570	0,0180	0,0410	0,0120	0,0098
	270°	0,0010	0,0228	0,0840	0,0100	0,0098
	315°	0,0030	0,0100	0,0820	0,0180	0,0100

T₁ = Hipereuriprósopo

T₂ = Euriprósopo

T₃ = Mesoprósopo

T₄ = Leptoprósopo

T₅ = Hiperleptoprósopo

DADOS OBTIDOS NAS REGIÕES DE INCISIVOS INFERIORES E CANINO INFERIOR ESQUERDO,
NOS CINCO TIPOS MORFOLÓGICOS DE FACE

Regiões	Posição dos dosímetros	Tipos Morfológicos de Face				
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
Incisivos Inferiores	0°	0,0140	0,0250	0,0480	0,0072	0,0100
	45°	0,0010	0,0125	0,0460	0,0180	0,0062
	90°	0,0150	0,0120	0,0800	0,0100	0,0028
	135°	0,0010	0,0069	0,0190	0,0048	0,0075
	180°	0,0400	0,0078	0,0540	0,0066	0,0048
	225°	0,0010	0,0110	0,0400	0,0140	0,0150
	270°	0,0260	0,0041	0,0540	0,0100	0,0160
	315°	0,0010	0,0049	0,0480	0,0190	0,0080
Canino Inferior Esquerdo	0°	0,0410	0,0145	0,0620	0,0410	0,0067
	45°	0,0260	0,0086	0,0034	0,0180	0,0140
	90°	0,0010	0,0147	0,0560	0,0145	0,0054
	135°	0,0560	0,0090	0,0540	0,0026	0,0052
	180°	0,0010	0,0064	0,0430	0,0170	0,0086
	225°	0,0011	0,0090	0,3600	0,0120	0,0200
	270°	0,0010	0,0042	0,0058	0,0095	0,0074
	315°	0,0010	0,0066	0,0720	0,0100	0,0043

T₁ = Hipereuriprósopo

T₂ = Euriprósopo

T₃ = Mesoprósopo

T₄ = Leptoprósopo

T₅ = Hiperleptoprósopo

DADOS OBTIDOS NAS REGIÕES DE PRÉ-MOLARES E MOLARES INFERIORES ESQUERDOS, NOS CINCO TIPOS MORFOLÓGICOS DE FACE

Regiões	Posição dos dosímetros	Tipos Morfológicos de Face				
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
Pré-Molares Inferiores Esquerdos	0°	0,0220	0,0008	0,0560	0,0220	0,0140
	45°	0,0220	0,0310	0,0900	0,0220	0,0060
	90°	0,0010	0,0100	0,0900	0,0170	0,0045
	135°	0,0150	0,0117	0,0090	0,0260	0,0051
	180°	0,0011	0,0270	0,0780	0,0180	0,0041
	225°	0,0010	0,0350	0,0780	0,0098	0,0019
	270°	0,0026	0,0270	0,0200	0,0072	0,0058
	315°	0,0069	0,0200	0,0600	0,0072	0,0012
Molares Inferiores Esquerdos	0°	0,0034	0,0064	0,0066	0,0390	0,0250
	45°	0,0065	0,0100	0,0042	0,0180	0,0110
	90°	0,0036	0,0200	0,0008	0,0350	0,0066
	135°	0,0010	0,0092	0,0016	0,0083	0,0034
	180°	0,0031	0,0064	0,0060	0,0086	0,0024
	225°	0,0060	0,0140	0,0040	0,0140	0,0170
	270°	0,0045	0,0130	0,0070	0,0190	0,0033
	315°	0,0063	0,0074	0,0084	0,0310	0,0017

T₁ = Hipereuriprósopo

T₂ = Euriprósopo

T₃ = Mesoprósopo

T₄ = Leptoprósopo

T₅ = Hiperleptoprósopo

DADOS OBTIDOS NAS REGIÕES DE INCISIVOS SUPERIORES E CANINO SUPERIOR ESQUERDO,
NOS CINCO TIPOS MORFOLÓGICOS DE FACE

Regiões	Posição dos dosímetros	Tipos Morfológicos de Face				
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
Incisivos Superiores	Pele	0,4500	0,3500	0,3600	0,5200	0,5800
	Filme	0,0375	0,1250	0,0870	0,1370	0,0300
	Íris	0,0135	0,0720	0,0350	0,0820	0,1820
	Tireóide	0,0950	0,0310	0,0650	0,0820	0,1120
	Gônadas	0,1150	0,0200	0,0100	0,0550	0,0008
Canino Superior Esquerdo	Pele	0,4080	0,4700	0,5950	0,5950	0,5250
	Filme	0,0290	0,0690	0,4600	0,0950	0,6950
	Íris	0,2100	0,2100	0,0290	0,1150	0,0700
	Tireóide	0,0100	0,0190	0,0750	0,0072	0,0510
	Gônadas	0,0138	0,0250	0,0044	0,0078	0,0130

T₁ = Hipereuriprósopo

T₂ = Euriprósopo

T₃ = Mesoprósopo

T₄ = Leptoprósopo

T₅ = Hiperleptoprósopo

DADOS OBTIDOS NAS REGIÕES DOS PRÉ-MOLARES E MOLARES SUPERIORES ESQUERDOS, NOS CINCO TIPOS MORFOLÓGICOS DE FACE

Regiões	Posição dos dosímetros	Tipos Morfológicos de Face				
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
Pré-Molares Superiores Esquerdos	Pele	0,4300	0,3450	0,3500	0,3700	0,4050
	Filme	0,0490	0,0495	0,0140	0,0450	0,0560
	Íris	0,0100	0,2520	0,1950	0,3250	0,1250
	Tireóide	0,0100	0,0070	0,0022	0,0100	0,0660
	Gônadas	0,0490	0,0400	0,0037	0,0084	0,0300
Molares Superiores Esquerdos	Pele	0,3350	0,3250	0,3700	0,4600	0,4950
	Filme	0,0960	0,0500	0,0800	0,0430	0,0610
	Íris	0,1300	0,0860	0,0510	0,3300	0,0600
	Tireóide	0,0420	0,0510	0,0160	0,0100	0,0790
	Gônadas	0,0350	0,0390	0,0062	0,0300	0,0016

T₁ = Hipereuriprósopo

T₂ = Euriprósopo

T₃ = Mesoprósopo

T₄ = Leptoprósopo

T₅ = Hiperleptoprósopo

DADOS OBTIDOS NAS REGIÕES DE INCISIVOS INFERIORES E CANINO INFERIOR ESQUERDO,
NOS CINCO TIPOS MORFOLÓGICOS DE FACE

Regiões	Posições dos dosímetros	Tipos Morfológicos de Face				
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
Incisivos Inferiores	Pele	0,5400	0,5400	0,5600	0,5800	0,5000
	Filme	0,1450	0,0880	0,1300	0,0530	0,0470
	Íris	0,0470	0,0410	0,0520	0,0140	0,0033
	Tireóide	0,0920	0,0470	0,0490	0,0670	0,0210
	Gônadas	0,0900	0,0140	0,0420	0,0160	0,0015
Canino Inferior Esquerdo	Pele	0,5300	0,5700	0,4900	0,5100	0,6000
	Filme	0,0510	0,0870	0,0360	0,1200	0,0480
	Íris	0,0680	0,0680	0,0780	0,0220	0,0025
	Tireóide	0,0300	0,0270	0,0130	0,0360	0,0130
	Gônadas	0,0130	0,0052	0,0047	0,0260	0,0044

T₁ = Hipereuriprósopo T₂ = Euriprósopo T₃ = Leptoprósopo
T₄ = Leptoprósopo T₅ = Hiperleptoprósopo

DADOS OBTIDOS NAS REGIÕES DE PRÉ-MOLARES E MOLARES INFERIORES ESQUERDOS, NOS CINCO TIPOS MORFOLÓGICOS DE FACE

Regiões	Posições dos dosímetros	Tipos Morfológicos de Face				
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
Pré-Molares Inferiores Esquerdos	Pele	0,5100	0,4400	0,3800	0,4200	0,5500
	Filme	0,1000	0,0900	0,0016	0,0810	0,0880
	Íris	0,0550	0,0054	0,0560	0,0210	0,0340
	Tireóide	0,0500	0,0480	0,0980	0,0350	0,0350
	Gônadas	0,0350	0,0980	0,0900	0,0710	0,0550
Molares Inferiores Esquerdos	Pele	0,4500	0,5500	0,4600	0,5500	0,5300
	Filme	0,0900	0,2400	0,0980	0,0800	0,0800
	Íris	0,0500	0,0900	0,0480	0,0800	0,0140
	Tireóide	0,0370	0,0250	0,0300	0,0250	0,0110
	Gônadas	0,0540	0,0300	0,0250	0,0470	0,0110

T₁ = Hipereuriprósopo T₂ = Euriprósopo T₃ = Mesoprósopo
T₄ = Leptoprósopo T₅ = Hiperleptoprósopo

Capítulo VI
DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O emprego de dosímetros de cristais, convenientemente embalados, revela um processo eficiente, cômodo e pouco dispendioso — em contraste com o que notamos ao usar câmaras de ionização.

Quanto à oportunidade e adequação técnica de seu emprego, é de se salientar aliás que, no Instituto de Energia Atômica da Universidade de São Paulo, nos foram fornecidos três tipos de cristais, o de fluoreto de lítio-200, o 500 e o 700, para que fosse efetuado um teste piloto, a fim de ser determinado aquele que melhor se prestaria às condições de nível de energia e de sensibilidade requeridos. Os testes prévios indicaram-nos o fluoreto de lítio-700.

Além disso, no próprio I.E.A., a dosimetria do pessoal que trabalha com radiação é feita por intermédio de dosímetros individuais que empregam esses cristais.

Poderíamos ainda salientar que CAMERON e cols. (9) disseram que os instrumentos termoluminescentes medem exposições abaixo de 1 mR com razoável acuridade, e que essa capacidade de medir níveis assim tão baixos de energia, os tornam importantes para o "uso de dosimetria pessoal", do ponto de vista de saúde — o que verificamos em nosso trabalho. Outras vantagens são: propriedade de armazenarem a energia absorvida, durante longo período de tempo, à temperatura ambiente; possibilidade de uso em ampla faixa de níveis de energia; sensibilização rápida e boa reprodutividade de resultados.

Um certo inconveniente que o processo apresentou foi a exigência de as leituras de energia acumulada serem realizadas no I.E.A., em São Paulo, onde existe a aparelhagem especializada para tal. Porém, em nossa opinião, as vantagens do processo superaram em muito essa desvantagem.

Na primeira fase da pesquisa, foram colhidos cerca de 6.000 dados sobre nível de radiação, incluindo os referentes à radiação de fundo. Com esses dados, procuramos pesquisar tanto as condições de exposição de várias regiões do paciente, como a da região gonadal do profissional, quando são efetuados exames radiográficos habituais.

Os dados estatísticos, convenientemente trabalhados, possibilitaram-nos estabelecer a seguinte análise em relação à agressão radiológica sofrida pelo profissional: — Pelo quadro 2, verifica-se que diferentes posições do profissional, P_A , não apresentam entre si diferenças estatisticamente significantes. Também se revelam como não significantes as interações $T \times P_A$ (tipos de face, em relação à posição do profissional) e $R \times P_A$ (regiões radiografadas, em relação à posição do profissional), isto é, as quantidades de radiação recebidas pelas gônadas do profissional apresentam-se estatisticamente não diferentes entre si, quando se consideram pacientes com tipos diferentes ou regiões diferentes de suas arcadas dentárias.

Portanto, julgou-se válido estabelecer a média de quantidade de radiação recebidas pelo profissional, considerando-se todos os tipos, todas as regiões de pacientes, e todas as posições relativas ao profissional na sala.

Essa média foi calculada em 0,022 rad, que é correspondente, tomando-se o fator de conversão 1/0,93, a 0,024 R. Esse resultado fornece, pois, uma idéia da ordem de grandeza da dose média de radiação que alcança a região das gônadas do profissional, quando este se situa entre 1 metro e 1,40 metros, aproximadamente, do paciente.

Dessa maneira, em radiografias de boca toda, o profissional receberia em suas gônadas um total em torno de 0,302 rad, em média, o que corresponde a 0,325 R.

Esse resultado supera em 25 mR a dose máxima de

0,300 R, admissível para o profissional, em uma semana de trabalho, de acordo com as determinações do "National Bureau of Standard Redommendations" dos Estados Unidos da América do Norte, referidas por BUDOWSKY & KUTSCHER (4), em 1953, dose essa que é idêntica, aliás, à dose de tolerância máxima prescrita na Nova Zelândia, segundo a citação de WILLIAMSON (46), em 1963. E, além disso, tal resultado supera em muito maior grau a dose indicada por WUEHRMANN (47), em 1960, que diz que a dose máxima semanal, recebida pelo operador, não deve ultrapassar a 100 mR.

A nosso ver, a questão da posição do profissional dentro da sala admite maior explanação.

Vimos, na revisão da literatura, que RICHARDS (33), em 1964, corroborando opiniões de YALE (48), em 1961, considera as posições de 45° e 90° em relação ao eixo do feixe de radiação primária, como sendo as mais vantajosas do ponto de vista da proteção ao profissional.

Como já ficou explícito anteriormente, em nossa pesquisa, que foi realizada "in vivo", portanto com pacientes reais, não encontramos, para o profissional, posições privilegiadas estatisticamente significantes, considerando o total de pacientes e de regiões radiografadas, globalmente. Isto fica bem ressaltado na primeira parte do "Quadro Ilustrativo das Significâncias" da Análise de Variância.

O presente trabalho possibilitaria, é verdade, a indicação de pontos na sala, com menor incidência de radiação, porém somente se particularizássemos o tipo de pacientes e a região radiografada — o que do ponto de vista prático seria complicado, pois exigiria uma tabela com dupla entrada, com 8 x 5 elementos, implicando na determinação prévia do tipo morfológico de face do paciente.

Evidentemente, na atividade clínica corrente, o uso de tal tabela seria inexecuível.

Pode ser ressaltado, ainda, que os dados estatísticos permitem calcular a dose média total de radiação que atingiria as gônadas do profissional, quando são radiografadas toda a arcada superior ou toda a arcada inferior do paciente. Para a arcada superior, encontrou-se um total médio de 0,173 rad (correspondente a 0,186 R), e para a tomada de toda a arcada inferior um total médio de 0,130 rad (correspondente a 0,140 R), medidos na região das gônadas do profissional.

Examinamos agora os resultados referentes à agressão sofrida pelo paciente.

Como seria de esperar, é na pele da face que maiores doses de radiação atingem o paciente. Considerando-se todas as regiões radiografadas e todos os tipos de face, encontramos como dado mais elevado de radiação recebida pela pele, o nível de 0,600 rad, e uma média geral de 0,475 rad, ou seja, 0,510 R. Estamos, pois, muito longe da dose máxima indicada por RICHARDS (29), em 1957, que é de 110 R, nível de radiação "a que não se deve expor uma simples área da face".

A média que encontramos, de 0,475 rad, ou 0,510 R, é aproximadamente da mesma ordem de grandeza do dado apresentado por YALE (48), em 1961, quando radiografou a região de molares superiores de um paciente, utilizando 65 kVp, 10 mA, 1,5 milímetros de alumínio como filtração e exposição de 1/3 de segundo: o nível de radiação medido na face do paciente foi de 0,430 R. Cumpre notar que, no nosso caso, o tempo de exposição foi ligeiramente maior, ou seja 1/2 segundo.

RICHARDS (30), em 1958, cita pesquisa de BUDOWSKY e cols.(5), em 1956, que relata que um paciente receberia na face, um nível de radiação equivalente a 61 R, em média para um total de 14 radiografias. Esse resultado difere consideravelmente daquele encontrado por nós, pois uma radiação média de 0,510 R para uma radiografia daria

um total de apenas 7,140 R para toda a face. Podemos salientar, contudo, que o citado autor operou com filmes de exposição lenta, de 3 segundos, ao passo que nós trabalhamos com filme ultra-rápidos, de 1/2 segundo de exposição, ou seja, 1/6 do tempo usado por BUDOWSKY(5), além disso, o referido autor usou uma filtração de apenas 0,5 milímetros de alumínio, enquanto usamos 1,5 milímetros de alumínio em nosso trabalho.

Vejamos a seguir os dados relativos à região de íris e cristalino do paciente.

Considerando todos os tipos morfológicos de face e as radiografias de todas as regiões, a área de íris e cristalino recebeu uma radiação média de 0,090 rad, ou seja, 0,097 R, por tomada radiográfica. Isso corresponderia a 1,260 rad (ou 1,354 R) para uma tomada de boca toda, em média. Contudo, salientam-se aqui algumas diferenças ponderáveis, conforme a região radiografada. Por exemplo, quando são radiografados dentes homólogos na arcada superior e na inferior, podemos fazer a seguinte análise:

a) A radiação sobre a íris e cristalino proveniente de radiografia dos incisivos superiores (média 0,077 rad) apareceu como numericamente maior que aquela proveniente da radiografia dos incisivos inferiores (0,031 rad). Contudo essa diferença não é estatisticamente significativa.

b) Radiografias dos caninos superiores (média 0,127 rad) não provocaram, sobre a região íris e cristalino, radiação estatisticamente diferente daquela proveniente dos caninos inferiores (média 0,048 rad) — mas a diferença já se aproxima do limite de significância ao nível de 5%.

c) Radiografia dos pré-molares superiores acarretou na íris e cristalino, um nível médio de radiação igual a 0,181 rad, valor significativamente diferente daquela proveniente dos pré-molares inferiores (média 0,034 rad).

d) Radiografias de molares superiores (média 0,131 rad) não chegaram a determinar diferença significativa, em níveis de radiação sobre a íris e cristalino, em relação às radiografias dos molares inferiores (média 0,056 rad), mas a diferença já se aproxima do limite de significância.

Tomadas radiográficas de toda a arcada superior implicaram numa dose total de 0,956 rad (ou seja 1,028 R), em média, sobre a região de íris e cristalino, ao passo que tomadas de toda a arcada inferior totalizaram 0,308 rad (ou seja 0,331 R) sobre aquela área.

Convém notar que RICHARDS (32), em 1961, diz não existir nenhum caso conhecido de catarata provocada - por exames radiográficos dentários ou médicos. Esse autor cita apenas um caso dessa doença provocado por radiação, porém decorrente de radioterapia.

A bibliografia a nosso alcance mostra, aliás, - uma carência de dados em relação aos níveis de radiação que atingiram a região de íris - cristalino. GREER (18), em 1972, relata que encontrou na região da córnea do manequim (crânio recoberto), um nível de radiação de 0,271 rad por radiografia, resultado consideravelmente superior à média de 0,086 rad, encontrado em nossa pesquisa, realizada "in vivo".

Examinemos agora as doses de radiação que atingem a tireóide do paciente. Como média geral, compreendendo todos os tipos e regiões radiografadas, a incidência - sobre a tireóide foi de 0,041 rad, que corresponde a 0,044 R, por tomada radiográfica.

Interessante é notar que GREER (18), em 1972, - trabalhando com manequim formado por crânio humano recoberto com a chamada mistura "D", que procurava imitar as características dos tecidos moles, e empregando 60 kVp, - 10 mA, cone de 4 polegadas (aproximadamente 10 cm) com um

rendimento de 0,85 no ar, na "técnica nº V", que mais se aproxima daquela por nós usada, encontrou esse mesmo nível de radiação, de 0,041 rad, como radiação média incidente na região correspondente à tireóide do paciente.

Em geral, os índices da radiação proveniente de radiografias de dentes superiores são maiores que as originadas de tomadas radiográficas dos dentes inferiores. - Contudo a radiografia da região de pré-molares constitui uma excessão. Mas é preciso considerar que estatisticamente nenhuma dessas diferenças atingem o nível de significância de 5%.

Se radiografarmos toda a arcada superior, a dose de radiação que atingiria a região de tireóide do paciente seria de 0,259 rad, em média, ao passo que a radiografia de toda a arcada inferior determinaria um nível de radiação de 0,260 rad sobre aquela área. A radiografia de boca toda totalizaria 0,519 rad (ou seja 0,558 R) sobre a região da tireóide.

Finalmente, examinaremos as doses de radiação - que atingem a região de gônadas do paciente.

Para cada radiografia, considerando a média de todas as regiões radiografadas, o tipo hipereuriprósopo - recebe nas gônadas, 0,051 rad; o tipo euriprósopo recebe 0,034 rad; o tipo mesoprósopo recebe 0,023 rad; o tipo leptoprósopo recebe 0,033 rad e o tipo hiperleptoprósopo recebe 0,015 rad, não sendo, entretanto, essas diferenças significantes, do ponto de vista estatístico — Quadro 6. Tampouco são significantes as diferenças decorrentes das várias regiões radiografadas.

Considerando-se todos os tipos de faces e as diversas regiões radiografadas, a dose média que atinge a região gonadal do paciente é de 0,031 rad (ou seja - 0,033 R). Portanto, uma tomada radiográfica de boca toda acarretaria um nível de radiação de 0,434 rad, ou seja

0,462 R, sobre as gônadas do paciente.

Elevada discrepância encontramos entre esses resultados e aqueles relatados por RICHARDS (30), em 1958, pois esse autor menciona 2,14 mR, ou seja 0,00214 R, como a quantidade de radiação que atinge as gônadas do paciente em um exame de boca toda.

Os nossos resultados sugeririam portanto maior cuidado no que se refere à proteção do próprio paciente.

Os dados resultantes de nossa pesquisa admitiriam ainda algumas observações, de interesse para o estudioso do assunto.

Uma primeira observação, que julgamos, aliás, de considerável importância, é que as diferenças entre os níveis de radiação que atingem a região gonadal do paciente e do profissional que se situa de 1 metro a 1,40 metros - de distância daquele, não foram muito grandes. Realmente, para uma tomada radiográfica, o paciente sofreu a incidência média de 0,031 rad sobre as gônadas, ao passo que o profissional recebeu 0,022 rad, não menos que 71% da dose do paciente.

Ressalte-se, aliás, o fato de que a análise estatística revela, no Quadro Ilustrativo das Significâncias que as quantidades de radiação que atingiriam a região - das gônadas do operador, situado em qualquer das posições estudadas, não diferem significativamente das quantidades de radiação que atingem a região das gônadas — ou a região de tireóide — de um paciente, normalmente sentado na cadeira.

Ora, é sempre necessário considerar que uma tomada radiográfica, para um dado paciente, é um fato apenas eventual em sua vida, ao passo que o operador irá receber tais doses de radiação como um fato habitual e corrente em sua atividade profissional.

Considerando-se a frequência com que o Cirur-

gião Dentista, que opera com aparelhos de raios X, sofrerá essa dose de radiação, fica mais uma vez ressaltada a necessidade de uma maior conscientização do profissional em relação ao grave problema — conscientização essa que deve ser encetada e aprofundada nas próprias Faculdades de Odontologia.

Outra comparação que julgamos de interesse é o referente à relação das doses de radiação que atingem a face e as gônadas do paciente. RICHARDS (30), em 1958, cita a dose de 23,8 R detectada ao nível da pele da face, - contra 0,00214 R que atingem as gônadas do paciente, numa tomada de boca toda, salientando que essas duas quantidades estão entre si na relação de 1/10.000.

Em nosso trabalho encontramos uma média de 0,475 rad (ou 0,510 R), para uma radiografia, o que corresponderia a 6,550 rad (ou 7,14 R) numa tomada de boca toda, para a radiação detectada ao nível da face do paciente, ao passo que a radiação que alcança a região gonadal foi, segundo o nosso trabalho 0,031 rad (ou seja 0,033R), para uma radiografia, o que corresponde a 0,434 rad (ou 0,462 R) numa tomada de boca toda.

Portanto, a relação encontrada em nosso trabalho, entre a radiação que atinge as gônadas e a incidente na pele da face, foi 1:15, aproximadamente, ou seja, 6,66% em média.

Também poderemos considerar a relação entre a média de radiação que incide sobre a região de tireóide do paciente e aquela que atinge a pele de sua face. Em nossa pesquisa, essa relação foi de 1:11,6, equivalente a 8,6%, em média. Também nesse particular, nosso estudo difere consideravelmente do de RICHARDS (32), em 1961, que apresenta tal relação como menor do que 1%.

Consideremos, finalmente, a relação entre as médias da radiação que atingiu a região da íris do paciente e a que incidiu sobre a pele de sua face: essa rela-

ção foi de 1:5,3, correspondente a 18,8%.

Creemos que os resultados apresentados aqui, vêm ao encontro das opiniões, que se aprofundam entre os radiologistas, de que medidas cada vez maiores e mais eficazes de proteção devem ser estudadas e postas em prática para aumentar a segurança durante as tomadas radiográficas, tanto no que diz respeito ao paciente, como — e talvez principalmente — no que concerne ao profissional. A nosso ver, urge colocar sistematicamente em uso o avental de chumbo, para proteção do paciente, e, ainda com maiores razões, o biombo de chumbo, para garantir a segurança do operador.

*

*

*

Capítulo VII
CONCLUSÕES

CONCLUSÕES

Ao término de nossa pesquisa, julgamos que os resultados obtidos, analisados estatisticamente e avaliados na discussão, permitem o estabelecimento das seguintes conclusões:

1 - Considerando todos os indivíduos estudados, todas as regiões radiografadas e todas as posições do operador na sala, uma dose média de 0,022 rad (ou seja 0,024 R) alcançou a região das gônadas do operador, quando este se situava entre 1:00 e 1,40 metros, aproximadamente, do paciente, para cada tomada radiográfica. Isso corresponderia a um total de 0,312 rad (ou 0,325 R), em média, para um exame radiológico periapical de boca toda, com 14 radiografias.

2 - Não foram encontradas, na sala, posições privilegiadas estatisticamente significantes, do ponto de vista da incidência da radiação ao nível das gônadas do profissional — consideradas todas as regiões radiografadas e todos os tipos morfológicos de face estudados.

3 - Os níveis de radiação decorrentes de radiografias realizadas nos indivíduos com diversos tipos morfológicos de face, segundo a classificação modificada por ÁVILA (1), não mostraram diferenças significativas entre si, quanto aos níveis da radiação incidente sobre as áreas corporais consideradas críticas, do próprio paciente e do operador.

4 - Por tomada radiográfica, uma dose média de 0,475 rad (ou seja 0,510 R) atingiu a região da pele da face do operador. Isso corresponderia, em média, a 6,650

rad (ou seja 7,140 R) para as 14 regiões, correspondente a um exame radiográfico periapical da boca toda.

5 - Por tomada radiográfica, uma dose média de 0,090 rad (ou seja 0,097 R) atingiu a região da íris do paciente. Isso corresponderia em média a um total de 1,260 rad (ou seja 1,354 R), para um exame radiográfico - de boca toda.

6 - Por tomada radiográfica, uma dose média de 0,041 rad (ou seja 0,044 R) atingiu a região da tireóide do paciente. Isso corresponderia em média a um total de 0,519 rad (ou seja 0,558 R), para um exame radiográfico - de boca toda.

7 - Por tomada radiográfica, uma dose média de 0,031 rad (ou seja 0,033 R) alcançou a região gonodal do paciente. Isso corresponderia em média a um total de 0,434 rad (ou seja 0,462 R), para o exame radiográfico de boca toda.

8 - Em média, a radiação incidente sobre a região de gônadas do profissional, situado a 1,00 e 1,40 metros de distância do paciente, atingiu numericamente a 71% da radiação incidente sobre a região de gônadas do paciente. Contudo, a análise estatística não mostrou diferenças significativas entre esses dados.

9 - A relação encontrada entre os níveis da radiação que atingiu a região de íris do paciente, e a incidente sobre a pele da face do mesmo paciente, foi de 1:5,3 (ou seja 18,8%) em média.

A relação encontrada entre os níveis de radiação que atingiu a região de tireóide do paciente, e a in-

cidente sobre a pele da face do mesmo paciente, foi de 1:11,6 (ou seja 8,6%) em média.

A relação encontrada entre os níveis de radiação que atingiu a região gonadal do paciente, e a incidente sobre a pele da face do mesmo paciente, foi de 1:15 (ou seja 6,66%), em média.

*

*

*

Capítulo VIII
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS (*)

- 1 - ÁVILA, J.B. Odontologia Física. Rio de Janeiro, - Agir, 1958.
- 2 - BARR, J.H.; BROCKMAN, M.; BOSTON, B.A. Radiation dosage in dental offices. Oral Surg., 13(6): 696-709, June 1960.
- 3 - BEAN, J.R. & DEVORE, W.D. The effect of protective aprons in dental roentgenography. Oral Surg., 24(4): 505-8, Oct., 1969.
- 4 - BUDOWSKY, J. & KUTSCHER, A.H. Exposure to X-radiation during the general practice of dentistry. N. Y. St. dent. J., 19:298-9, June/July 1953.
- 5 - _____ et alii. Radiation exposure to the head and abdomen during oral roentgenography. J. Am. dent. Ass., 52(5):555-9, May 1956.
- 6 - BUSHONG, S.C.; HARLE, T.S.; POGONOWSKA, M.J. Recommendations for personnel monitoring in diagnostic radiology. Physics. Med. Biol., 15(1): 91-8, Jan. 1970.
- 7 - _____ et alii. Reduction of patient exposure during dental radiography. Hlth Phys., 21(2):281-4, Aug. 1971.
- 8 - CAMERON, J.R. An evaluation of human radiation exposure and methods of radiation measurement. - Trans. Am. Inst. Oral biol., 21:139-42, 1964.
- 9 - _____; SUNTHARALINGAN, N.; KENNEX, G.N. Thermo-

luminescent dosimetry. Madison, Univ. Wisconsin press, 1968.

- 10 - CRANDELL, C.E. & CHAPEL HILL, N.C. Radiation in dental office. J. Am. dent. Ass., 59(5):970-5, Nov. 1959.
- 11 - CROSBY, E.H. Comparison of film badges and thermoluminescent dosimeters. Hlth Phys., 23(3):371-6, Sept. 1972.
- 12 - CULVER, G.J. Radiation effects, hazards, and protection as related to dentistry. N.Y. St. dent., 23:189-96, May 1957.
- 13 - CURIE, M. Research on radioactive substances. Paris, Gauthier-Villars, 1904. p.105. Apud CAMERON, J.R.; SUNTHARALINGAN, N.; KENNEX, G.N., op. cit. ref. (9).
- 14 - DANIELS, F. Thermoluminescent and related properties of crystals. Presented at the Symp. on Chem. and Phys. of Radiat. dosimetry. Mariland. Technical Command, Army Chemical Center, 1950. Apud CAMERON, J.R.; SUNTHARALINGAN, N.; KENNEX, G.N., op. cit. ref. (9).
- 15 - ——— Thermoluminescence. Presented at the Inst. Union of Pure and appl. Chemistry, Stockolm, - 1953. Apud CAMERON, J.R.; SUNTHARALINGAN, N.; KENNEX, G.N., op. cit. ref. (9).
- 16 - ETTER, L.E. Radiation dose reduction by higher voltage dental roentgenography. J. Am. dent. Ass., - 53(9):305-9, Sept. 1956.

- 17 - FINDLAY, I.A. Radiation protection measures in dentistry. J. Ir. dent. Ass., 12:171-5, Dec. 1966.
- 18 - GREER, D.F. Determination and analysis of absorbed doses resulting from various intraoral radiographic techniques. Oral Surg., 34(1):146-63, July 1972.
- 19 - KLINE, A.B. et alii. Dosimetric evaluation of the thirty dental facilities in Massachusetts. Oral Surg., 29(1):44-58, Jan. 1970.
- 20 - KOCHER, L.F.; KATHREN, R.L.; ENDRES, G.W.R. Thermoluminescence personnel dosimetry at hanford. Hlth Phys., 14(4): 311-6, Apr. 1970.
- 21 - KORT, W.B. Quantitation of absorbed dose produced at high and low potentials. Oral Surg., 27 (3): 344-8, Mar. 1969.
- 22 - LILIENTHAL, B. Minimizing radiation exposure in dental radiology. 1.Hazards and precautions. Aust. dent. J., 19(5): 308-12, Oct. 1974. .
- 23 - LYMAN, T. The transparency of the air between 1.100 and 1.300. A. Phys. Rv., 48:149, 1935. Apud CAMERON, J.R.; SUNTHARALINGAN, N.; KENNEX, G.N., op. cit. ref. (9).
- 24 - MACCOMB, W.S. & QUIMBY, E.H. Rate of recovery of human skin from the effects of hard or soft roentgen rays or gamma rays. Radiol., 27:196, Aug. 1936. Apud RICHARDS, A.G., op. cit. ref. (29).
- 25 - MICHAL, V. Body burden in dental roentgenology. - Czas. stomat., 66(6):420-4, Oct. 1966.

- 26 - O'BRIEN, R.C. Aversion to dental X-rays-let's reverse the trend. Dent. Clin. N. Am.; 657-62, Nov. 1968.
- 27 - RADIATION protection required. Ohio dent. J., 44: 20-1, Jan. 1970.
- 28 - RICHARDS, A.G. The production of erythema of the skin by exposure to X-ray radiation. J. dent. Res., 34(1):100-3, Feb. 1955.
- 29 - ———: Roentgen-ray radiation and the dental patient. J. Am. dent. Ass., 54(4):476-87, Apr. - 1957.
- 30 - ———. Roentgen-ray doses in dental roentgenography. J. Am. dent. Ass., 56(3):351-69, Mar. 1958.
- 31 - ———. Secondary radiation and the dentist. J. Am. dent. Ass., 57(7):31-9, July 1958.
- 32 - ———. How hazardous in dental Roentgenography? Oral Surg., 14(1):40-51, Jan. 1961.
- 33 - ———. Sources of X-radiation in the dental office. Dent. Radiogr. Photogr., 37(3):51-68, 1964.
- 34 - ———. The "use factors" in radiation barrier design. Oral Surg., 23(6):745-50, June 1967.
- 35 - ———. Dental X-ray protection. Dent. Clin. N. Am.: 631-41, Nov. 1968.
- 36 - ——— et alii. X-ray protection in dental office. J. Am. dent. Ass., 56(4):515-21, Apr. 1958.

- 37 - ROLOFSON, J.W.; HAMEL, A.; STEWART, H.F. Radiation esoexposure curves about a dental chair during radiography. J. Am. dent. Ass., 78(2): 310-9, - Feb. 1969.
- 38 - SCAVOTTO, S.P. et alii. A dental program in Massachusetts. J. Mass. dent. Soc., 13:13-5, 1964.
- 39 - ——— et alii. Change in radiographic practice show progress in radiation control. J. Mass.dent. Soc., 18(4):24-6, 1969.
- 40 - SLOANE, R.B. Appraisal of the hazards of dental radiation. N. Y. St. dent. J., 30(3):117-8, Mar. 1964.
- 41 - SPALDING, C.K. & COWING, R.F. A survey of radiation received by dentists and dental assistants. Amer. Industr. Hyg. Ass. J., 20:427, Oct. 1959. Apud ROLOFSON, J.W.; HAMEL, A.; STEWART, H.F., op. cit. ref. (37); BUSHONG, S.C. et alii, op. cit. ref. (6).
- 42 - SPEAR, L.B. Need for precaution in dental roentgenography. J. Am. dent. Ass., 51(7):7-12, July 1955.
- 43 - TROUT, E.D.; KELLEY, J.P.; CATHEY, G.A. Use of filters to control radiation exposure to patient in diagnostic roentgenology. Am. J. Roentgenol., 57: 946, June 1952. Apud CRANDELL, G.E. & CHAPELHILL N.C., op. cit. ref. (10).
- 44 - WAINWRIGHT, W.W. & CALIF, E. Filtration for lowest patient dose in dental radiography. Oral Surg., -

16(5):561-71, May 1963.

- 45 - WICK, F.C. An experimental study of thermoluminescence of certain natural crystal and synthetically prepared materials. J. op. Soc. Am., 27:275, - 1937. Apud CAMERON, J.R.; SUNTHARALINGAN, N.; - KENNEX, G.N., op. cit. ref. (9).
- 46 - WILLIAMSON, B.D.P. Nine years of radiation protection in New Zeland dental radiography. N. Z. dent. 59:3-12, Jan. 1963.
- 47 - WUEHRMANN, A.H. Radiation protection in dentistry. Saint Louis, Mosby, 1960. p. 145-53.
- 48 - YALE, S.H. Radiation control in the dental office. Dent. Clin. N. Am.: 355-62, July 1961.
- 49 - ———: A ten state study of the status of radiation hygiene in dental offices. J. Am. dent.Ass., 64(8):201-10, Aug. 1961.
- 50 - ——— & HAUPTFUEHRER, J.D. Survey and analysis of report. J. Am. dent. Ass., 58(4):49-54, Apr.1959.
- 51 - ———; MOSS, W.S.; VIDEKA, M.A. Measurement of gonadal dose in children during intraoral radiography. Oral Surg., 13(9): 1081-4 , Sept. 1960.

(*) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Rio de Janeiro. Referências bibliográficas; normas brasileiras (PNB-66). Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro de Bibliografia e Documentação, 1970. 31p.

Capítulo IX
APÉNDICE

9.1 - RELATÓRIO ESTATÍSTICO

RELATÓRIO ESTATÍSTICO

A partir dos dados obtidos, foi feita uma análise preliminar de variância, segundo o esquema fatorial 5 x 8 x 13, cujo resultado consta do QUADRO I.

QUADRO 1 - Análise de variância, num esquema fatorial 5 x 8 x 13 dos dados de radiação.

Causas de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados (SQ)	Quadrados Médios (QM)	F
Tipos (T)	4	0,02523426	0,00630857	3,63**
Regiões (R)	7	0,02766395	0,00395200	2,27*
Posições (P)	12	7,45514185	0,62126182	357,48**
Interação T x R	28	0,07257757	0,00259206	1,49*
Interação T x P	48	0,18307118	0,00381399	2,19**
Interação R x P	84	0,46364062	0,00551954	3,18**
Resíduo	336	0,58392665	0,00173788	

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade

A análise de variância revelou efeito significativo ao nível de 5% de probabilidade para Regiões e para a interação Tipos x Regiões. Houve efeito significativo, ao nível de 1% de probabilidade para Tipos, Posições e para as interações Tipos x Posições e Regiões x Posições.

As médias, com seus respectivos erros padrões para Tipos, Regiões e Posições são dadas a seguir:

a) Tipos

$$\bar{T}_1 = 0,0679 \pm 0,0041 \text{ rad.}$$

$$\bar{T}_2 = 0,0635 \pm 0,0041 \text{ rad.}$$

$$\bar{T}_3 = 0,0835 \pm 0,0041 \text{ rad.}$$

$$\bar{T}_4 = 0,0685 \pm 0,0041 \text{ rad.}$$

$$\bar{T}_5 = 0,0665 \pm 0,0041 \text{ rad.}$$

A diferença mínima significativa (dms) calculada pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, foi $\Delta = 0,0156$ rad.

Concluimos pois que T_3 diferiu significativamente de T_1 , T_2 e T_5 .

b) Regiões

$$\bar{R}_1 = 0,0699 \pm 0,0052 \text{ rad.}$$

$$\bar{R}_2 = 0,0850 \pm 0,0052 \text{ rad.}$$

$$\bar{R}_3 = 0,0606 \pm 0,0052 \text{ rad.}$$

$$\bar{R}_4 = 0,0606 \pm 0,0052 \text{ rad.}$$

$$\bar{R}_5 = 0,0752 \pm 0,0052 \text{ rad.}$$

$$\bar{R}_6 = 0,0737 \pm 0,0052 \text{ rad.}$$

$$\bar{R}_7 = 0,0660 \pm 0,0052 \text{ rad.}$$

$$\bar{R}_8 = 0,0684 \pm 0,0052 \text{ rad.}$$

A diferença mínima significativa (dms) calculada pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, foi $\Delta = 0,0222$ rad.

Concluimos que R_2 diferiu significativamente de R_3 e R_4 .

c) Posições

\bar{P}_1	=	0,0248	±	0,0066	rad.
\bar{P}_2	=	0,0320	±	0,0066	rad.
\bar{P}_3	=	0,0191	±	0,0066	rad.
\bar{P}_4	=	0,0230	±	0,0066	rad.
\bar{P}_5	=	0,0183	±	0,0066	rad.
\bar{P}_6	=	0,0263	±	0,0066	rad.
\bar{P}_7	=	0,0221	±	0,0066	rad.
\bar{P}_8	=	0,0101	±	0,0066	rad.
\bar{P}_9	=	0,4750	±	0,0066	rad.
\bar{P}_{10}	=	0,1015	±	0,0066	rad.
\bar{P}_{11}	=	0,0858	±	0,0066	rad.
\bar{P}_{12}	=	0,0407	±	0,0066	rad.
\bar{P}_{13}	=	0,0310	±	0,0066	rad.

A diferença mínima significativa, calculada pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, foi de $\Delta = 0,0310$ rad.

O quadro a seguir ilustra os resultados obtidos através do teste de Tukey para comparação entre as médias de Posições.

QUADRO ILUSTRATIVO DAS SIGNIFICÂNCIAS

	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈	P ₉	P ₁₀	P ₁₁	P ₁₂
P ₂	NS	-										
P ₃	NS	NS	-									
P ₄	NS	NS	NS	-								
P ₅	NS	NS	NS	NS	-							
P ₆	NS	NS	NS	NS	NS	-						
P ₇	NS	NS	NS	NS	NS	NS	-					
P ₈	NS	-										
P ₉	S	S	S	S	S	S	S	S	-			
P ₁₀	S	S	S	S	S	S	S	S	S	-		
P ₁₁	S	S	S	S	S	S	S	S	S	NS	-	
P ₁₂	NS	S	S	S	-							
P ₁₃	NS	S	S	S	NS							

S = Significativo

NS = Não significativo

Pela própria natureza do trabalho podemos subdividir as posições em dois grupos, a saber:

P_A = incluindo as posições de 1 a 8 (posições do profissional na sala).

P_B = incluindo as posições de 9 a 13 (posição de órgãos do paciente).

Em decorrência dessa subdivisão podemos considerar os seguintes desdobramentos:

Grau de Liberdade

P_A	.....	7
P_B	.....	4
P_A vs P_B	.....	1
$T \times P_A$	.....	28
$T \times P_B$	.....	16
$T \times (P_A \text{ vs } P_B)$	.....	4
$R \times P_A$	.....	49
$R \times P_B$	.....	28
$R \times (P_A \text{ vs } P_B)$	.....	7

Os resultados da nova análise de variância constam do Quadro 2.

QUADRO 2 - Análise de variância com decomposição do número de graus de liberdade de "Posições" e das interações correspondentes.

Causas de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tipos (T)	4	0,02523426	0,00630856	3,63**
Regiões (R)	7	0,02766396	0,00395199	2,27*
P_A	7	0,01168656	0,00166951	0,96
P_B	4	5,52437337	1,38109334	794,70**
P_A vs P_B	1	1,91908192	1,91908192	1104,27**
Posições	(12)	(7,45514185)	0,62126182	357,48**
Interação T x R	28	0,07257757	0,00259206	1,49*
Interação T x P_A	28	0,05484939	0,00195891	1,13
Interação T x P_B	16	0,07811942	0,00488246	2,81**
Interação T x (P_A vs P_B)	4	0,05010237	0,01252559	7,21**
T x P	(48)	(0,18307118)	0,00381398	2,19**
Interação R x P_A	49	0,03642883	0,00074334	0,43
Interação R x P_B	28	0,37880244	0,01352866	7,78**
Interação R x (P_A vs P_B)	7	0,04840935	0,00691562	3,98**
R x P	(84)	0,46364062	0,00551953	3,18**
Resíduo	336	0,58392665	0,00173788	

As médias, com seus respectivos erros padrões, e a diferença mínima significativa, calculada pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, para Tipos e para Regiões, dentro de cada grupo de Posições considerado, constam nos QUADROS 3 e 4.

QUADRO 3 - Médias, erros padrões $[s(\hat{m})]$. e diferenças mínimas significativas (Δ), calculadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, para Tipos, em cada grupo de Posições.

TIPOS	P_A	P_B
T_1	0,0227	0,1401
T_2	0,0135	0,1435
T_3	0,0489	0,1387
T_4	0,0148	0,1545
T_5	0,0098	0,1572
$s(\hat{m})$	0,0052	0,0066
Δ	0,0201	0,0255

Pelo quadro 3, observamos que no grupo P_A , T_3 (Δ) diferiu dos demais, enquanto que no grupo P_B os tipos não apresentaram diferenças entre si.

QUADRO 4 - Médias, erros padrões ($s(\hat{m})$) e diferenças mínimas significativas (Δ) calculadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, para Regiões, em cada grupo de Posições.

REGIÕES	P_A	P_B
R_1	0,0225	0,1459
R_2	0,0181	0,1920
R_3	0,0200	0,1299
R_4	0,0163	0,1313
R_5	0,0276	0,1512
R_6	0,0313	0,1381
R_7	0,0210	0,1379
R_8	0,0185	0,1482
$s(\hat{m})$	0,0066	0,0083
Δ	0,0283	0,0358

Observamos pelo quadro 4, que no grupo A, as Regiões não diferiram entre si. No grupo B, R_2 diferiu das demais.

O fato das interações terem apresentados efeitos significativos, permitem-nos estabelecer, ainda, um estudo detalhado do problema, como se segue:

1 - Interação T x R

Esta interação possibilita-nos estudar o compor

tamento das regiões dentro de cada tipo (1º desdobramento), assim como dos tipos dentro de cada região (2º desdobramento).

1.1 - Regiões dentro de tipo (1º desdobramento)

Considerando os 35 graus de liberdade correspondente a R e à interação T x R, podemos desdobrá-los conforme esquema seguinte:

Regiões de Tipo 1 7 graus de liberdade
 Regiões de Tipo 2 7 graus de liberdade
 Regiões de Tipo 3 7 graus de liberdade
 Regiões de Tipo 4 7 graus de liberdade
 Regiões de Tipo 5 7 graus de liberdade,

obtendo-se o seguinte resultado na análise de variância:

Causas de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Regiões de T ₁	7	0,02571851	0,00367407	2,11*
Regiões de T ₂	7	0,00859195	0,00122742	0,71
Regiões de T ₃	7	0,02483993	0,00354856	2,04
Regiões de T ₄	7	0,00629301	0,00089900	0,52
Regiões de T ₅	7	0,03479813	0,00497116	2,86**
Resíduo	336	0,58392665	0,00173788	

Concluimos que houve efeito significativo para Regiões dentro dos tipos 1 e 5.

1.2 - Tipos dentro de Regiões (2º desdobramento)

Um outro esquema de desdobramento envolve os 4 graus de liberdade de Tipos e os 28 da interação Tipos x Regiões, conforme é mostrado a seguir:

Tipos de Região 1 4 graus de liberdade
 Tipos de Região 2 4 graus de liberdade
 Tipos de Região 3 4 graus de liberdade
 Tipos de Região 4 4 graus de liberdade
 Tipos de Região 5 4 graus de liberdade
 Tipos de Região 6 4 graus de liberdade
 Tipos de Região 7 4 graus de liberdade
 Tipos de Região 7 4 graus de liberdade

Causas de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tipos de Região 1	4	0,00626950	0,00156738	0,90
Tipos de Região 2	4	0,02930073	0,00732518	4,22*
Tipos de Região 3	4	0,00583124	0,00145781	0,84
Tipos de Região 4	4	0,00490470	0,00122618	0,71
Tipos de Região 5	4	0,02755006	0,00688752	3,96**
Tipos de Região 6	4	0,01357681	0,00339420	1,95
Tipos de Região 7	4	0,00417149	0,00104287	0,60
Tipos de Região 8	4	0,00620730	0,00155182	0,89
Resíduo	336	0,58392665	0,00173788	

Observamos apenas para as regiões 2 e 5 os tipos se comportaram diferentemente entre si.

O quadro 5 complementa as conclusões obtidas através das duas últimas análises.

QUADRO 5 - Médias para Regiões de Tipos e também para Tipos de Regiões, com seus erros padrões e as diferenças mínimas significativas, calculadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇	R ₈	s(̂m)	Δ
T ₁	0,0685	0,0602	0,0480	0,0597	0,1050	0,0670	0,0734	0,0609		
T ₂	0,0527	0,0707	0,0640	0,0484	0,0645	0,0681	0,0609	0,0788		
T ₃	0,0698	0,1109	0,0758	0,0626	0,0932	0,1009	0,0769	0,0776	0,0116	0,0452
T ₄	0,0812	0,0732	0,0673	0,0751	0,0636	0,0614	0,0553	0,0712		
T ₅	0,0775	0,1100	0,0564	0,0570	0,0495	0,0645	0,0634	0,0535		
s(̂m)					0,0116					
Δ					0,0503					

Pelo exame do quadro 5 concluímos que, para o tipo 1, as regiões 3 e 5 diferiram entre si, enquanto que, para o Tipo 5, as regiões 3, 4, 5 e 8 diferiram da região 2.

Por outro lado, observamos que na Região 2, os tipos 3 e 5 diferiram do tipo 1 e, na Região 5, o tipo 1 diferiu do tipo 5.

2 - Interção Tipos x Posições

Pelo exame do Quadro 2, observamos que o comportamento dos tipos no grupo P_A foi idêntica, dispensando - pois maiores estudos. Assim sendo, detalharemos apenas os demais casos.

2.1 - Tipos P_B

Analogamente aos casos anteriores, obtemos a seguinte análise de variância:

Causas de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tipos de Posição 9	4	0,03889790	0,00972448	5,60**
Tipos de Posição 10	4	0,02074427	0,00518607	2,98*
Tipos de Posição 11	4	0,02246703	0,00561676	3,23*
Tipos de Posição 12	4	0,0013404	0,00043351	0,25
Tipos de Posição 13	4	0,00577815	0,00144454	0,83
Resíduo	336	0,58392665	0,00173788	

Observa-se que os tipos não diferiram entre si, tanto na posição 12 como na posição 13.

2.2 - P_B de Tipo

Causas de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
P_B de Tipo 1	4	1,00711874	0,25177968	144,88**
P_B de Tipo 2	4	0,96955729	0,24238932	139,47**
P_B de Tipo 3	4	0,97785847	0,24446462	140,67**
P_B de Tipo 4	4	1,24327989	0,31081997	178,85**
P_B de Tipo 5	4	1,40467840	0,35116960	202,07**
Resíduo	336	0,58392665	0,00173788	

Houve efeito significativo, ao nível de 1% de probabilidade, para as posições dentro de todos os tipos.

O Quadro 6 ilustra os resultados destas análises.

QUADRO 6 - Médias para Tipos de P_B e para P_B de Tipos, com seus erros padrões e as diferenças mínimas significativas, calculadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	$s(\hat{m})$	Δ
P_9	0,4566	0,4566	0,4456	0,5006	0,5231		
P_{10}	0,0747	0,0998	0,1133	0,0818	0,1381		
P_{11}	0,0729	0,1031	0,0680	0,1236	0,0614	0,0147	0,0573
P_{12}	0,0458	0,0319	0,0435	0,0340	0,0485		
P_{13}	0,0506	0,0339	0,0233	0,0327	0,0147		
$s(\hat{m})$						0,0147	
Δ						0,0698	

Observamos que para todos os tipos, a posição 9 apresenta maior taxa de radiação; podemos ainda constatar que:

- a) No tipo 2, P_{12} e P_{13} diferiram de P_{11} ;
- b) No tipo 3, P_{12} e P_{13} diferiram de P_{10} ;
- c) no tipo 4, P_{11} não diferiu de P_{10} , diferindo no entanto das demais;
- d) No tipo 5, P_{10} diferiu das demais.

Acrescentamos ainda:

- e) Na Posição 9, T_5 diferiu de T_1 , T_2 e T_3 ;
- f) Na Posição 10, T_5 diferiu de T_1 ;
- g) Na Posição 11, T_5 diferiu de T_4 .

2.3 - Contraste (P_A vs P_B) de Tipo

Este desdobramento permite-nos verificar o comportamento do contraste P_A vs P_B dentro de cada tipo estudado. O resultado da análise de variância é o que se segue:

$(P_A$ vs $P_B)$ de Tipo 1	1	0,33947387	0,33947387	195,34**
$(P_A$ vs $P_B)$ de Tipo 2	1	0,41579602	0,41579602	239,25**
$(P_A$ vs $P_B)$ de Tipo 3	1	0,19867079	0,19867079	114,32**
$(P_A$ vs $P_B)$ de Tipo 4	1	0,48079805	0,48079805	276,66**
$(P_A$ vs $P_B)$ de Tipo 5	1	0,53444556	0,53444556	307,53**
Resíduo	336	0,58392665	0,00173788	

Embora o contraste seja altamente significativo para todos os 5 tipos, podemos constatar pelos dados que ele se evidencia mais nos tipos 2, 4 e 5.

3 - Interação Regiões x Posições

Analogamente ao caso anterior, como a interação $R \times P_A$ não foi significativa, ela não será estudada mais detalhadamente.

3.1 - Regiões de P_B

O resultado da análise de variância foi o seguinte:

Causas de Variação	G.L	S.Q.	Q.M.	F
Regiões de Posição 9	7	0,13919470	0,01988496	11,44**
Regiões de Posição 10	7	0,17801872	0,02543125	14,63**
Regiões de Posição 11	7	0,10451024	0,01493003	8,59**
Regiões de Posição 12	7	0,01368197	0,00195457	1,12
Regiões de Posição 13	7	0,01220224	0,00174318	1,00
Resíduo	336	0,58392665	0,00173788	

Houve efeito significativo, ao nível de 1% de probabilidade para Regiões dentro das posições 9, 10 e 11.

3.2 - P_B de Região

Causas de Variação	G.L	S.Q.	Q.M.	F
P_B de Região 1	4	0,59152562	0,14788140	85,09**
P_B de Região 2	4	0,87256190	0,21814048	125,52**
P_B de Região 3	4	0,47922789	0,11980697	68,94**
P_B de Região 4	4	0,47568700	0,11892175	68,43**
P_B de Região 5	4	0,97660858	0,24415214	140,49**
P_B de Região 6	4	1,01929651	0,25482413	146,63**
P_B de Região 7	4	0,65312111	0,16328028	93,95**
P_B de Região 8	4	0,85314720	0,21328680	122,73**
Resíduo	336	0,58392665	0,00173788	

O quadro 7 ilustra os resultados obtidos nas duas últimas análises.

QUADRO 7 - Médias, desvios padrões e diferenças mínimas significativas, calculadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade para Regiões e Posições.

	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇	R ₈	s(̂m)
P ₉	0,4520	0,5186	0,3800	0,3970	0,5400	0,5400	0,4600	0,5080	
P ₁₀	0,0833	0,2696	0,0427	0,0660	0,0926	0,0684	0,0721	0,1176	
P ₁₁	0,0769	0,1268	0,1814	0,1314	0,0315	0,0477	0,0343	0,0564	0,0186
P ₁₂	0,0770	0,0324	0,0190	0,0396	0,0552	0,0238	0,0532	0,0256	
P ₁₃	0,0402	0,0128	0,0262	0,0224	0,0327	0,0107	0,0698	0,0334	
s(̂m)					0,0186				
					0,0884				

Do exame do Quadro 7 podemos concluir:

- a) a posição 9 apresenta maior taxa de radiação em todas as regiões;
- b) na Região 2, P_{10} diferiu de todas as demais; P_{11} diferiu de todas as demais;
- c) na Região 3, P_{11} diferiu das demais;
- d) na Região 4, P_{11} só não diferiu de P_{10} ;
- e) na Região 8, P_{10} só não diferiu de P_{11} e P_{13} ;
- f) na Posição 9, R_3 e R_4 diferiram de R_2 , R_5 , R_6 e R_8 ; R_1 diferiu de R_5 e R_6 ; R_7 diferiu de R_5 ;
- g) na Posição 10, R_2 diferiu das demais;
- h) na Posição 11, R_2 diferiu de R_5 e R_7 ; R_3 diferiu de R_1 , R_5 , R_6 , R_7 e R_8 ; R_4 diferiu de R_5 , R_6 e R_7 .

3.3 - Contraste (P_A vs P_B) de Região

O resultado da análise de variância foi o que se segue:

Causas de Variação	G.L	S.Q.	Q.M.	F
(P _A vs P _B)de Região 1	1	0,23425876	0,23425876	134,80**
(P _A vs P _B)de Região 2	1	0,46530557	0,46530557	267,74**
(P _A vs P _B)de Região 3	1	0,18552653	0,18552653	106,75**
(P _A vs P _B)de Região 4	1	0,20321215	0,20321215	116,93**
(P _A vs P _B)de Região 5	1	0,23484764	0,23484764	135,13**
(P _A vs P _B)de Região 6	1	0,17559552	0,17559552	101,04**
(P _A vs P _B)de Região 7	1	0,21012327	0,21012327	120,91**
(P _A vs P _B)de Região 8	1	0,25862183	0,25862183	148,81**
Resíduo	336	0,58392565	0,00173788	

Embora o contraste seja altamente significativo em todas as regiões, ele é mais evidente na Região 2.

9.2 - RELATÓRIO DA ASSESSORIA TÉCNICA EM FÍSICA MÉDICA



ASSESSORIA TÉCNICA EM FÍSICA MÉDICA LTDA.

DETERMINAÇÃO DA ENERGIA EFETIVA E RENDIMENTO DO APARELHO
G.E. MODELO 11AA2

DATA: 2 de Dezembro de 1.973.

DOSÍMETRO: Farmer Secondary Standard Dosemeter Mark II

QUILOVOLTAGEM: Beam off 65 kv

Q Beam on 62 kv

MILIAMPERAGEM: 10 mA

DIÂMETRO DO FEIXE DE IRRADIAÇÃO PARA DISTÂNCIA FOCO-FILME

20 cm: 7 cm

PRESSÃO: 713 mm Hg

TEMPERATURA: 22 \varnothing C

DADOS EXPERIMENTAIS

- 1- Medidas feitas no ar para diferentes distâncias foco-câ-
mara em um intervalo de tempo de 5 segundos.

Distância foco- -câmara (cm)	Leituras
20	4,20
25	2,70
30	1,85
40	1,05

- 2- Medidas em lucite a diversas profundidades com distância
foco-superfície do lucite igual a 20 cm. Intervalo de tem-
po igual a 5 segundos..

Profundidade (cm)	Leituras
0,0	5,80
0,4	5,00
0,9	4,15
1,4	3,60
1,9	2,90

NOTA: As leituras apresentadas são as médias de 5 leituras.

CÁLCULOS

- 1- Energia Efetiva

Camada Semi-redutora em lucite: 1,90 cm

Camada Semi-redutora em alumínio: 1,40 mm

Energia Efetiva: 24 kev



2- Rendimento

$$D = I \cdot K_E \cdot \Phi_{PT} \cdot f_\lambda$$

I : leitura

K_E : fator de calibração

Φ_{PT} : correção para pressão e temperatura

f_λ : fator de conversão de roentgen para rad

I = 4,2 para t = 5 segundos

$$\Phi_{PT} = \frac{760 \cdot 295}{713 \cdot 293} = 1,073$$

$$K_E = 0,98$$

$$f_\lambda = 0,93$$

$$D = \frac{4,2 \cdot 0,98 \cdot 0,93 \cdot 1,073}{5} = 0,82 \text{ rad/s} = 0,833 \text{ R/s}$$

CONCLUSÃO

Nas condições especificadas o aparelho G.E. modelo 11AA2 possui um feixe de raios X de energia efetiva 24 kev com camada semi-redutora 1,4 mm Al.

Encontra-se abaixo a Tabela Nº 1 da variação da dose (em rad/s) no ar com a distância e a Tabela Nº 2 da percentagem de dose profunda para distância de 20 cm no tecido..

Segue, ainda, anexo o Gráfico Nº 1 correspondente à variação da dose no ar com a distância em papel bi-log.e o Gráfico Nº 2, correspondente à variação da dose com a profundidade no lucite; distância 20 cm, em papel mono-log.

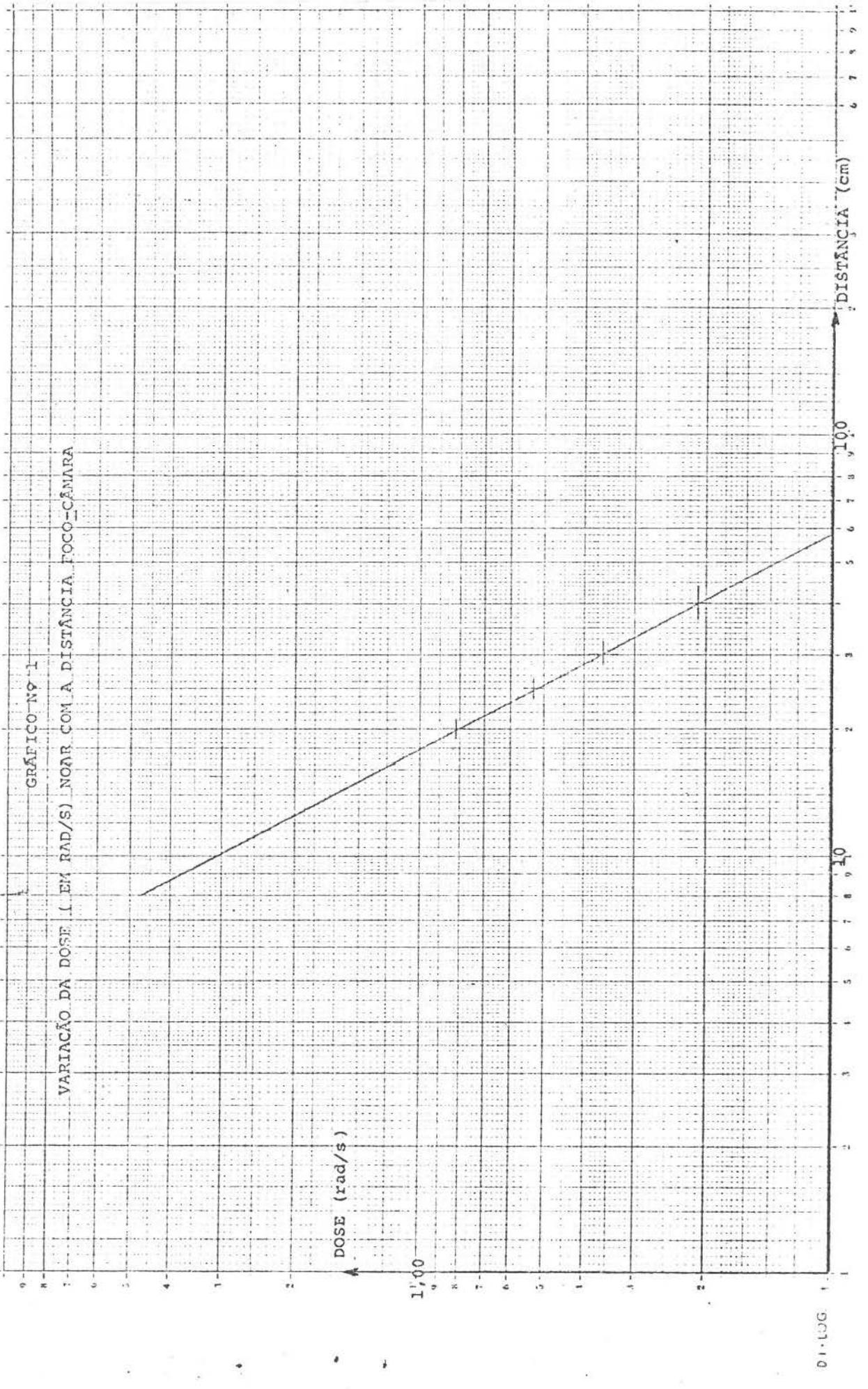
TABELA Nº 1

TABELA Nº 2

Distância (cm)	Dose (rad/s)	Profundidade (cm)	Percentagem
20	0,82	0,0	100,0%
25	0,53	0,4	86,2%
30	0,36	0,9	71,6%
40	0,21	1,4	62,1%
		1,9	50,0%

GRÁFICO Nº 1

VARIACÃO DA DOSE (EM RAD/S) NOAR COM A DISTÂNCIA FOCO-CÂMARA



01-LOG

DISTÂNCIA (cm)

DOSE (rad/s)

GRÁFICO Nº 2

VARIAÇÃO DA DOSE COM A PROFUNDIDADE NO LUCITE

