

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA DA UFPB
MESTRADO EM ODONTOLOGIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: DIAGNÓSTICO BUCAL**

FABIANO PACHÊCO DE CARVALHO

**AVALIAÇÃO OBJETIVA DA QUALIDADE DO FILME CONTRAST[®] FV-58 EM
SOLUÇÕES FRESCAS E DEGRADADAS**

JOÃO PESSOA

2009

FABIANO PACHÊCO DE CARVALHO

**AVALIAÇÃO OBJETIVA DA QUALIDADE DO FILME CONTRAST® FV-58 EM
SOLUÇÕES FRESCAS E DEGRADADAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da UFPB, na área de concentração Diagnóstico Bucal, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Odontologia.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Luiza dos Anjos Pontual

JOÃO PESSOA

2009

C331a Carvalho, Fabiano Pacheco de.
Avaliação objetiva da qualidade do filme Contrast® FV-58 em soluções frescas e degradadas / Fabiano Pacheco de Carvalho.- João Pessoa, 2009.
78f. : il.
Orientadora: Maria Luiza dos Anjos Pontual
Dissertação (Mestrado) – UFPB/CCS
1. Radiografia dentária. 2. Filme DFL Contrast®FV-58. 3. Diagnóstico por imagem. 4. Radiografias intrabucais.

UFPB/BC

CDU: 616.314-073.7(043)

FOLHA DE APROVAÇÃO

FABIANO PACHÊCO DE CARVALHO

AVALIAÇÃO OBJETIVA DA QUALIDADE DO FILME CONTRAST® FV-58 EM SOLUÇÕES FRESCAS E DEGRADADAS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da UFPB, na área de concentração Diagnóstico Bucal, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Odontologia.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Profa. Dra. Maria Luiza dos Anjos Pontual
Universidade Federal da Paraíba - UFPB

Prof. Dr. Lino João da Costa
Universidade Federal da Paraíba - UFPB

Profa. Dra. Márcia Maria Fonseca da Silveira
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

*Aos meus familiares,
dedico este trabalho*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, aos meus pais e irmãos e a toda minha família por terem me ajudado a chegar até aqui. Obrigado pelo amor de cada um de vocês.

À Carina pelo carinho e dedicação com que sempre me apoiou e apostou na minha capacidade. Obrigado pelas inúmeras vezes que precisei e você me ajudou... por me escutar, me dar atenção, pelos conselhos, entre outras inúmeras coisas que você fez e faz por mim e quem sem elas tudo teria sido mais difícil.

À minha orientadora Maria Luiza dos Anjos Pontual por aceitar me orientar, pela dedicação e paciência comigo e por ensinar os caminhos e corrigir os defeitos, de forma que o trabalho sempre prosseguisse.

Aos amigos e colegas de curso, pela troca de experiências, pelo compartilhamento de conhecimentos, pelas boas conversas e pelas novas amizades formadas.

Ao DEN/UFPE, na pessoa da Profa. Hellen Jamil Khoury, pelas orientações e por permitir o uso das instalações para a realização de grande parte do experimento.

Aos colegas do DEN/UFPE, em especial a Sérgio Santana e Izabela Brasileiro, por gastarem voluntariamente seu tempo para me ensinar, corrigir e sugerir passos essenciais da pesquisa.

À clínica Boris Berenstein, na pessoa de Marco Antônio Gomes Frazão, por permitir o uso das instalações para a realização das exposições do experimento.

Aos professores do curso pelas orientações, paciência e pelos ensinamentos transmitidos.

Enfim agradeço à todas as pessoas que sempre estiveram do meu lado, me amam e me ajudam a crescer e ser uma pessoa melhor a cada dia.

Obrigado a todos.

“Nenhum homem realmente produtivo pensa como se estivesse escrevendo uma dissertação.”

Albert Einstein

RESUMO

A utilização de radiografias intrabucais é bastante comum na prática diária da Odontologia e o filme radiográfico tem sido o meio mais usado de captura, disposição e armazenamento das imagens radiográficas. Entretanto, as radiações X podem produzir efeitos biológicos deletérios. Uma das formas mais simples de reduzir a radiação que chega ao paciente é o uso de filmes mais sensíveis. A escolha desses filmes é essencial, desde que a qualidade radiográfica não seja prejudicada. Os filmes apresentam comportamentos diferentes frente às variações do tipo de processamento, concentração, temperatura e ao estado de degradação de soluções processadoras. O presente estudo teve como objetivo avaliar o filme DFL Contrast[®] FV-58 de sensibilidade F e compará-lo com o filme Kodak Insight[®], de sensibilidade E/F. Os parâmetros estudados foram as propriedades sensitométricas, o contraste relativo e a densidade base e velamento. Esses parâmetros foram calculados a partir de valores de densidade óptica e o cálculo das propriedades sensitométricas também se utilizou de medidas de dose de radiação. Com a finalidade de observar o comportamento dos filmes em soluções frescas e degradadas, foi criado um modelo de degradação que durou quatro semanas. Os parâmetros de qualidade foram medidos em cinco tempos distintos e os resultados mostraram que o filme Contrast[®] possui valores de sensibilidade, contraste e densidade base e velamento significativamente maiores, enquanto os valores de latitude são menores. O contraste relativo não mostrou diferença significativa entre os tipos de filme. O tempo de degradação das soluções de processamento não mostrou significância nos parâmetros estudados. Concluiu-se que as alegações do fabricante do filme Contrast[®] estão corretas e confirmam as características desse filme, de maior sensibilidade e contraste que o filme Insight[®].

Palavras-chave: Radiografia Dentária; Filme para Raios X; Diagnóstico por Imagem

ABSTRACT

The use of intraoral radiographs is quite common in daily practice of dentistry and the radiographic film has been the most used means of capture, disposal and storage of radiographic images. However, X-ray emission can produce deleterious biological effects. One of the easiest ways to reduce the radiation needed to produce radiographs is the use of more sensitive films. The choice of these films is essential, since the radiographic quality is not compromised. The films have different behaviors in the changing of the type of processing, concentration, temperature and state of degradation of processing solutions. This study aimed to evaluate the F-speed film DFL Contrast[®] FV-58 and compare it with the Kodak Insight[®] E/F speed film. The parameters studied were the sensitometric properties, the relative contrast and base plus fog density. These parameters were calculated from values of optical density and the sensitometric properties used also measures of radiation dose. In order to observe the behavior of the films in fresh and degraded solutions, a model of degradation was created that lasted four weeks. The quality parameters were measured at five different times and the results showed that the Contrast[®] film has sensitivity, contrast and base plus fog density significantly higher, whereas the values of latitude are minor. The relative contrast showed no significant difference between the types of film. The degradation time of processing solutions were not significant in the parameters studied. It was concluded that the claims of the manufacturer of the film Contrast[®] is correct and confirm the characteristics of film, the highest sensitivity and contrast that the Insight[®] film

Keywords: radiography: Radiography, Dental; X-Ray Film; Diagnostic Imaging

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Plataforma de acrílico com o filme posicionado.....	33
Figura 2 - Arranjo experimental do posicionamento do penetrômetro e do bloco de chumbo antes da exposição.....	33
Figura 3 - Esquemático da exposição dos filmes.....	34
Figura 4 - Fotodensitômetro MRA utilizado na pesquisa, pertencente ao DEN-UFPE	37
Figura 5 - Representação esquemática da sensibilidade na curva sensitométrica. .	40
Figura 6 - Representação esquemática do contraste na curva sensitométrica.	41
Figura 7 - Representação esquemática da latitude na curva sensitométrica.	42
Figura 8 - Curvas sensitométricas dos filmes Contrast [®] e Insight [®] obtidas na primeira semana do experimento.	45
Figura 9 - Curvas sensitométricas dos filmes Contrast [®] e Insight [®] obtidas após o processamento em soluções com 1 (uma) semana de degradação.	46
Figura 10 - Curvas sensitométricas dos filmes Contrast [®] e Insight [®] obtidas após o processamento em soluções com 2 (duas) semanas de degradação.	47
Figura 11 - Curvas sensitométricas dos filmes Contrast [®] e Insight [®] obtidas após o processamento em soluções com 3 (três) semanas de degradação.	48
Figura 12 - Curvas sensitométricas dos filmes Contrast [®] e Insight [®] obtidas após o processamento em soluções com 4 (quatro) semanas de degradação.....	49
Figura 13 - Curvas sensitométricas do filme Contrast [®] durante todo o experimento.	50
Figura 14 - Curvas sensitométricas do filme Insight [®] durante todo o experimento. .	51
Figura 15 - Sensibilidade média, segundo o tipo de filme ao longo do tempo.	52
Figura 16 - Contraste médio, segundo o tipo de filme ao longo do tempo.	53
Figura 17 - Latitude média, segundo o tipo de filme ao longo do tempo.....	55
Figura 18 - Contraste relativo médio, segundo o tipo de filme ao longo do tempo. ...	56
Figura 19 - Densidade base e velamento média, segundo o tipo de filme ao longo do tempo.....	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores das propriedades sensitométricas dos filmes Contrast [®] e Insight [®] processados em soluções frescas.	44
Tabela 2 - Valores das propriedades sensitométricas dos filmes Contrast [®] e Insight [®] processados em soluções com 1 (uma) semana de degradação.	45
Tabela 3 - Valores das propriedades sensitométricas dos filmes Contrast [®] e Insight [®] processados em soluções com 2 (duas) semanas de degradação.	46
Tabela 4 - Valores das propriedades sensitométricas dos filmes Contrast [®] e Insight [®] processados em soluções com 3 (três) semanas de degradação.	47
Tabela 5 - Valores das propriedades sensitométricas dos filmes Contrast [®] e Insight [®] processados em soluções com 4 (quatro) semanas de degradação.	48
Tabela 6 - Médias dos valores das propriedades sensitométricas do filme Contrast [®] obtidos nos tempos de degradação estudados.	49
Tabela 7 - Médias dos valores das propriedades sensitométricas do filme Insight [®] obtidos nos tempos de degradação estudados.	50
Tabela 8 - Média e desvio padrão (DP) da sensibilidade, segundo o tipo de filme e o tempo.	52
Tabela 9 - Estimativas dos parâmetros do modelo e dos erros padrões dos estimadores dos respectivos parâmetros, estatísticas de teste e p-valor associados.	52
Tabela 10 - Análise de variância (ANOVA) para sensibilidade.	53
Tabela 11 - Média e desvio padrão (DP) do contraste, segundo o tipo de filme e o tempo.	54
Tabela 12 - Estimativas dos parâmetros do modelo e dos erros padrões dos estimadores dos respectivos parâmetros, estatísticas de teste e p-valor associados.	54
Tabela 13 - Análise de variância (ANOVA) para contraste.	54
Tabela 14 - Média e desvio padrão (DP) da latitude, segundo o tipo de filme e o tempo.	55
Tabela 15 - Estimativas dos parâmetros do modelo e dos erros padrões dos estimadores dos respectivos parâmetros, estatísticas de teste e p-valor associados.	55

Tabela 16 - Análise de variância (ANOVA) para latitude.....	56
Tabela 17 - Média e desvio padrão (DP) do contraste relativo, segundo o tipo de filme e o tempo.	57
Tabela 18 - Estimativas dos parâmetros do modelo e dos erros padrões dos estimadores dos respectivos parâmetros, estatísticas de teste e p-valor associados.	57
Tabela 19 - Análise de variância (ANOVA) para o contraste relativo.	57
Tabela 20 - Média e desvio padrão (DP) da densidade base e velamento, segundo o tipo de filme e o tempo.	58
Tabela 21 - Estimativas dos parâmetros do modelo e dos erros padrões dos estimadores dos respectivos parâmetros, estatísticas de teste e p-valor associados.	58
Tabela 22 - Análise de variância (ANOVA) para densidade base e velamento.	59
Tabela 23 - Valores médios de densidade óptica e densidade óptica líquida dos degraus do penetrômetro e de base e velamento, no filme Contrast [®]	70
Tabela 24 - Valores médios de densidade óptica e densidade óptica líquida dos degraus do penetrômetro e de base e velamento, no filme Insight [®]	70
Tabela 25 - Valores de densidade óptica dos degraus do penetrômetro e de base e velamento, de cada filme Contrast [®]	71
Tabela 26 - Valores de densidade óptica dos degraus do penetrômetro e de base e velamento, de cada filme Insight [®]	71
Tabela 27 - Valores de densidade óptica líquida dos degraus do penetrômetro e de base e velamento, de cada filme Contrast [®]	72
Tabela 28 - Valores de densidade óptica líquida dos degraus do penetrômetro e de base e velamento, de cada filme Insight [®]	72
Tabela 29 - Valores de dose de radiação de cada degrau do penetrômetro.	73
Tabela 30 - Valores de sensibilidade para cada filme Contrast [®]	74
Tabela 31 - Valores de sensibilidade para cada filme Insight [®]	74
Tabela 32 - Valores de contraste para cada filme Contrast [®]	74
Tabela 33 – Valores de contraste para cada filme Insight [®]	75
Tabela 34 - Valores de latitude para cada filme Contrast [®]	75
Tabela 35 - Valores de latitude para cada filme Insight [®]	75
Tabela 36 - Valores de contraste relativo para cada filme Contrast [®]	76
Tabela 37 - Valores de contraste relativo para cada filme Insight [®]	76

Tabela 38 - Valores de densidade base e velamento para cada filme Contrast®.....	76
Tabela 39 - Valores de densidade base e velamento para cada filme Insight®.....	77
Tabela 40 - Valores de a e b das equações correspondentes às curvas sensitométricas do filme Contrast®.....	78
Tabela 41 - Valores de a e b das equações correspondentes às curvas sensitométricas do filme Insight®.....	78

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVOS	17
2.1 OBJETIVO GERAL	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3 REVISÃO DE LITERATURA	18
3.1 FILME RADIOGRÁFICO	18
3.2 QUALIDADE DA IMAGEM	21
3.3 SENSITOMETRIA E PROCESSAMENTO	22
3.4 OS ESTUDOS SOBRE QUALIDADE DE IMAGEM.....	23
4 MATERIAIS E MÉTODOS	32
4.1 UNIVERSO E AMOSTRA	32
4.2 SELEÇÃO DOS TEMPOS DE EXPOSIÇÃO	32
4.3 EXPOSIÇÃO DOS FILMES RADIOGRÁFICOS	34
4.4 PROCESSAMENTO DOS FILMES RADIOGRÁFICOS	35
4.5 DEGRADAÇÃO DAS SOLUÇÕES DE PROCESSAMENTO	35
4.6 AVALIAÇÃO.....	36
4.6.1 Mensuração das densidades dos filmes radiográficos	36
4.6.2 Densidade base e velamento	37
4.6.3 Cálculo do contraste relativo	37
4.7 CONSTRUÇÃO DAS CURVAS SENSITOMÉTRICAS	38
4.7.1 Exposição dos dosímetros	38
4.7.2 Construção das curvas sensitométricas	39
4.7.3 Cálculo da sensibilidade na curva característica	39
4.7.4 Cálculo do contraste	41
4.7.5 Cálculo da latitude na curva característica	42
4.8 ANÁLISE DE DADOS	42
5. RESULTADOS	44
5.1 ESTUDO DAS PROPRIEDADES SENSITOMÉTRICAS	44
5.2 ESTUDO DO CONTRASTE RELATIVO E DA DENSIDADE BASE VELAMENTO	56
6 DISCUSSÃO	60

7 CONCLUSÕES.....	65
REFERÊNCIAS	66
APÊNDICE A – Valores de densidade óptica medidas no experimento.....	70
APÊNDICE B – Valores de dose mensurados no experimento.....	73
APÊNDICE C – Valores individuais das propriedades sensitométricas	74
APÊNDICE D – Valores individuais do contraste relativo e DBV.....	76
APÊNDICE E – Valores de a e b calculados para uso nas equações.	78

1 INTRODUÇÃO

O exame radiográfico é um método auxiliar para o diagnóstico, tratamento e preservação muito utilizado na prática diária do cirurgião-dentista (DEZOTTI, 2000). Na União Européia, os exames radiográficos odontológicos representam cerca de 25% das radiografias realizadas para qualquer finalidade e, no Brasil, aproximadamente 20% (JUNIOR, 2006).

O filme radiográfico tem sido o meio mais usado de captura, disposição e armazenamento das imagens radiográficas. É a tecnologia com a qual o cirurgião-dentista está mais familiarizado para realização da técnica e interpretação da imagem. Entretanto, as radiações X podem produzir efeitos biológicos deletérios (CARVALHO & TAVANO, 1982; DEZOTTI, 2000; FREITAS, 2004; CASANOVA *et al.*, 2006; LEMKE *et al.*, 2006). Com a finalidade de diminuir a possibilidade desses efeitos, deve-se reduzir a radiação que o paciente é exposto durante a técnica radiográfica (PRICE, 1995; SYRIOPOULOS *et al.*, 1999a; PRICE, 2001; CASANOVA *et al.*, 2006).

Uma das formas mais simples de reduzir a radiação que chega ao paciente é o uso de filmes mais sensíveis. A escolha desses filmes é essencial, desde que a qualidade radiográfica não seja prejudicada (HORNER *et al.*, 1995; FARMAN & FARMAN, 2000; PRICE, 2001; LEMKE *et al.*, 2006). Deste modo, os exames radiográficos devem apresentar imagens de alta qualidade com uma dose de radiação aceitável (SYRIOPOULOS *et al.*, 1999a; FARMAN & FARMAN, 2000). No passado, o aumento da sensibilidade do filme prejudicava a qualidade da imagem radiográfica. O filme Kodak Ektaspeed, logo após seu lançamento em 1981, apresentava imagens granuladas e maior sensibilidade às variações de condições ideais de processamento, o que o levou a não ser aceito no mercado (LUDLOW *et al.*, 1995; DEZOTTI, 2000).

Segundo White & Pharoah (2004), a qualidade da imagem descreve o julgamento subjetivo do clínico sobre toda a aparência da radiografia. É uma combinação de características de densidade, contraste, latitude, nitidez e poder de resolução. A qualidade pode variar entre diferentes filmes e, ainda, dentro do próprio filme, com diferentes combinações de filme/processamento. Os filmes apresentam

comportamentos diferentes frente às variações do tipo de processamento, concentração, temperatura e ao estado de degradação de soluções processadoras (CARVALHO & TAVANO, 1982; SYRIOPOULOS *et al.*, 1999a; SYRIOPOULOS *et al.*, 1999b; DEZOTTI, 2000; PONTUAL, 2002; FREITAS, 2004; CASANOVA *et al.*, 2006).

A qualidade de um filme radiográfico pode ser avaliada por um grande número de métodos. Uma representação mais objetiva e detalhada da qualidade de uma radiografia pode ser obtida de parâmetros sensitométricos do filme estudado, como a sensibilidade, contraste e latitude. Para a obtenção desses parâmetros, é necessário construir as curvas sensitométricas dos filmes, também denominadas de curvas características ou ainda curva H&D (TAVANO & ESTEVAM, 1998). As medidas obtidas com os parâmetros objetivos são usadas como base para a criação dos testes subjetivos, que complementam a avaliação de qualidade de um filme.

Recentemente, a empresa brasileira DFL lançou no mercado nacional o filme radiográfico intrabucal Contrast[®] DFL FV-58, de sensibilidade F. Não há na literatura nenhum relato sobre suas propriedades, bem como seu comportamento quando processado em soluções degradadas. O fabricante alega que este filme é mais sensível e possui um contraste maior que o filme Kodak Insight[®]. Lançado em 2001 pela Kodak, o filme Insight[®] possui sensibilidade E/F e é recomendado para o uso diário, pois utiliza doses de radiação menores sem a perda da qualidade da imagem (LUDLOW *et al.*, 2001; SYRIOPOULOS *et al.*, 2001; CASANOVA & HAITER-NETO, 2004).

Portanto, foi objetivo neste trabalho, avaliar o filme DFL Contrast[®] FV-58 e o compará-lo com o filme Kodak Insight[®], por meio das propriedades sensitométricas, densidade base e velamento e contraste relativo em diferentes condições de processamento manual.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Neste estudo, propõe-se avaliar a qualidade da imagem, de forma objetiva, dos filmes DFL Contrast[®] FV-58 e Kodak Insight[®] no processamento manual e em soluções frescas e degradadas.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar a sensibilidade do filme DFL Contrast[®] FV-58 com o filme Kodak Insight[®], no processamento manual com soluções frescas e degradadas.
- Comparar o contraste do filme DFL Contrast[®] FV-58 com o filme Kodak Insight[®], no processamento manual com soluções frescas e degradadas.
- Comparar a latitude do filme DFL Contrast[®] FV-58 com o filme Kodak Insight[®], no processamento manual com soluções frescas e degradadas.
- Comparar o contraste relativo do filme DFL Contrast[®] FV-58 com o filme Kodak Insight[®] no processamento manual com soluções frescas e degradadas.
- Comparar a densidade base e velamento do filme DFL Contrast[®] FV-58 com o filme Kodak Insight[®] no processamento manual com soluções frescas e degradadas.

3 REVISÃO DE LITERATURA

A radiografia é o registro de uma imagem pela radiação X, que passa através de um objeto e chega a uma película radiográfica. Quando um feixe de raios X parte do aparelho, ele interage com o objeto e, desta maneira, terá sua intensidade reduzida, pois o feixe é atenuado devido sua absorção e espalhamento. Para que a informação relacionada com a estrutura e a composição do objeto, que está sendo conduzida pelo feixe, seja aproveitada, necessita-se de um receptor de imagens, que no caso da radiologia convencional é o filme radiográfico. (FREITAS, 2004; TAVANO, 2004).

3.1 FILME RADIOGRÁFICO

De acordo com Ludlow *et al.* (1995), a Eastman Kodak Company (Kodak, Eastman, Rochester, EUA) tem uma longa história de inovação e melhoria no filme radiográfico intrabucal. Em 1981, a Kodak introduziu o Ektaspeed, um filme de sensibilidade E que exigia cerca de metade da exposição do Ultra-speed, classificado como de sensibilidade D. Embora vários autores relatarem que a eficácia no diagnóstico do Ektaspeed era semelhante ao Ultra-speed para a maioria das indicações, outros fizeram notar que o Ektaspeed era sensível às variações das condições ideais de processamento. Em fevereiro 1994, a Kodak anunciou uma nova formulação do filme Ektaspeed incorporando uma tecnologia de emulsão com grânulos tabulares, que anteriormente tinham sido utilizados em filmes extrabucais do tipo screen. A nova formulação fornecia uma maior consistência de qualidade sob diferentes condições e gerava imagens mais acentuadas e com maior contraste.

Para Horner *et al.* (1995), é razoável, na prática da radioproteção, usar o filme mais sensível, onde se pode obter uma qualidade de imagem adequada para diagnóstico. Os autores afirmaram que, apesar das evidências consideráveis em estudos controlados de que o filme Ektaspeed oferecia um nível aceitável de qualidade para todas as propostas de diagnóstico, muitos dentistas mostravam

relutância em aceitá-lo para uso clínico, e continuavam a usar o Ultra-speed. Exposição incorreta, subprocessamento, condições de armazenamento e luz de segurança das câmaras escuras inadequadas têm sido sugeridas como razões para os resultados insuficientes obtidos pelo Ektaspeed na prática odontológica. A emulsão do Ektaspeed Plus foi aparentemente desenvolvida em resposta a esses problemas, talvez aceitando que o controle de qualidade radiográfica em uma prática odontológica intensa frequentemente é negligenciado. As radiografias produzidas utilizando o Ektaspeed Plus têm uma superfície brilhosa, comparada com o resultado final da produzida pelo Ektaspeed.

Para Thunthy & Weinberg (1995b), o Ektaspeed apresenta um contraste baixo, perde sensibilidade em altas densidades e reage de forma desfavorável a soluções degradadas. Para superar essas desvantagens, o filme Ektaspeed Plus foi lançado usando a tecnologia da emulsão com grânulos T. Essa tecnologia era similar à usada em filmes extrabucais do tipo screen.

Segundo Syriopoulos *et al.* (1999a), o Ektaspeed era muito sensível às variações das condições de processamento, como alterações na temperatura, concentração dos químicos ou sua exaustão. Infelizmente, a falta de cuidado no processamento não é incomum na prática odontológica e a maioria dos dentistas não utiliza um programa de controle de qualidade. O sucesso limitado do Ektaspeed mostrou que um filme para ser usado deve ser sensível, mas produzir imagens consistentes de alta qualidade, mesmo em condições não ideais de processamento. Ainda segundo Syriopoulos *et al.* (1999a), em 1997, três anos após o lançamento do Ektaspeed Plus, a Agfa introduziu no mercado o Novo Dentus M2, em substituição ao Dentus M2, classificado como D mais sensível ou E menos sensível.

Syriopoulos *et al.* (1999b) afirmaram que os novos desenvolvimentos em proteção radiológica têm como objetivo minimizar o risco dos freqüentes exames de radiográficos. Um dos métodos usados é aumentar a sensibilidade do filme.

Para Farman & Farman (2000), houve uma marcante redução na dose de radiação necessária para se produzir uma imagem radiográfica intrabucal no passar do século. Seguindo o princípio que os pacientes deveriam ser expostos a menor dose de radiação necessária para se produzir uma radiografia de qualidade, é aconselhável se usar o filme mais sensível, desde que a qualidade da imagem radiográfica não seja determinadamente comprometida.

Ainda segundo Farman & Farman (2000), houve uma redução de magnitude na radiação de exposição necessária para fazer radiografias intrabucais durante as 8 décadas entre 1919 e 1999. Em 1919 foi lançado o filme intrabucal Kodak Regular. Em 1925, a dose para o paciente foi reduzida pela metade com a introdução do filme RadiaTized. Reduziu-se a dose inicial em um quarto com a introdução do Ultra-speed original em 1941 e do novo RadiaTized em 1955. A sensibilidade do grupo D do Ultra-speed também se tornou possível em 1955, reduzindo a dose do paciente para cerca de 4% do necessário em 1919. Uma redução adicional para 2% da dose usada em 1919 foi obtida com a introdução dos filmes de sensibilidade E, incluindo aqueles da Kodak: Ektaspeed em 1981 e Ektaspeed Plus em 1994. O filme Flow, de sensibilidade F, tem o potencial para reduzir adicionalmente a exposição necessária para 1% da dose de radiação necessária em 1919.

Segundo Dezzoti (2000), atualmente os filmes radiográficos apresentam uma padronização para a sua produção. Possuem em ambos os lados de uma base de poliéster, a emulsão, que se constitui de gelatina onde estão contidos os cristais de halogenetos de prata (brometo de prata e iodetos de prata). A emulsão tem por finalidade absorver radiação durante a exposição aos raios X e produzir imagem latente, a qual se transforma em imagem radiográfica visível após o uso das soluções para o processamento.

Syriopoulos *et al.* (2001) afirmaram que nos anos 90, a introdução dos filmes de sensibilidade E como o Ektaspeed Plus e o Dentus M2, resultaram numa redução de dose de 40-50%, comparado com os filmes de sensibilidade D. Um protótipo de filme da Flow se mostrou 50% mais sensível e com características de poder de resolução, latitude e contraste similares aos filmes de sensibilidade E.

De acordo com Casanova (2002), a sensibilidade ou velocidade de um filme é, em sua maioria, determinado pelo tamanho dos grãos de prata na emulsão do filme. Quanto maior o tamanho dos grãos mais sensível é o filme. Todavia, quando se aumenta o tamanho, a nitidez e a qualidade subjetiva diminuem. Desde a introdução no comércio de filmes radiográficos odontológicos pela Kodak, foi dada ênfase à necessidade de redução da quantidade de radiação necessária para a produção de radiografias, mantendo a qualidade para diagnóstico.

3.2 QUALIDADE DA IMAGEM

Syriopoulos *et al.* (1999b) afirmaram que o processamento deficiente é a maior causa das altas doses de radiação e da baixa qualidade de imagem na prática dentária. Na prática diária, a maioria dos dentistas não utiliza um programa de qualidade e isso fez com que alguns filmes fossem pouco aceito pelos profissionais.

Conforme Albuquerque (2001), a qualidade de imagem é um conceito genérico aplicável a todas as modalidades de sistemas de aquisição e reprodução de imagem. Não obstante, isto não significa que seja um conceito bem definido ou estabelecido. A importância da discussão sobre conceitos de qualidade de imagem aplicados a sistemas médicos envolve intrinsecamente o valor da técnica para o diagnóstico. Dentro de um conjunto específico de situações clínicas é essencial manter a maior fidelidade entre o objeto observado e a imagem disponibilizada de forma a proporcionar a capacidade de detecção e descrição acurada de anormalidades.

Para Blendl & Buhr (2001), o processamento radiográfico é um dos parâmetros essenciais para a produção de imagens radiográficas. O processamento tem implicações tanto na qualidade do diagnóstico quanto na dose de radiação do paciente. Portanto, o controle de qualidade deverá garantir que as especificações e recomendações do fabricante sejam sempre seguidas.

Casanova (2002) afirmou que muitos fatores podem influenciar na qualidade final da imagem radiográfica, entre eles, aqueles ligados ao tipo de filme utilizado e ao processamento radiográfico.

De acordo com White & Pharoah (2004), processar um filme exposto aos raios X faz com que ele fique escurecido na área exposta. O grau e o padrão do escurecimento do filme dependem de inúmeros fatores, incluindo a energia e a intensidade do feixe de raios X, composição do objeto radiografado, a emulsão do filme utilizado e as características do processamento do filme.

3.3 SENSITOMETRIA E PROCESSAMENTO

Para Góes *et al.* (1997), a resposta sensitométrica dos filmes radiográficos aos raios X é uma das mais importantes medidas na Radiologia, uma vez que determina a dose radiação no paciente e a qualidade da imagem. O método mais comum, assim como o mais conveniente e instrutivo, de representar a resposta do filme aos raios X ou a luz é através da curva sensitométrica. Para construí-la, é necessário uma série de exposições relativas, necessárias para cobrir toda a escala de densidades do filme. Pode ser usado um método de escala de tempo, escala de intensidade e, ainda, o método com uso de penetrômetro.

Farman (2000) afirmou que a construção da curva sensitométrica de um filme e a determinação da densidade base e velamento, sensibilidade, gradiente médio (contraste) e latitudes são especificados pela ISO (*International Organization for Standardization*) e por outras associações relacionadas como ANSI (*American National Standards Institute*). Afirmou ainda que os radiologistas têm frequentemente criado seus próprios métodos, em particular, para a avaliação do contraste radiográfico.

Casanova (2002) afirmou que as propriedades sensitométricas dos filmes podem ser estudadas a partir da construção dessas curvas sensitométricas. A curva é uma representação gráfica, chamada curva sensitométrica. Inicialmente, a curva era utilizada para o estudo do comportamento dos materiais sensíveis à luz, com o objetivo principal de verificar os resultados da exposição de papéis fotográficos. Atualmente com algumas adaptações propostas pela ASA (*American Standards Association*), a curva sensitométrica mostra a relação entre a densidade óptica do filme e o logaritmo da exposição correspondente. A densidade é diretamente proporcional ao tempo de exposição, ou seja, quando aumenta o tempo de exposição do filme, aumenta a densidade óptica.

Segundo Zhu *et al.* (2003), determinar a curva sensitométrica para cada experimento é um processo que consome muito tempo. Geralmente requer a exposição de vários filmes do mesmo tipo com doses que variam em um intervalo de interesse. Após a exposição, é preciso ainda processar os filmes de forma

padronizada e em conjunto, para depois mensurar a densidade. Os autores afirmaram que os filmes deveriam ser analisados com o mesmo densitômetro.

Battum & Huizenga (2006) relataram que a curva sensitométrica é sensível à variação da emulsão, como o tamanho e concentração dos grânulos de prata e as condições diárias das soluções de processamento. Na literatura, o número de pontos necessários para construção da curva sensitométrica varia de 5 a 15.

3.4 OS ESTUDOS SOBRE QUALIDADE DE IMAGEM

Em 1995, Thunthy & Weinberg (1995a), realizaram um estudo para avaliar as propriedades sensitométricas dos filmes periapicais Kodak Ektaspeed Plus, Ektaspeed, e Ultra-speed no processamento automático. Foi utilizado um aparelho de raios X operando a 70kVp e 15mA, usando uma camada semi-redutora de 2,7mm de alumínio e uma distância foco-filme de 40 polegadas. Para a construção das curvas características, foram expostos 26 filmes para cada grupo, variando a exposição em um intervalo entre 1 e 300 impulsos. Após as exposições, os filmes foram processados em processadora automática com soluções novas, a 28°C e 5,5 minutos. Todos os filmes foram processados no mesmo dia, seguindo um processo padronizado. Um filme não exposto foi acrescentado a cada grupo de filmes para que fosse possível determinar a densidade base e velamento. Após o processamento, foram mensuradas a densidade óptica e densidade base e velamento para construção das curvas características. O filme Ektaspeed Plus apresentou maior sensibilidade e o Ektaspeed Plus mostrou um contraste semelhante ao Ultra-speed. Diante dos resultados, os autores concluíram que o filme Ektaspeed Plus apresenta as vantagens do alto contraste do Ultra-speed e alta sensibilidade do Ektaspeed.

, Thunthy & Weinberg (1995b), avaliaram a influência da exaustão das soluções de processamento automático novas e degradadas nas propriedades sensitométricas dos filmes Ektaspeed Plus, Ektaspeed, e Ultra-speed. Cada grupo de filmes foi exposto 29 vezes, variando a exposição em um intervalo de 1 a 300 impulsos. Foi adicionado um filme não exposto de cada tipo de filme ao grupo

exposto, obtendo-se um grupo de 90 filmes. As exposições foram repetidas por mais 3 vezes, totalizando 4 grupos de 90 exposições, ou 360 filmes. Após o processamento do primeiro grupo de filmes em soluções frescas, 10 películas panorâmicas foram processadas por dia, totalizando 70 por semana. Esse procedimento foi repetido na segunda e terceira semana do experimento com a finalidade de se estudar a degradação das soluções de processamento. A degradação foi realizada com o uso de 210 filmes e o experimento durou 4 semanas. Foram construídas curvas características dos filmes processados, de onde foram calculadas as propriedades sensitométricas. Os resultados mostraram que a degradação das soluções resultou em uma queda da sensibilidade e do contraste dos filmes, seguido por um aumento na latitude. Os autores concluíram que a degradação das soluções apresenta mais influência nas propriedades sensitométricas nas duas primeiras semanas. Concluíram ainda que o Ektaspeed Plus manteve valores mais estáveis de contraste médio e latitude de exposição que o Ultra-speed e o Ektaspeed.

Horner et al (1995) compararam a qualidade da imagem dos filmes Ektaspeed Plus, Ektaspeed e o Ultra-speed. Foram utilizados vários tipos de teste, com um aparelho com 2,5mm de filtração total de alumínio equivalente, operando a 10mA com uma distância foco-filme de 40 centímetros. As exposições foram realizadas a 50kVp e repetidas a 70kVp. Curvas sensitométricas foram construídas para comparar os valores de densidade base e velamento, sensibilidade e contraste dos filmes. Em outro teste, um phantom com padrões de pares de linha foi radiografado, para determinar a resolução espacial dos filmes. Dois outros phantoms de teste foram radiografados, com blocos contendo doze orifícios de 1mm de diâmetro no primeiro e doze de 2 mm no segundo, para avaliação do contraste dos filmes. Por último, realizaram um outro para avaliação da influência da lâmpada de segurança. Neste último, filmes expostos previamente foram retirados de seus invólucros em um ambiente totalmente escuro e postos sobre uma superfície de trabalho. Em seguida foram cobertos por papel negro e opaco, de modo que metade de sua superfície permanecia coberta e outra metade exposta. A luz de segurança foi então ligada e, a cada minuto que se passou, uma película de cada tipo de filme foi processada. Os filmes foram processados pelo método manual de temperatura/tempo, utilizando 4,5 min a 21°C. Os testes realizados mostraram que o Ektaspeed Plus não oferece

nenhuma vantagem, em termos de sensibilidade, em relação ao Ektaspeed. A diferença essencial entre as duas emulsões é o contraste elevado em exposições altas. Os autores explicaram que essa diferença, em radiografias clínicas, causam maior densidade na imagem de estruturas com densidade superior a 2,0 no filme Ektaspeed Plus. Esse aumento no contraste pode aumentar a percepção de detalhe em osso e lesões de cárie. A resolução limitante dos três filmes foi semelhante, permitindo a visualização de 10 pares de linha por milímetro. O teste de contraste mostrou que o Ektaspeed apresentou resultado inferior aos outros dois filmes, quando do uso da quilovoltagem de 70 kVp. A lanterna de segurança não mostrou velamento acima do aceitável em nenhum dos filmes. Os autores concluíram que o aumento do contraste da imagem do filme Ektaspeed Plus pode ser mais aceitável aos dentistas que o do filme Ektaspeed. Isso pode aumentar sua aceitação da prática diária, contribuindo para a redução da dose de exposição do paciente.

Ludlow *et al.* (1995) avaliaram as propriedades sensitométricas do filme Ektaspeed Plus, comparando com os filmes Ultra-speed e Ektaspeed em soluções novas e degradadas. Foi utilizado um aparelho de raios X operando a 70kVp, com uma camada semi-redutora equivalente a 2,5mm de Al, e uma distância foco-filme de 28 polegadas. As exposições variaram de 0,2 à 2 segundos. Os filmes foram identificados com letras de chumbo, e um bloco quadrado com 5mm de chumbo foi colocado sobre o filme, para que a densidade base-velamento do filme pudesse ser calculada. Todos os filmes foram processados pelo método automático. Um grupo utilizou as mesmas soluções de processamento por 5 dias. Todos os filmes foram processados no mesmo dia. Foram feitas as medidas de densidade e as curvas características construídas. Concluíram que o filme Ektaspeed é mais sensível à variação das condições de processamento. Dessa forma, o filme Ektaspeed Plus pode ser usado em substituição ao Ultra-speed e o Ektaspeed, por se manter imagem de qualidade mesmo em soluções não frescas.

Syriopoulos et al (1999a) compararam as propriedades sensitométricas de quatro filmes intrabucais, processados em cinco diferentes soluções.. Os filmes estudados foram o Ultra-speed, Ektaspeed Plus, Dentus M2 e o recente Dentus M2. Os filmes foram expostos sob condições padronizadas, utilizando um aparelho operando a 60kVp e 7mA, com uma filtração de 1,5mm de alumínio. Para a construção de cada curva sensitométrica, 24 películas de cada tipo de filme foram

expostas, variando-se o tempo de exposição entre 0,02 e 2,5 segundos, a uma distância foco-filme de 60 cm. Os filmes expostos foram processados pelo método manual de temperatura-tempo, utilizando as soluções Agfa Dentus, Kodak, Demat, Durr-Automat XR e Durr-Periomat Intra , sendo as duas últimas soluções para processamento automático. Após processamento, foram mensuradas as densidades ópticas para confecção das curvas sensitométricas. O contraste foi calculado em dois intervalos diferentes. O primeiro foi entre 0,25-2,0 acima da densidade base-velamento. O segundo entre 1,0-3,0 acima da densidade base-velamento. Quando processado em soluções automáticas, o novo filme Dentus M2 apresentou maior sensibilidade que o antigo Dentus M2 e maior que os filmes Kodak. O filme Ektaspeed Plus foi o mais sensível em soluções para processamento manual. Diante dos resultados, concluíram que o Ektaspeed Plus e o Dentus M2 (Agfa) podem ser usados na prática diária pois requerem baixa dose de radiação e mantêm propriedades superiores ao Ultra-speed , o qual não deveria ser mais utilizado por necessitar de maior dose de radiação.

Syriopoulos et al (1999b) testaram os filmes Ultra-speed, Ektaspeed Plus, o Dentus M2 e o novo Dentus M2, em soluções degradadas, utilizando curvas características. Dessa vez, foi utilizado um penetrômetro de alumínio com 14 degraus que variavam de 1 a 20mm de espessura. Esse penetrômetro foi exposto nas mesmas condições do estudo anterior, com 60cm de distância foco-filme, usando um aparelho que operava a 60kVp e 7mA. O tempo de exposição foi fixado em 1 segundo e todos os filmes do experimento foram expostos no mesmo dia. O processamento foi feito pelo método manual temperatura-tempo em cinco soluções processadoras: Agfa Dentus, Kodak, Demat, Durr-Automat XR e Durr-Periomat Intra. Dois filmes de cada tipo foram processados em soluções frescas. A cada semana, dois novos filmes eram processados nas mesmas soluções usadas no início da pesquisa e esse experimento foi repetido até que as soluções estivessem degradadas. Com os valores de dose, foram construídas as curvas características I. Os autores concluíram que valores diferentes de sensibilidade e contraste podem ser obtidos com a combinação de filmes e soluções de processamento. As soluções Demat são a de escolha para processamento manual, pois mantiveram uma maior estabilidade ao longo do estudo. A Durr XR é a solução de escolha quando se usam soluções para processamento automático. O filme Ektaspeed é o filme recomendado

para qualquer tipo de solução de processamento e o novo Dentus M2 deve ser usado apenas quando se usam soluções de processamento automático.

Syriopoulos *et al.* (1999c) examinaram os efeitos da degradação das soluções processadoras, durante 6 semanas, na qualidade da imagem, por meio da avaliação do comprimento de limas endodônticas em relação ao ápice da raiz. Os filmes Ektaspeed Plus, Ultra-speed e Dentus M2 foram processados nas soluções AGFA e Periomat por 6 semanas. As radiografias foram examinadas por 8 avaliadores. Concluiu-se que as soluções AGFA perdem sua capacidade de diagnóstico a partir da quarta semana, mas a Periomat mostrou uma maior consistência.

Platin *et al.* (1999) compararam a influência das condições de armazenamento nas características dos filmes Ektaspeed Plus e Ultra-speed. Duas caixas de cada tipo de filme foram armazenadas em cinco locais diferentes, na tentativa de simular diferentes condições de armazenamento. Os locais foram uma geladeira, uma caixa de madeira dentro da câmara escura, uma caixa em um local não protegido de radiação, o topo de uma janela ventilada e um ponto próximo aos canos de aquecimento de uma residência. Vinte e três testes de imagem foram realizados em um período de 26 meses. No dia de cada teste, seis filmes foram retirados de cada caixa, nos 5 locais. Os filmes eram expostos com um penetrômetro de alumínio contendo 9 degraus e um bloco de chumbo de 5mm de espessura por um aparelho operando a 70kVp e 7mA. A distância foco-filme foi de 28 polegadas, o tempo de exposição foi de 0,5 segundos para o Ektaspeed Plus e 1 segundo para o Ultra-speed. Os filmes foram divididos em grupos e processados em processadora automática. Um grupo foi processado em soluções frescas e outro em soluções degradadas em uma semana. A densidade base-velamento foi calculada a partir da densidade obtida na área do bloco de chumbo. O contraste foi obtido subtraindo o valor da densidade do degrau 1 do degrau 4 do penetrômetro. Os resultados mostraram diferenças significativas das condições de armazenamento quando comparados o tipo de filme, o processamento, a localização do armazenamento e o mês do armazenamento. Concluíram que o Ektaspeed Plus é comparável ao Ultra-speed em todas as condições e recomendaram o uso do Ektaspeed Plus por diminuir a dose de radiação no paciente.

De acordo com Syriopoulos *et al.* (2001), apesar do avanço nos sistemas de radiografia digital, o filme convencional ainda é o principal receptor de imagem na

radiologia intrabucal. Diante disto, Syriopoulos *et al.* (2001) compararam a qualidade da imagem e a eficácia do diagnóstico dos filmes Ektaspeed Plus e Insight, por meio das propriedades sensitométricas. Foram construídas curvas características dos filmes, de onde foram calculadas as propriedades sensibilidade e contraste. Foram expostos 24 filmes de cada tipo, variando-se o tempo de exposição entre 0,01 e 2,0 segundos, a uma distância foco-filme de 70cm. Os filmes foram expostos sob condições padronizadas, utilizando um aparelho operando a 60kVp e 7mA, com uma filtração de 1,5mm de alumínio. Os filmes foram processados por meio de processamento manual e automático, todos no mesmo dia. Filmes não-expostos foram também processados para se obter os valores de densidade base-velamento. Depois de processados, foram mensuradas as densidades dos filmes e construídas as curvas características. Os autores concluíram que o Insight[®] é o filme mais rápido e a sua qualificação de sensibilidade é coerente com a informação do fabricante. O filme Insight[®] possui propriedades sensitométricas superiores ao Ektaspeed e a exposição pode ser reduzida em 20% sem perda da eficácia do diagnóstico.

Ludlow *et al.* (2001) estudaram as características do filme Insight[®], comparando-o com o Ektaspeed Plus e o Ultra-speed. Foram avaliadas as propriedades sensitométricas em soluções frescas e degradadas por 5 dias. Foi utilizado um aparelho de raios X médico operando a 54kV. Todos os filmes foram expostos seguindo uma seqüência de 38 exposições, as quais variavam de 0,24 a 213mR. Os filmes foram processados em processadora automática a 28° e 4,5 minutos de ciclo de processamento. Os filmes foram processados na mesma solução utilizada no primeiro dia do experimento. Esse processo foi repetido mais 3 vezes, e o experimento durou 5 dias. Do primeiro ao quarto dia, logo após o processamento dos filmes expostos, 10 filmes extrabucais de tamanho 20,3cm x 25,4cm foram expostos a luz e depois processados nas mesmas soluções, com a finalidade de degradá-las. Para assegurar a precisão dos resultados, todo o experimento foi repetido. Foram feitas as mensurações das densidades e as curvas características foram construídas. Os resultados mostraram que o filme Insight[®] manteve o contraste mesmo em soluções degradadas. Os autores concluíram que o Insight[®] pode ser usado para substituir os filmes Ektaspeed Plus e Ultra-speed, pois diminui a dose de radiação no paciente e ainda se mantém estável as variações da solução de processamento.

Bernstein et al (2003) compararam as propriedades sensitométricas dos filmes Insight[®] e Ultra-speed, quando em soluções de processamento rápido, por meio da avaliação do contraste radiográfico e de radiografias de uma mandíbula macerada humana. As exposições foram feitas por meio de um aparelho operando a 65kVp e 7mA, com filtração de 2mm de alumínio equivalente e distância foco-filme de 23cm. Os filmes foram processados pelo método temperatura/tempo em soluções para processamento rápido Insta-Neg e Insta-Fix. Após o processamento, os valores de densidade foram mensurados para o cálculo do contraste. Cinco residentes em Endodontia avaliaram a qualidade das imagens radiográficas da mandíbula, obtidas com diferentes condições, em itens como obturação do canal, espaço do ligamento periodontal, junção amelo-dentinária e crista óssea. Não houve diferenças significativas entre os filmes Insight[®] e Ultra-speed. O contraste e densidades altos resultam em um impacto positivo e estatisticamente significativo nas avaliações subjetivas. Foi concluído que o filme Insight[®] pode ser usado com soluções de processamento rápido pois permite o uso de uma menor dose de radiação.

Geist *et al.* (2003) relataram que o filme Flow EV-57 tem se mostrado um filme do tipo E ou um F lento. Afirmaram ainda que variações nas condições de processamento e na composição das soluções podem alterar a sensibilidade dos filmes, mesmo ao ponto de movê-los entre categorias de sensibilidade diferentes, e alterar o contraste. Diante dessas afirmações, compararam as características sensitométricas dos filmes Ultra-speed, Insight[®] e o Flow EV-57, em diferentes sistemas de processamento automático. Os filmes foram expostos por um aparelho de raios X odontológico, operando a 70kV e 7mA, com uma distância foco-filme de 1 metro. As doses de radiação que variaram de 21 a 1141 μ Gy, em 41 exposições. Cada tipo de filme foi retirado de 3 caixas diferentes e, posteriormente a exposição, foram processados de forma aleatória em 5 soluções diferentes, por meio de processamento automático. Nas curvas sensitométricas, a sensibilidade de cada filme em cada solução de processamento foi medida na densidade 1.0, 1.5 e 2.0 acima da densidade base-velamento do filme. Os autores justificaram esses valores afirmando que esse é o intervalo de densidade onde a lesão de cárie e doenças periodontais são usualmente encontradas. O contraste dos filmes foi medido também em 4 diferentes intervalos: entre 0.25 e 2.0, 0.5 e 1.0, 0.7 e 1.3 e ainda 1.0 e 2.5, todos acima da densidade base-velamento. Os autores justificaram que esses

são os intervalos de densidade baixa, alta e onde muitas alterações radiográficas surgem. Houve pequena diferença na sensibilidade dos diferentes sistemas, com exceção de uma solução. Os autores concluíram que ajustes diferentes nos fatores de exposição são necessários para algumas combinações de filme e processamento.

Casanova & Haiter-Neto (2004) avaliaram o efeito da degradação das soluções de processamento na qualidade da imagem do filme Kodak Insight[®], comparando-o com o filme Ektaspeed Plus. A comparação foi baseada em medidas densitométricas e em uma análise subjetiva, em processamento manual e automático. As exposições foram feitas de forma padronizada, utilizando um aparelho operando a 70kVp e 10mA, com uma filtração equivalente à 2,5mm de alumínio. A distância foco-filme utilizada foi de 20 cm. Para o processamento automático, o filme Insight[®] recebeu uma exposição 20% menor. Os tempos de exposição foram 0,30s para o Ektaspeed Plus e 0,24s para o Insight[®]. Para o processamento manual, os dois filmes receberam 0,30s de tempo de exposição. Para a avaliação subjetiva, uma mandíbula humana seca foi radiografada juntamente com um penetrômetro contendo 2 degraus. O primeiro degrau possuía 4mm de alumínio e o segundo 2mm de chumbo. O processamento dos filmes foi feito inicialmente com soluções frescas e, em seguida, foi realizado o processamento em soluções degradadas, em doze dias diferentes, de forma que o estudo durou 4 semanas. Para simular a degradação das soluções de processamento, setenta filmes Ektaspeed Plus foram expostos e processados todos os dias. Após processamento, a densidade dos degraus do penetrômetro foi mensurada e as imagens da mandíbula humana macerada foram avaliadas por 5 radiologistas, por meio dos escores: 2 (imagem boa); 1 (imagem adequada) e 0 (imagem inadequada para diagnóstico). A análise subjetiva não mostrou diferença significativa entre os dois filmes. A análise sensitométrica mostrou concordância com a análise subjetiva. Os autores concluíram que a degradação das soluções ocorre de forma mais rápida no processamento automático e que o filme Insight[®] apresenta resistência semelhante ao Ektaspeed Plus durante o processo de degradação.

Damian et al (2008) realizaram um experimento com o objetivo de avaliar se as alterações de densidade e contraste, causadas na imagem pela degradação podem ser identificadas numa radiografia. Filmes Insight[®] foram expostos por

aparelho de raios X operou a 70kVp e 10mA, com uma filtração total de 2,5mm de alumínio equivalente, a distância foco-filme de 20cm. Todos os dias da semana foram expostos 2 filmes, um com um penetrômetro e outro com um fantoma constituído por uma mandíbula humana adulta macerada incluída em resina acrílica. O tempo de exposição variou de acordo com o objeto radiografado e com a finalidade da radiografia, sendo de 0,25s para as radiografias do penetrômetro e 0,30s para as do fantoma. Para o processamento radiográfico foi utilizada uma câmara escura portátil, com soluções Kodak prontas para uso em processamento manual. As soluções processadoras foram vertidas nos recipientes 24h antes do início do experimento. O experimento durou 30 dias (6 semanas) e foram obtidas 60 radiografias, sendo 30 referentes à análise objetiva e 30 à análise subjetiva (visual). Após a obtenção das radiografias, as densidades foram obtidas com o uso do fotodensitômetro. Para cálculo do contraste, realizou-se a subtração dos valores das densidades correspondentes aos degraus de 4 e 14mm da escala. Para a avaliação subjetiva, 18 cirurgiões-dentistas de diversas especialidades atribuíram escores de 0 a 3 nas radiografias do fantoma, de acordo com a possibilidade de diagnóstico das imagens: 0 (radiografia ruim, impossibilidade de diagnóstico); 1 (radiografia regular); 2 (radiografia boa) e 3 (radiografia excelente, ideal sob todos os aspectos de diagnóstico). Houve diminuição progressiva de densidade e de contraste nas radiografias durante os 30 dias de experimento em função da degradação progressiva dos líquidos de processamento. A maior parte dos avaliadores julgou que as radiografias realizadas até o vigésimo sexto dia de experimento estavam em boas condições de interpretação e diagnóstico. No entanto, a análise objetiva mostrou que estas imagens já apresentavam diminuição de 27% densidade e 34% contraste. Desta forma, os resultados deste estudo revelaram que a análise subjetiva mostrou-se menos sensível que a objetiva na avaliação da qualidade das imagens para interpretação e diagnóstico. Concluíram que a avaliação visual subjetiva é inadequada para ser executada como um programa único de controle de qualidade.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 UNIVERSO E AMOSTRA

Foram utilizadas 1 (uma) caixa do filmes Contrast[®] DFL FV-58, de sensibilidade F, contendo 100 películas (DFL Industria e Comércio, Rio de Janeiro, Brasil) e 1 (uma) caixa do filme Insight[®], de sensibilidade E/F, com 150 películas (Kodak, Eastman, Rochester, EUA). Deste universo, fizeram parte da amostra 25 (vinte e cinco) filmes de cada tipo, escolhidos de forma aleatória. A caixa de filme DFL Contrast[®] pertencia ao lote 08020213, com data de validade 10/2009. A caixa de filme Kodak Insight[®] pertencia ao lote 3107029, com data de validade 02/2010.

4.2 SELEÇÃO DOS TEMPOS DE EXPOSIÇÃO

Para seleção dos tempos de exposição de cada tipo de filme, utilizou-se o aparelho de raios X odontológico Timex 70 (Gnatus, São Paulo, Brasil), operando a 70kV e 7mA, com uma filtração de 2,5 mm de alumínio. A exatidão, precisão e reprodutibilidade do aparelho de raios X foram previamente avaliadas com a utilização do aparelho RMI 242 (Gammex Inc.) do laboratório de metrologia do Departamento de Energia Nuclear (DEN) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

Para a exposição, um filme de cada tipo foi posicionado em uma plataforma de acrílico com o objetivo de padronizar a distância foco-filme em 30 cm (Figura 1). Sobre o filme, foi posicionado um penetrômetro de alumínio de 8 degraus de espessura com incrementos de 2 mm, sendo o menor degrau com 2mm e o maior com 16mm de alumínio (Figura 2).



Figura 1 - Plataforma de acrílico com o filme posicionado.

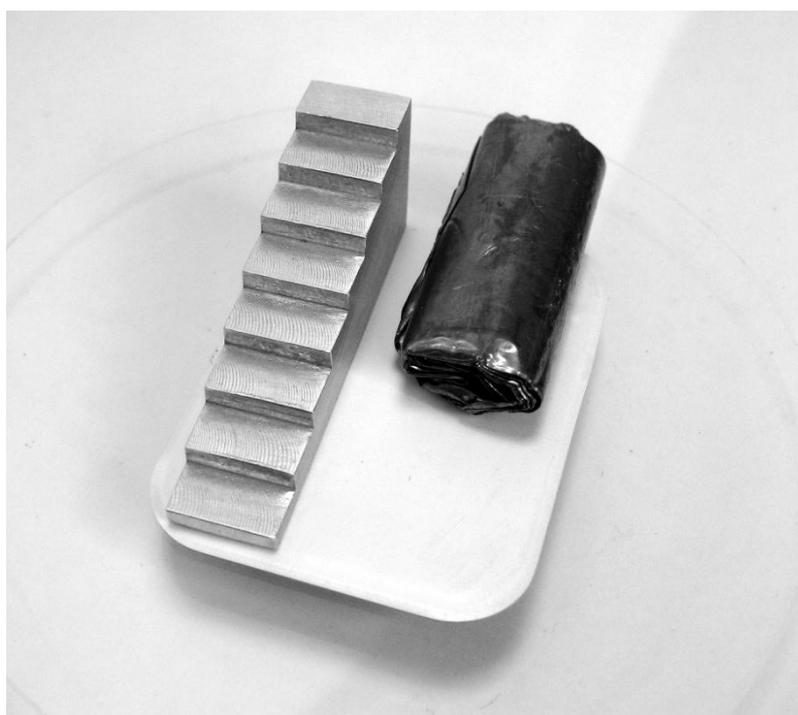


Figura 2 - Arranjo experimental do posicionamento do penetrômetro e do bloco de chumbo antes da exposição.

Desta forma, foram obtidas radiografias de cada tipo de filme com os tempos 0,16; 0,2; 0,25; 0,32; 0,4; 0,5 e 0,64 segundos. Após processamento pelo método

temperatura/tempo, utilizando solução processadora reforçada GBX (Kodak Brasileira Indústria e Comércio Ltda, São José dos Campos, SP, Brasil), a densidade do quinto degrau foi mensurada de modo a eleger o tempo de exposição que proporcionasse um valor mais próximo de 1 (um). Os tempos 0,32 e 0,4 segundos foram os selecionados para os filmes Contrast[®] e Insight[®], respectivamente.

4.3 EXPOSIÇÃO DOS FILMES RADIOGRÁFICOS

Com os tempos de exposição selecionados, 5 filmes de cada grupo foram expostos às mesmas condições descritas anteriormente (Figura 3). Além do penetrômetro, posicionou-se também em cada filme um bloco de chumbo e letras de identificação. O bloco de chumbo tinha a finalidade de promover uma área sem exposição no filme, de modo que a densidade base e velamento pudesse ser medida posteriormente. As letras de identificação indicavam qual o tipo de filme, a semana e a ordem da exposição.

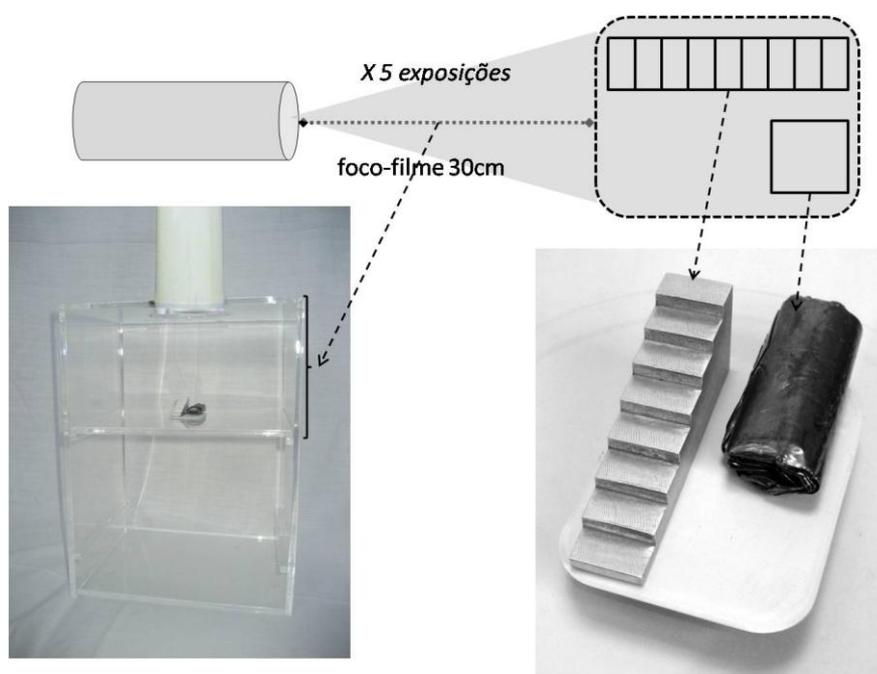


Figura 3 - Esquemático da exposição dos filmes.

4.4 PROCESSAMENTO DOS FILMES RADIOGRÁFICOS

O processamento dos filmes foi feito de forma manual pelo método temperatura/tempo, em câmara escura tipo labirinto da Disciplina de Radiologia Odontológica do Curso de Odontologia da Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Foram utilizadas soluções processadoras reveladora e fixadora reforçada GBX (Kodak Brasileira Indústria e Comércio Ltda, São José dos Campos, SP, Brasil). Dois conjuntos (revelador e fixador) de 2,08 litros foram diluídos em água destilada 24 horas antes do uso, de acordo com as recomendações do fabricante, perfazendo um total de 18 litros de cada solução. Todas as soluções encontravam-se no prazo de validade. Optou-se por manter as lanternas de segurança da câmara escura apagadas durante todo o processamento dos filmes, com a finalidade de eliminar qualquer possibilidade da luz de segurança afetar os resultados sensitométricos.

A temperatura da solução reveladora utilizada foi de 26,5°C e o tempo de revelação 2,5 minutos. A temperatura e o tempo foram controlados com o uso de termômetro de imersão e cronômetro.

O processamento dos filmes foi realizado no dia seguinte às exposições. Os filmes expostos foram processados em conjunto de 10 (dez), correspondendo a 5 (cinco) películas de cada grupo, com o objetivo de minimizar a variabilidade do processamento. Desse modo, os filmes estiveram sob as mesmas condições de processamento. A secagem das películas foi realizada por meio da secadora automática.

O processamento dos filmes intrabucais se repetiu por mais 4 semanas, sempre no dia seguinte à exposição de cada semana.

4.5 DEGRADAÇÃO DAS SOLUÇÕES DE PROCESSAMENTO

Com a finalidade de se estudar as propriedades dos filmes frente ao processo de degradação das soluções processadoras, as soluções utilizadas no primeiro dia da pesquisa foram reutilizadas nas semanas seguintes, até o fim do experimento,

tendo-se o cuidado de manter os tanques sempre fechados após o seu uso, com a finalidade de diminuir os efeitos do ar na oxidação das soluções.

A metodologia da degradação foi baseada nos estudos de Thunthy & Weinberg (1995b). O autor processou 10 filmes panorâmicos expostos a luz por dia, durante 7 dias na semana. No total, o autor processou 70 panorâmicas por semana durante 3 semanas, totalizando 210 panorâmicas no estudo.

No presente estudo, a degradação das soluções de processamento foi simulada por meio do processamento completo, durante cinco dias da semana, de 10 películas radiográficas extrabucais de tamanho 18 x 24cm. No total, 50 películas foram processadas por semana, totalizando 200 películas durante todo o experimento. O desgaste forçado das soluções iniciou-se logo após o processamento dos filmes intrabucais do primeiro dia do experimento, que necessitavam de soluções frescas para a obtenção dos parâmetros iniciais. Durante os dias da semana, as películas de filme extrabucal foram expostas à luz e depois processadas nos mesmo tanques de processamento do estudo. Esse desgaste tinha por finalidade simular as condições de uso de soluções de processamento de uma clínica radiológica.

4.6 AVALIAÇÃO

4.6.1 Mensuração das densidades dos filmes radiográficos

Para obtenção das densidades ópticas médias, foram realizadas 3 (três) mensurações por degrau do penetrômetro em cada radiografia, e 5 (cinco) mensurações na imagem correspondente ao bloco de chumbo, utilizando o fotodensitômetro digital (MRA Company, Riberão Preto, SP, Brasil) pertencente ao Departamento de Energia Nuclear da UFPE (Figura 3). Obtidos os valores, calculou-se a média da densidade óptica para cada degrau e bloco de chumbo. Dessa forma, obtiveram-se as densidades ópticas em diferentes degraus e a densidade base e velamento da película (Apêndice A).



Figura 4 - Fotodensitômetro MRA utilizado na pesquisa, pertencente ao DEN-UFPE

4.6.2 Densidade base e velamento

A densidade base e velamento (DBV) é a densidade intrínseca da própria base do filme e que pode ser resultante da qualidade da emulsão e sua interação com as soluções de processamento, radiação secundária e luz de segurança (COSTA *et al.*, 2005). A densidade base e velamento de um filme corresponde a medida de densidade óptica de uma película não exposta, mas processada nas mesmas condições de uma película exposta. No estudo a densidade base e velamento foi medida na região não-exposta do filme, correspondente ao bloco de chumbo.

4.6.3 Cálculo do contraste relativo

Para o cálculo do contraste relativo, foram utilizados os valores médios das densidades ópticas líquidas do primeiro e último degraus do penetrômetro. De

acordo com as densidades ópticas obtidas, calculou-se o contraste radiográfico relativo, usando-se a equação:

$$\text{Contraste Relativo} = \frac{D2 - D1}{\frac{1}{2}(D2 + D1)} \quad \dots(1)$$

onde, D2 correspondia a densidade da área mais densa (degrau de 2mm) e D1 equivalia a densidade da área menos densa (degrau de 16mm).

4.7 CONSTRUÇÃO DAS CURVAS SENSITOMÉTRICAS

4.7.1 Exposição dos dosímetros

Para obtenção e cálculo dos valores da dose a que os filmes foram expostos nas regiões correspondentes aos degraus do penetrômetro, foram utilizados dosímetros termoluminescentes do Departamento de Dosimetria e Instrumentação Nuclear da Universidade Federal de Pernambuco. Pares de dosímetros foram posicionados sobre uma plataforma de 30 cm de isopor e expostos a uma distância foco-filme de 30 cm, nos tempos 0,32 e 0,4 segundos, com e sem uma lâmina de alumínio de 2 mm de espessura fixada na extremidade do cilindro localizador do aparelho.

As leituras dos dosímetros e as doses referentes às porções dos degraus de alumínio foram calculadas no laboratório de Dosimetria e Instrumentação Nuclear do Departamento de Energia Nuclear da Universidade Federal de Pernambuco (Apêndice B).

4.7.2 Construção das curvas sensitométricas

Com os valores médios da densidade base e velamento, da densidade de cada degrau do penetrômetro e da dose de radiação que atingiu o filme em cada degrau, foram construídas curvas sensitométricas para cada filme em todas as semanas do estudo. Para tal, foi utilizado o programa Excel[®] versão *Home and Student 2007*.

Os valores de densidade óptica acima da densidade base e velamento foram plotados contra os valores de dose de radiação em um gráfico de dispersão tipo XY. Foi encaixada uma linha de tendência, que correspondia a uma regressão potencial, aos pontos, de modo que foi possível obter uma curva e uma equação correspondente a essa curva para cada filme do estudo. O modelo de regressão escolhido demonstrou uma significância superior a 99% em todos os filmes. A equação correspondente ao modelo é a seguinte:

$$y = a \cdot x^b \quad \dots(2)$$

onde y é o valor de densidade óptica, x é o valor de dose e a e b são constantes que determinam o comportamento da curva.

De posse das equações das curvas sensitométricas (Apêndice E), foi possível obter os valores de dose de radiação para as densidades ópticas 0,25, 1 e 2 acima da densidade base e velamento. Com os valores de dose obtidos, foi possível calcular as propriedades sensitométricas dos filmes processados: sensibilidade, contraste e latitude (Apêndice C).

4.7.3 Cálculo da sensibilidade na curva característica

A sensibilidade, obtida da curva característica, corresponde a exposição necessária para que o filme alcance a densidade 1,0 acima da densidade base e velamento. A Figura 4 mostra uma representação da medida de sensibilidade.

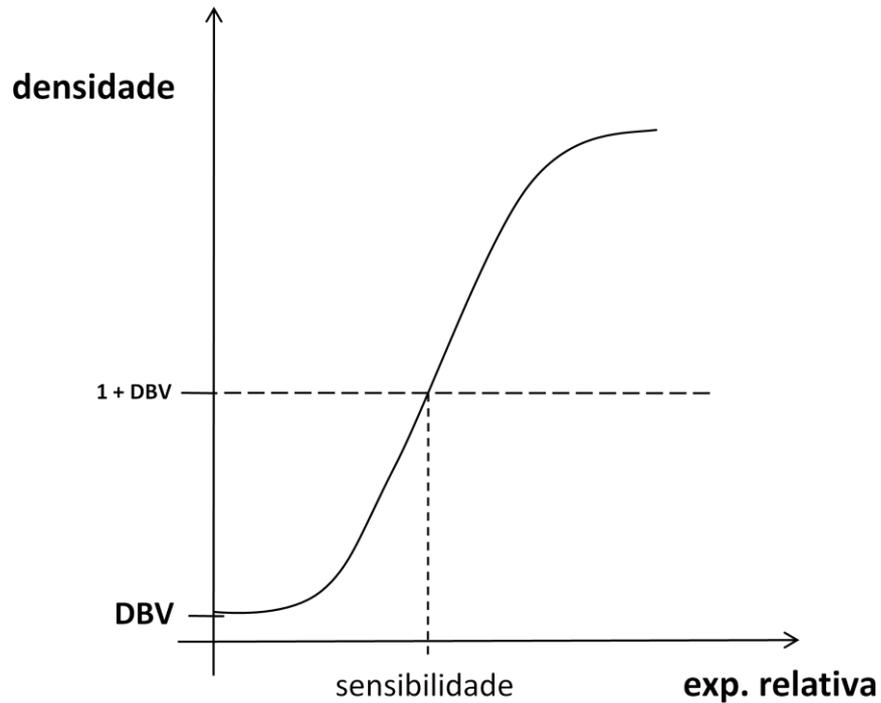


Figura 5 - Representação esquemática da sensibilidade na curva sensitométrica.

A densidade foi calculada como o inverso da dose em Röentgens necessária para se obter a densidade óptica 1 (um) acima da densidade base e velamento. Uma vez que as doses de radiação obtidas com os dosímetros encontravam-se em mGy, procedeu-se a transformação em Röentgen seguindo-se a seguinte relação (ALBUQUERQUE, 2001):

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Gy} \cong 8,69 \cdot 10^{-3} \text{ R} \\ \text{Gy} = 10^{-3} \text{ mGy} \\ \text{R} \cong \left[\frac{\text{mGy}}{8,69} \right] \end{array} \right. \quad \dots(3)$$

onde, Gy é a medida da dose em Gray, mGy é a medida em mili-Gray e R é a medida em Röentgen.

4.7.4 Cálculo do contraste

O contraste radiográfico, representado por um valor numérico denominado gradiente médio, corresponde à tangente do ângulo formado pelo eixo das abscissas e a reta que liga dois pontos de densidades específicas na curva característica. Esses dois pontos foram convencionados em 0,25 e 2,0 acima da densidade base e velamento, pois é nessa faixa que se situa a capacidade de visualização e discriminação das estruturas pelo profissional. A Figura 5 mostra uma representação do cálculo do contraste.

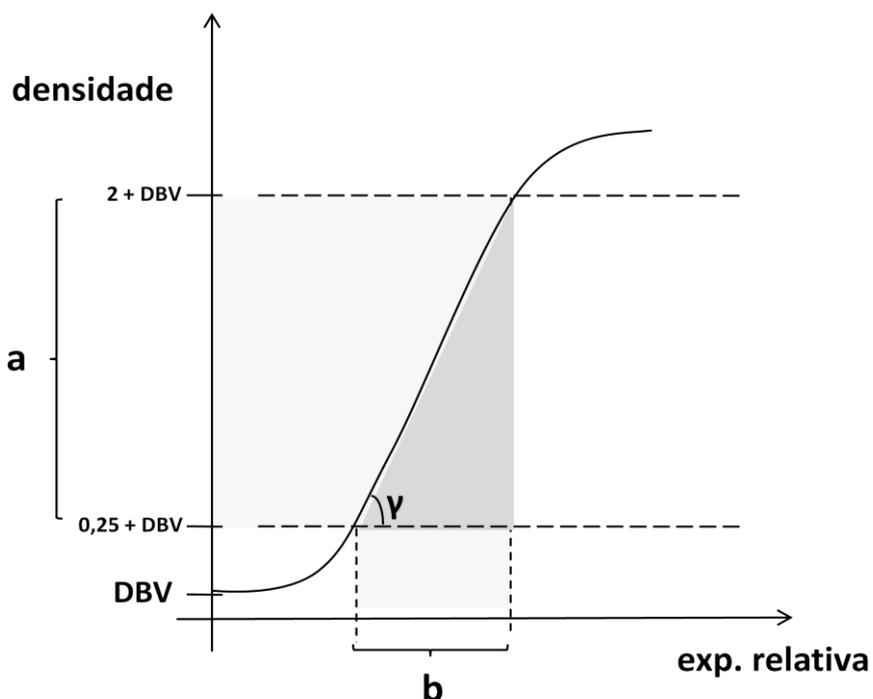


Figura 6 - Representação esquemática do contraste na curva sensitométrica.

Baseando-se na representação da Figura 5, o valor do contraste pôde ser calculado na pesquisa dividindo-se o valor de “a” pelo valor de “b”.

4.7.5 Cálculo da latitude na curva característica

A latitude é obtida traçando-se duas linhas perpendiculares ao eixo das exposições (X), desde os pontos de densidade 0,25 e 2,0 acima do valor de densidade base e velamento, na curva característica. A faixa de exposição compreendida entre essas projeções corresponde à latitude do filme. A Figura 6 traz uma representação esquemática do cálculo da latitude na curva sensitométrica.

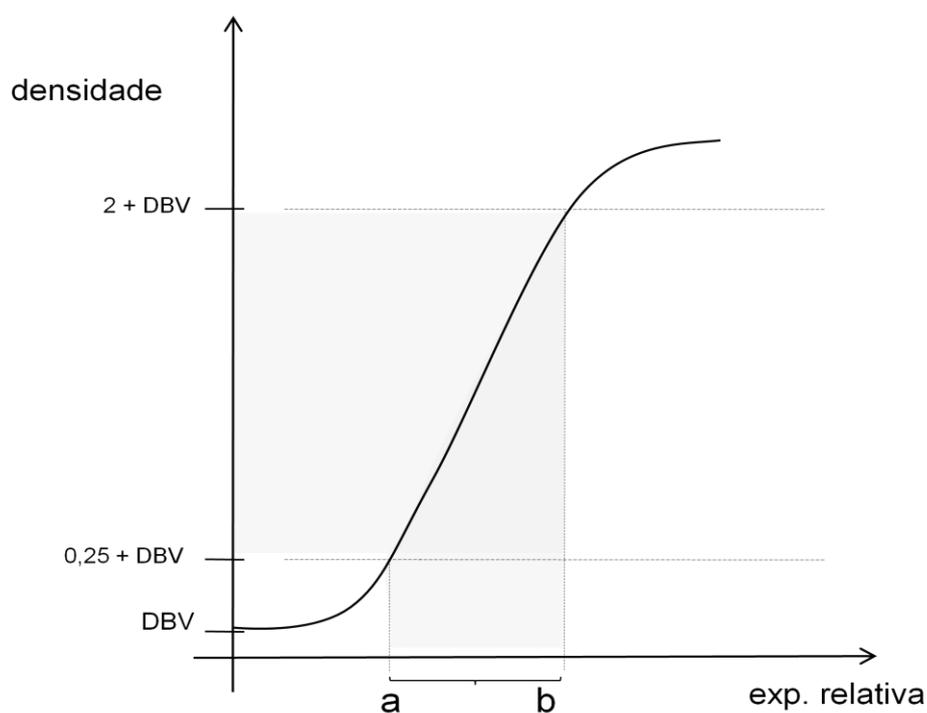


Figura 7 - Representação esquemática da latitude na curva sensitométrica.

Baseando-se na representação da Figura 6, a latitude foi calculado no estudo como o resultado da diferença das exposições relativas entre os pontos “b” e “a”

4.8 ANÁLISE DE DADOS

Neste estudo foi realizada uma análise de regressão linear múltipla considerando como variável resposta a medida para avaliar a qualidade da imagem.

Para explicar a qualidade da imagem foi considerado um conjunto de duas variáveis explicativas para representar a estrutura linear do modelo, que são o tipo de filme (Contrast[®] e Insight[®]) e o tempo (semanas do estudo). Essas mesmas variáveis foram consideradas para os diferentes parâmetros avaliados no estudo (sensibilidade, contraste, latitude, densidade base e velamento e contraste relativo), portanto foi ajustado um modelo para cada uma das propriedades.

A significância estatística de cada modelo foi avaliada pelo teste F e a significância de cada variável explanatória foi avaliada através do teste t de Student. O nível de significância adotado em todos os testes foi 0.05.

5. RESULTADOS

5.1 ESTUDO DAS PROPRIEDADES SENSITOMÉTRICAS

No início do experimento, com as soluções de processamento ainda frescas, observam-se na Tabela 1 que os valores de sensibilidade e contraste foram maiores no filme Contrast[®] que os encontrados no filme Insight[®]. As curvas sensitométricas referentes aos dois filmes estão representadas na Figura 8. Os valores de sensibilidade e contraste maiores no filme Contrast[®] se repetiram nas semanas seguintes do estudo, com o progresso da degradação das soluções, e estão representados nas Tabelas 2, 3, 4 e 5. As curvas sensitométricas dos filmes processados em soluções degradadas estão ilustradas nas Figuras 9, 10, 11 e 12.

Tabela 1 - Valores das propriedades sensitométricas dos filmes Contrast[®] e Insight[®] processados em soluções frescas.

Propriedade	Semana 00	
	Contrast [®]	Insight [®]
Sensibilidade	105,80	65,92
Contraste	1,10	0,95
Latitude	1,59	1,84

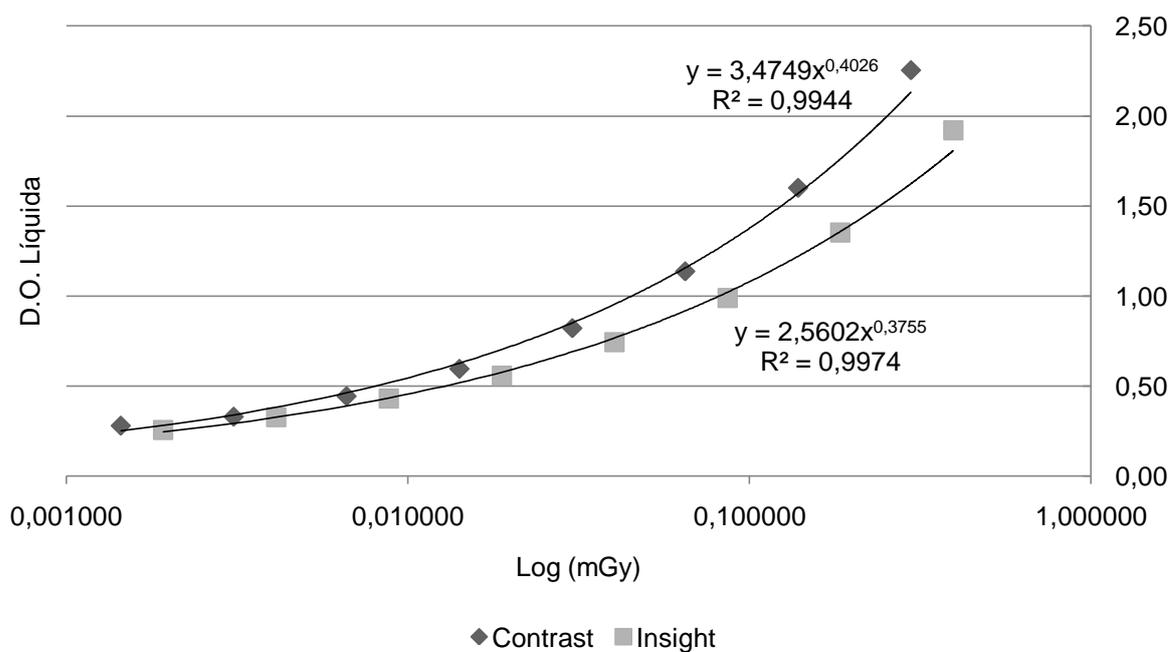


Figura 8 - Curvas sensimétricas dos filmes Contrast® e Insight® obtidas na primeira semana do experimento.

Tabela 2 - Valores das propriedades sensimétricas dos filmes Contrast® e Insight® processados em soluções com 1 (uma) semana de degradação.

Propriedade	Semana 01	
	Contrast®	Insight®
Sensibilidade	89,81	51,93
Contraste	1,11	0,99
Latitude	1,58	1,77

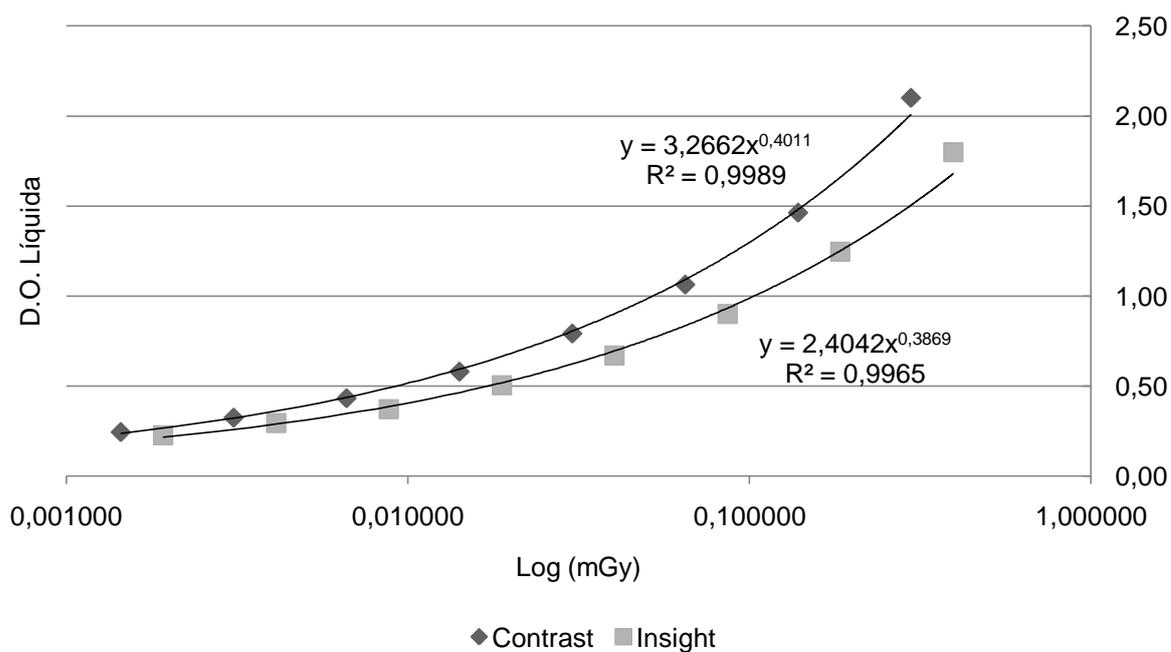


Figura 9 - Curvas sensimétricas dos filmes Contrast[®] e Insight[®] obtidas após o processamento em soluções com 1 (uma) semana de degradação.

Tabela 3 - Valores das propriedades sensimétricas dos filmes Contrast[®] e Insight[®] processados em soluções com 2 (duas) semanas de degradação.

Propriedade	Semana 02	
	Contrast [®]	Insight [®]
Sensibilidade	78,59	44,91
Contraste	1,10	1,00
Latitude	1,60	1,75

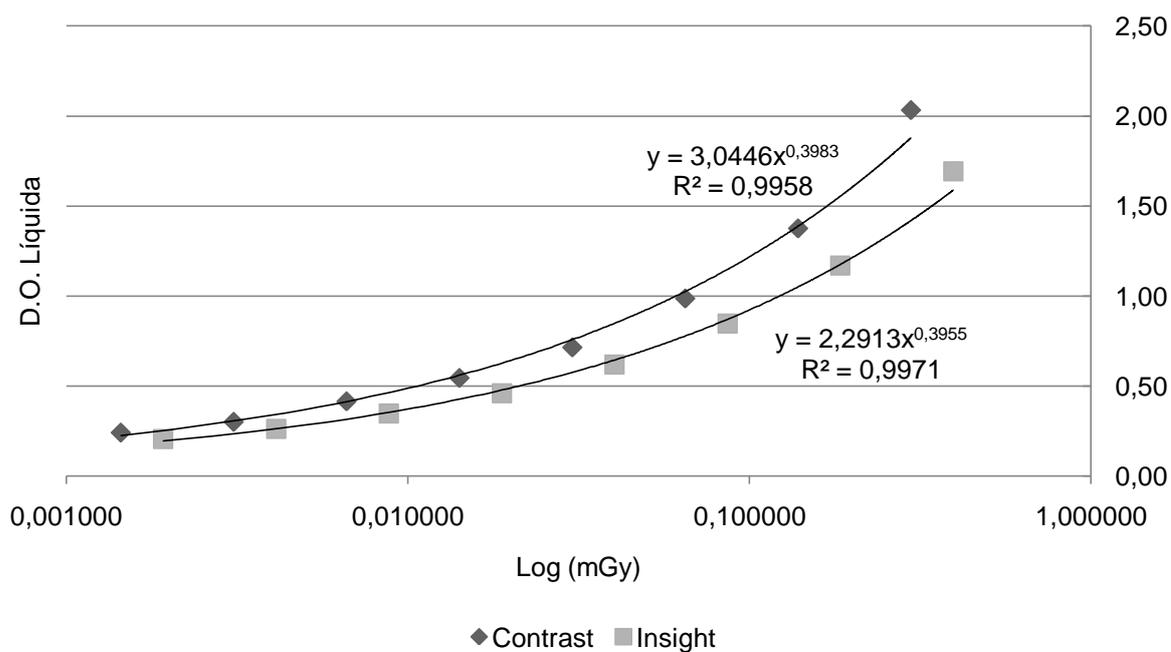


Figura 10 - Curvas sensiométricas dos filmes Contrast[®] e Insight[®] obtidas após o processamento em soluções com 2 (duas) semanas de degradação.

Tabela 4 - Valores das propriedades sensiométricas dos filmes Contrast[®] e Insight[®] processados em soluções com 3 (três) semanas de degradação.

Propriedade	Semana 03	
	Contrast [®]	Insight [®]
Sensibilidade	71,04	48,39
Contraste	1,08	1,00
Latitude	1,62	1,75

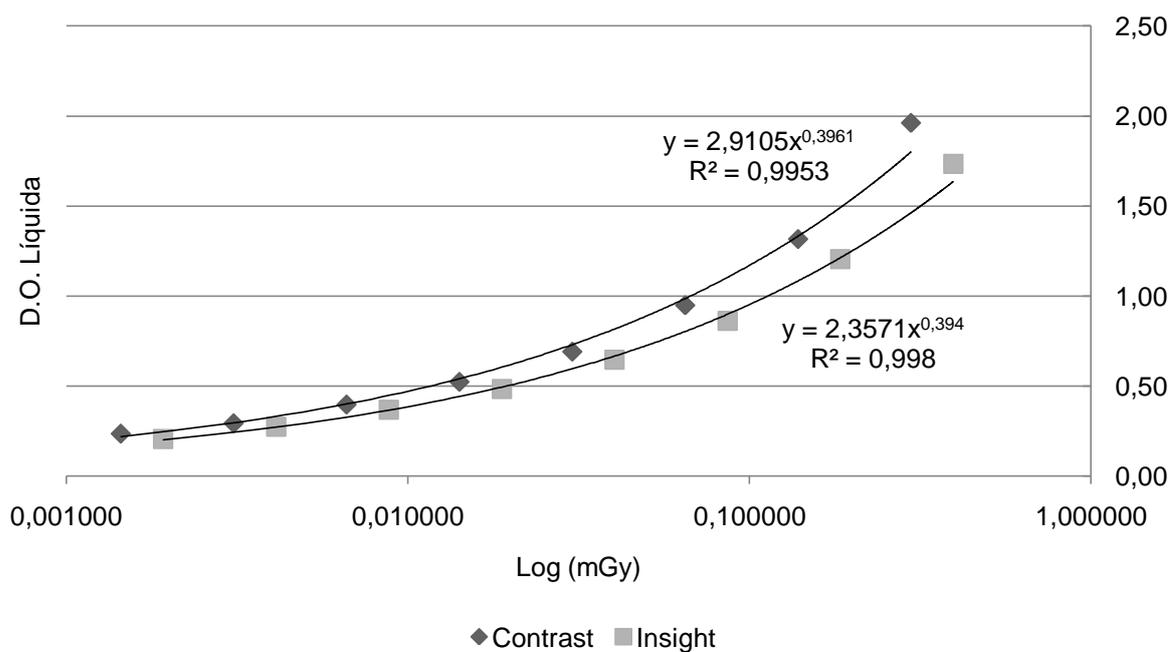


Figura 11 - Curvas sensiométricas dos filmes Contrast® e Insight® obtidas após o processamento em soluções com 3 (três) semanas de degradação.

Tabela 5 - Valores das propriedades sensiométricas dos filmes Contrast® e Insight® processados em soluções com 4 (quatro) semanas de degradação.

Propriedade	Semana 04	
	Contrast®	Insight®
Sensibilidade	83,23	56,58
Contraste	1,08	0,98
Latitude	1,61	1,79

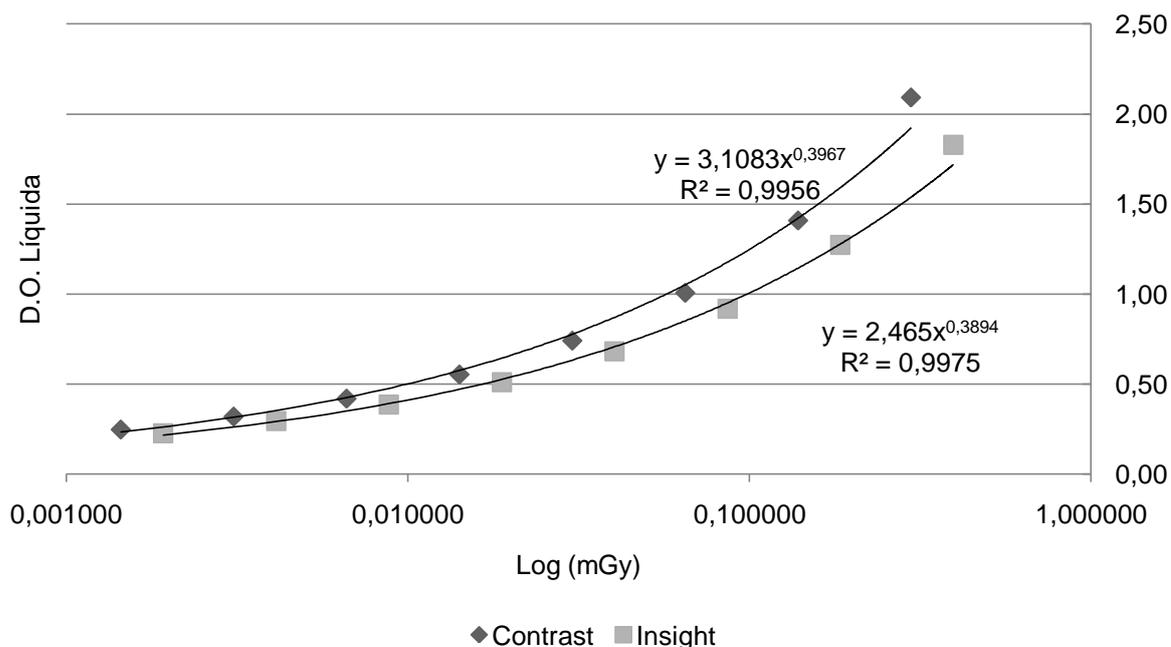


Figura 12 - Curvas sensimétricas dos filmes Contrast® e Insight® obtidas após o processamento em soluções com 4 (quatro) semanas de degradação.

Nas tabelas 6 e 7 abaixo, observa-se um resumo das propriedades sensimétricas obtidas dos filmes Contrast® e Insight® durante o todo o experimento.

Tabela 6 - Médias dos valores das propriedades sensimétricas do filme Contrast® obtidos nos tempos de degradação estudados.

Filme Contrast®	Semana				
	00	01	02	03	04
Sensibilidade	105,80(F)	89,81(F)	78,59(F)	71,04(F)	83,23(F)
Contraste	1,10	1,11	1,10	1,08	1,08
Latitude	1,59	1,58	1,60	1,62	1,61

Tabela 7 - Médias dos valores das propriedades sensiométricas do filme Insight[®] obtidos nos tempos de degradação estudados.

Filme Insight [®]	Semana				
	00	01	02	03	04
Sensibilidade	65,92(F)	51,93(E)	44,91(E)	48,39(E)	56,58(F)
Contraste	0,95	0,99	1,00	1,00	0,98
Latitude	1,84	1,77	1,75	1,75	1,79

Nas Figuras 13 e 14 abaixo, observa-se uma sobreposição das curvas sensiométricas dos filmes Contrast[®] e Insight[®] durante o todo o experimento.

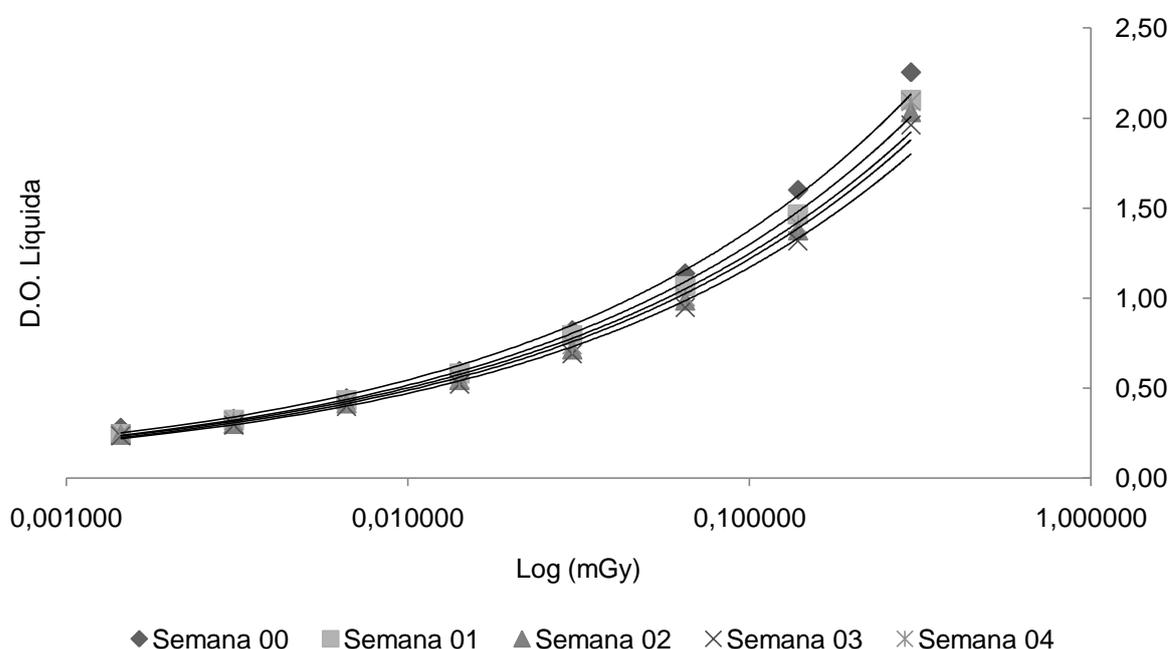


Figura 13 - Curvas sensiométricas do filme Contrast[®] durante todo o experimento.

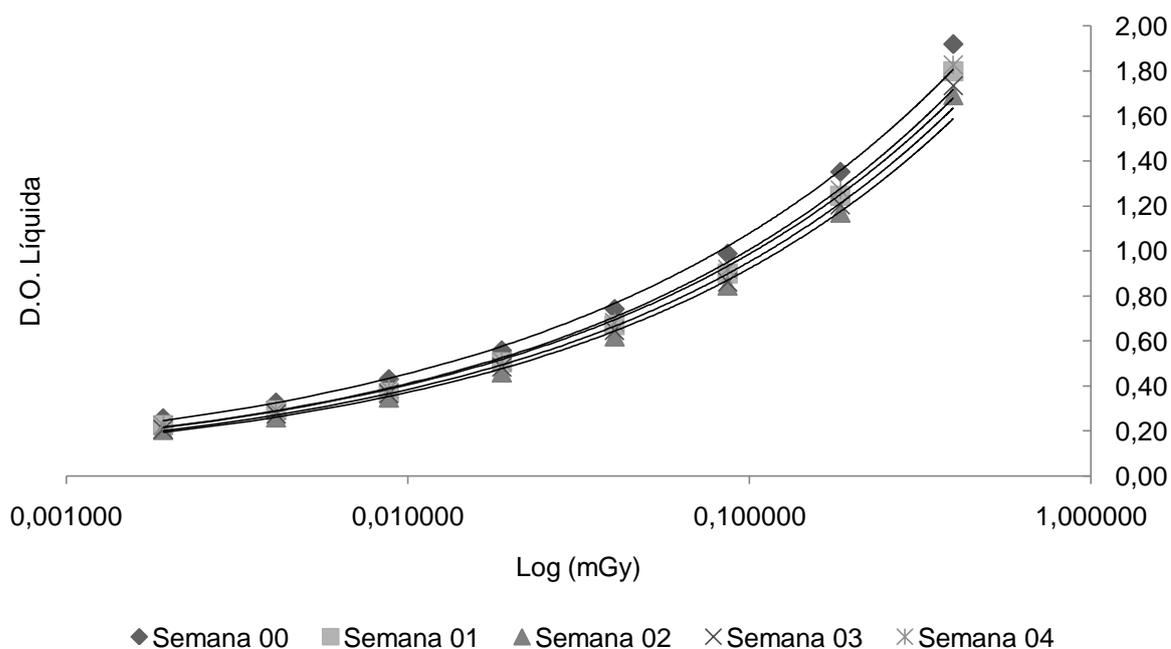


Figura 14 - Curvas sensitométricas do filme Insight[®] durante todo o experimento.

Na Figura 15 observa-se a representação dos valores médios de sensibilidade em relação aos tempos de degradação estudados. Na Tabela 8 têm-se os valores de média e desvio padrão da sensibilidade, durante todo o estudo. Nas Tabelas 9 e 10, observa-se que os valores de sensibilidade do filme Contrast[®] foram estatisticamente maiores que os valores médios do filme Insight[®], em todos os tempos estudados ($p \leq 0,05$). Não houve diferença quanto ao tempo de degradação para cada filme estudado ($p = 0,073655$).

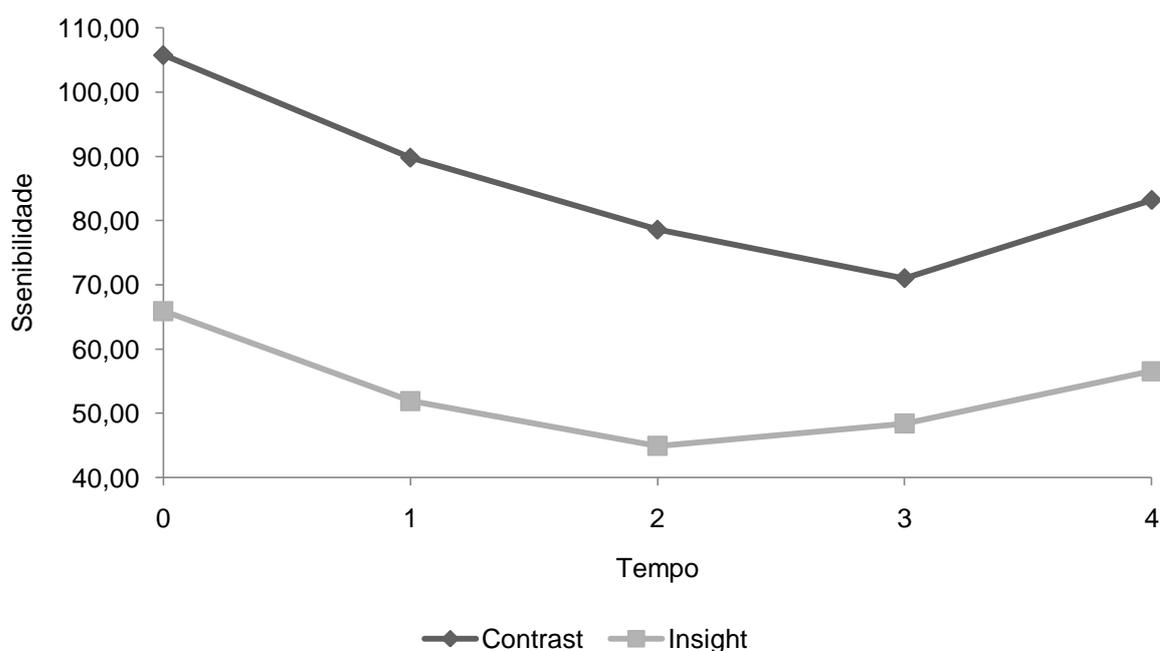


Figura 15 - Sensibilidade média, segundo o tipo de filme ao longo do tempo.

Tabela 8 - Média e desvio padrão (DP) da sensibilidade, segundo o tipo de filme e o tempo.

Filme		TEMPO				
		SEMANA 0	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4
Contrast®	Média	105,80	89,81	78,59	71,04	83,23
	DP	7,740	2,370	9,763	7,041	5,678
Insight®	Média	65,92	51,93	44,91	48,39	56,58
	DP	3,934	4,869	2,807	3,597	2,970

Tabela 9 - Estimativas dos parâmetros do modelo e dos erros padrões dos estimadores dos respectivos parâmetros, estatísticas de teste e p-valor associados.

	Coeficientes	Erro padrão	Estatística t	valor-P
Intercepto	130,76	11,03	11.85184	$6.91 \cdot 10^{-6}$
Tipo de filme	-32,15	5,79	-5.54771	0.000862
Tempo	-4,31	2,05	-2.10198	0.073655

Tabela 10 - Análise de variância (ANOVA) para sensibilidade.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F0	valor-P
Tipo de filme	1	2583,73	2583,73	21,563	0,001658 **
Resíduo	8	958,57	119,82		
Total	9	3542,3			

Na Figura 16 estão representados os valores médios de contraste em relação aos tempos de degradação do estudo. Na Tabela 11, os valores de média e desvio padrão do contraste estão descritos, durante todo o estudo. Nas Tabelas 12 e 13, observa-se que os valores de contraste do filme Contrast[®] foram estatisticamente maiores que os valores médios do filme Insight[®], em todos os tempos estudados ($p \leq 0,05$). Não houve diferença quanto ao tempo de degradação para cada filme estudado ($p=1$).

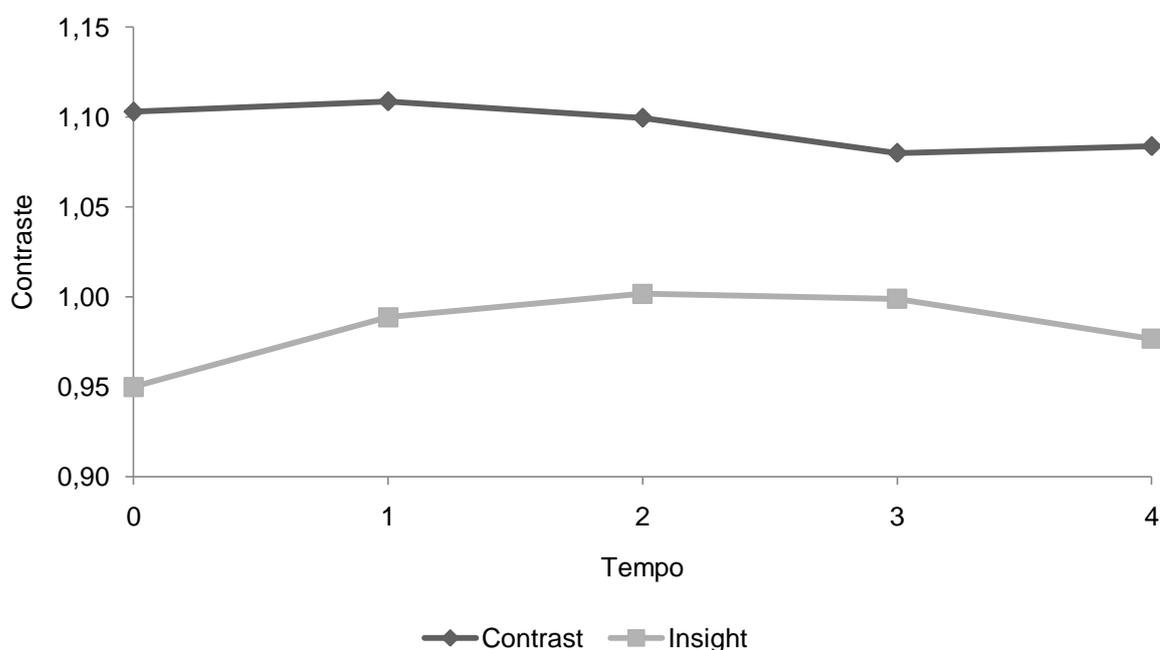


Figura 16 - Contraste médio, segundo o tipo de filme ao longo do tempo.

Tabela 11 - Média e desvio padrão (DP) do contraste, segundo o tipo de filme e o tempo.

Filme		TEMPO				
		SEMANA 0	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4
Contrast®	Média	1.10	1.11	1.10	1.08	1.08
	DP	0.021	0.045	0.092	0.030	0.006
Insight®	Média	0.95	0.99	1.00	1.00	0.98
	DP	0.012	0.023	0.025	0.025	0.013

Tabela 12 - Estimativas dos parâmetros do modelo e dos erros padrões dos estimadores dos respectivos parâmetros, estatísticas de teste e p-valor associados.

	Coefficientes	Erro padrão	Estatística t	valor-P
Intercepto	1.204	0.022482	53.55458	$2.07 \cdot 10^{-10}$
Tipo de filme	-0.11	0.011808	-9.31573	$3.41 \cdot 10^{-5}$
Tempo	$1.18 \cdot 10^{-18}$	0.004175	2.82E-16	1

Tabela 13 - Análise de variância (ANOVA) para contraste.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F0	valor-P
Tipo de filme	1	0.030250	0.030250	99.18	$8.753 \cdot 10^{-6}$ ***
Resíduo	8	0.002440	0.000305		
Total	9	0.032690			

A Figura 17 ilustra os valores médios de latitude, nos tempos de degradação do estudo. Na Tabela 14, os valores de média e desvio padrão da latitude estão descritos, durante o período do estudo. Nas Tabelas 15 e 16, observa-se que os valores de latitude do filme Insight® foram maiores estatisticamente que os valores médios do filme Contrast®, em todos os tempos estudados ($p \leq 0,05$). Não houve diferença quanto ao tempo de degradação para cada filme estudado ($p = 0,777967$).

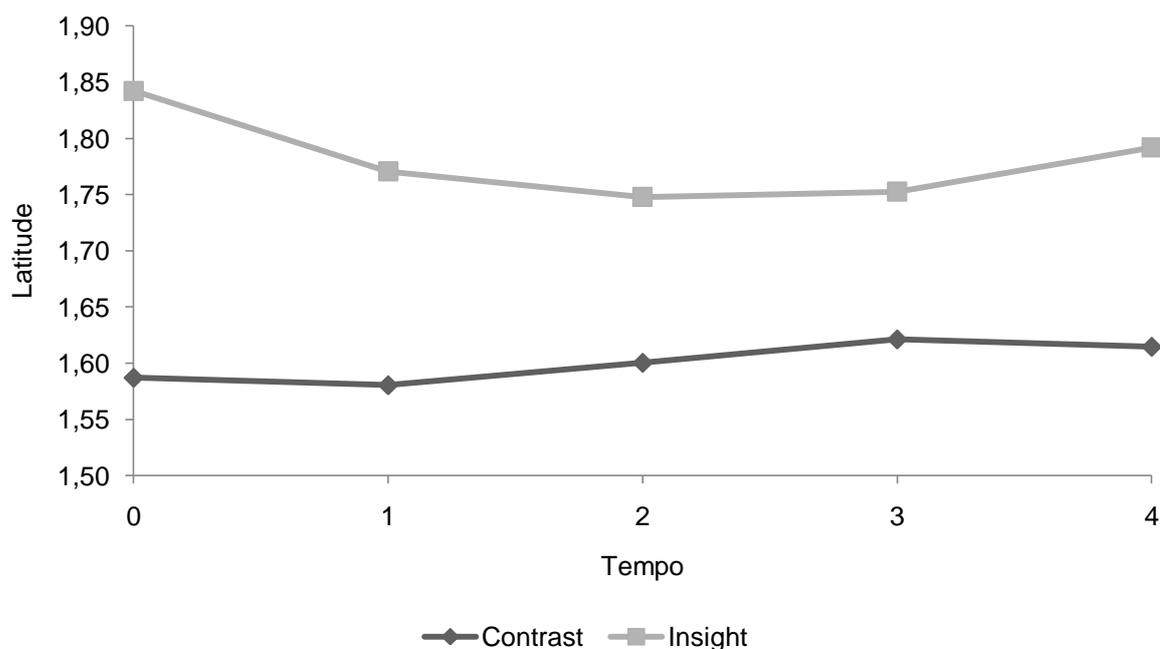


Figura 17 - Latitude média, segundo o tipo de filme ao longo do tempo.

Tabela 14 - Média e desvio padrão (DP) da latitude, segundo o tipo de filme e o tempo.

Filme		TEMPO				
		SEMANA 0	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4
Contrast®	Média	1.59	1.58	1.60	1.62	1.61
	DP	0.029	0.062	0.132	0.045	0.008
Insight®	Média	1.84	1.77	1.75	1.75	1.79
	DP	0.023	0.042	0.045	0.044	0.024

Tabela 15 - Estimativas dos parâmetros do modelo e dos erros padrões dos estimadores dos respectivos parâmetros, estatísticas de teste e p-valor associados.

	Coeficientes	Erro padrão	Estatística t	valor-P
Intercepto	1.426	0.03675	38.80259	$1.97 \cdot 10^{-9}$
Tipo de filme	0.18	0.019302	9.325406	$3.38 \cdot 10^{-5}$
Tempo	-0.002	0.006824	-0.29307	0.777967

Tabela 16 - Análise de variância (ANOVA) para latitude.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F0	valor-P
Tipo de filme	1	0.081000	0.081000	98.182	$9.09 \cdot 10^{-6}$ ***
Resíduo	8	0.006600	0.000825		
Total	9	0.087600			

5.2 ESTUDO DO CONTRASTE RELATIVO E DA DENSIDADE BASE VELAMENTO

A Figura 18 representa os valores médios de contraste relativo, nos tempos de degradação do experimento. A Tabela 17 apresenta os resultados dos valores das médias do contraste relativo dos filmes Contrast[®] e Insight[®] e os valores de desvio padrão. Nas Tabelas 18 e 19 observa-se que não houve diferença significativa dos valores do contraste relativo em relação ao tempo de degradação ($p=0,079878$) e em relação ao tipo de filme ($p=0,07526$).

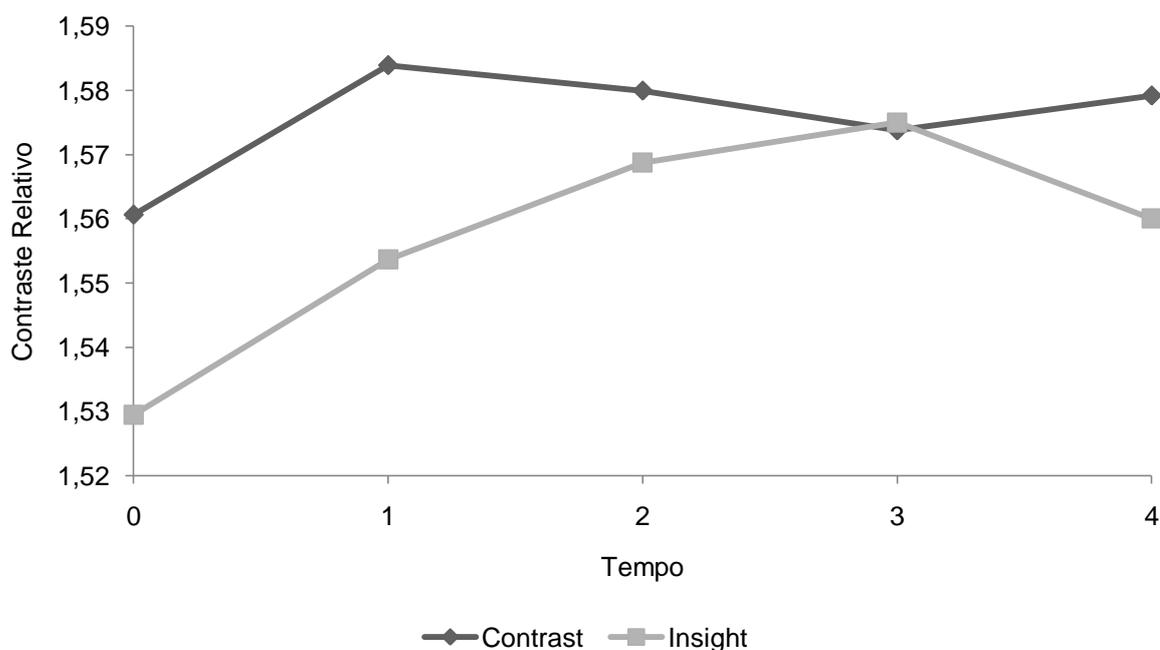


Figura 18 - Contraste relativo médio, segundo o tipo de filme ao longo do tempo.

Tabela 17 - Média e desvio padrão (DP) do contraste relativo, segundo o tipo de filme e o tempo.

Filme		TEMPO				
		SEMANA 0	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4
Contrast®	Média	1,561	1,584	1,580	1,574	1,579
	DP	0,039	0,017	0,071	0,017	0,006
Insight®	Média	1,529	1,554	1,569	1,575	1,560
	DP	0,018	0,018	0,025	0,013	0,013

Tabela 18 - Estimativas dos parâmetros do modelo e dos erros padrões dos estimadores dos respectivos parâmetros, estatísticas de teste e p-valor associados.

	Coeficientes	Erro padrão	Estatística t	valor-P
Intercepto	1.57745	0.014337	110.0242	$1.35 \cdot 10^{-12}$
Tipo de filme	-0.0182	0.0075303	-2.4169	0.046303
Tempo	0.00545	0.002662	2.047048	0.079878

Tabela 19 - Análise de variância (ANOVA) para o contraste relativo.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F0	valor-P
Tipo de filme	1	0.000828	0.000828	4.176	0.07526
Resíduo	8	0.001586	0.000198		
Total	9	0.002414			

A Figura 19 mostra os valores médios da DBV, mensurados nos filmes durante o experimento. A Tabela 20 apresenta os resultados dos valores das médias da DBV dos filmes Contrast® e Insight® e os valores de desvio padrão. Nas Tabelas 21 e 22 observa-se que os valores médios de DBV do filme Contrast® foram significativamente maiores que os valores médios do filme Insight®, em todos os tempos estudados ($p \leq 0,05$). Não houve diferença quanto ao tempo de degradação para cada filme estudado ($p = 0,110634$).

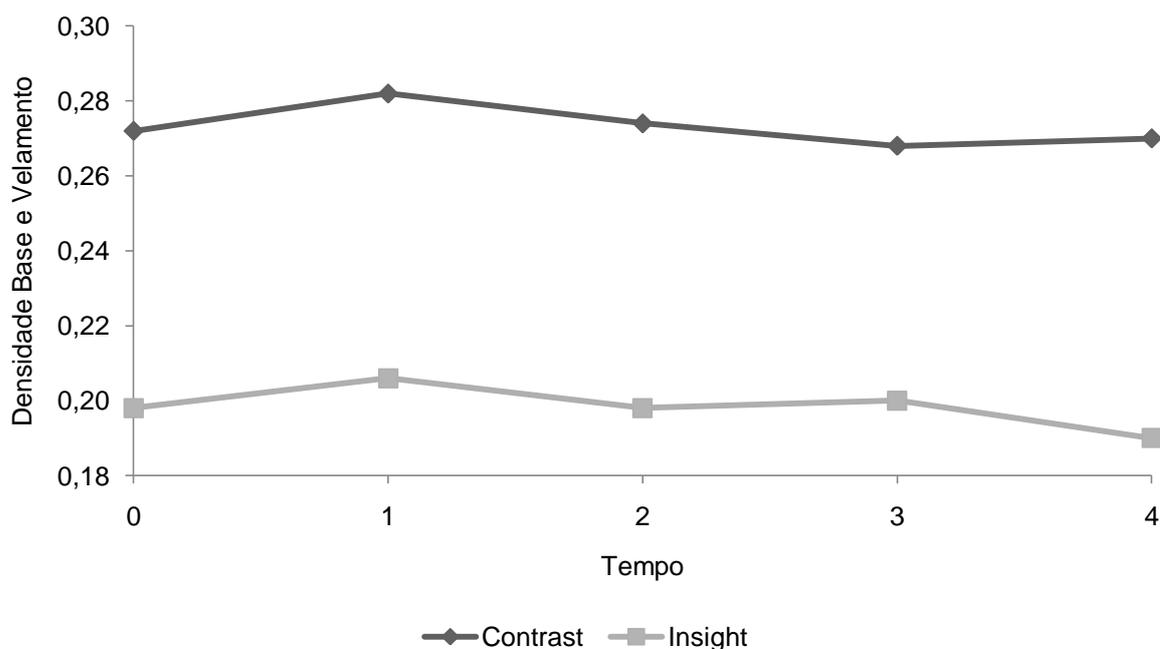


Figura 19 - Densidade base e velamento média, segundo o tipo de filme ao longo do tempo.

Tabela 20 - Média e desvio padrão (DP) da densidade base e velamento, segundo o tipo de filme e o tempo.

Filme		TEMPO				
		SEMANA 0	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4
Contrast®	Média	0,27	0,28	0,27	0,27	0,27
	DP	0,004	0,027	0,019	0,008	0,000
Insight®	Média	0,20	0,21	0,20	0,20	0,19
	DP	0,004	0,005	0,008	0,010	0,000

Tabela 21 - Estimativas dos parâmetros do modelo e dos erros padrões dos estimadores dos respectivos parâmetros, estatísticas de teste e p-valor associados.

	Coeficientes	Erro padrão	Estatística t	valor-P
Intercepto	0.354	0.005899	60.00862	$9.37 \cdot 10^{-11}$
Tipo de filme	-0.0748	0.003098	-24.1416	$5.32 \cdot 10^{-8}$
Tempo	-0.002	0.001095	-1.82574	0.110634

Tabela 22 - Análise de variância (ANOVA) para densidade base e velamento.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F0	valor-P
Tipo de filme	1	0.013988	0.013988	451.21	$2.536 \cdot 10^{-8***}$
Resíduo	8	0.000248	0.000031		
Total	9	0.014236			

6 DISCUSSÃO

Com a preocupação da redução da dose de radiação e manutenção da qualidade da imagem, é importante a avaliação e comparação de filmes cada vez mais sensíveis. No Brasil, a DFL lançou no mercado o filme Contrast FV-58[®] de sensibilidade F. Esse filme parece ser uma versão nacional do filme FV-58 da marca americana Flow X-Ray (*West Hempstead, NY, USA*), uma vez que as primeiras amostras ainda traziam, em sua superfície, a inscrição “FLOW”. Esta informação, contudo, nunca foi confirmada pela DFL. O filme Flow FV-58 teve seu protótipo testado por Farman & Farman (2000), e demonstrou que podia reduzir a dose de radiação sem a perda da qualidade da imagem.

Com exceção do filme Contrast[®], apenas o filme Insight[®] possui sensibilidade F. O Insight[®] apresenta sensibilidade E quando processado pelo método manual, e sensibilidade F quando processado pelo método automático (LUDLOW *et al.*, 2001; SYRIOPOULOS *et al.*, 2001; GEIST *et al.*, 2003; CASANOVA & HAITER-NETO, 2004). Apesar de ter seu lançamento datado no ano de 2000, esse é o filme mais recente da Kodak, sendo considerado um filme de qualidade por muitos pesquisadores (LUDLOW *et al.*, 2001; SYRIOPOULOS *et al.*, 2001). É o filme mais sensível no mercado e o mais indicado para o uso diário, pois permite a redução da dose de radiação no paciente sem a perda da qualidade da imagem (LUDLOW *et al.*, 2001; SYRIOPOULOS *et al.*, 2001; CASANOVA, 2004). Por este motivo, o filme Insight[®] foi utilizado na pesquisa, servindo como parâmetro de comparação com o filme Contrast[®].

Comparar os resultados encontrados nos testes objetivos de qualidade foi a maior dificuldade da revisão da literatura, bem como estabelecer qual método é melhor ou pior. Esta dificuldade foi também relatada por Farman (2000), em que o levou a sugerir padronização da metodologia de modo a seguir os padrões estabelecidos pela *International Organization for Standardization* (ISO), ou por organizações relacionadas, como a *American National Standards Institute* (ANSI). Entretanto, Ludlow *et al.* (2001) relatou ser impossível encontrar um aparelho de raios X odontológico convencional que atenda as especificações dos padrões ISO, no que se refere a valores de camada semi-redutora ou quilovoltagem. O presente

estudo utilizou um aparelho odontológico convencional e, portanto, não foi possível seguir as recomendações da norma internacional ISO 5799-1991 (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 1991).

Para Thunthy & Weinberg (1995b), a degradação das soluções de processamento é o resultado de dois processos distintos: a exaustão e o envelhecimento. Com a finalidade de observar o comportamento dos filmes frente à degradação das soluções de processamento, utilizou-se um modelo de degradação que se aproximava da situação da clínica diária. No presente estudo, foi adotada uma metodologia baseada em Thunthy & Weinberg (1995b) e realizada a exposição à luz de 10 filmes extrabucais 18 x 24 centímetros e em seguida o processamento. A exposição à luz garante a total exposição dos cristais de prata, contribuindo para o desgaste máximo das soluções. Uma vez que não foi realizada reposição de soluções ao longo do período do estudo, pôde-se simular uma degradação semelhante ao de uma clínica que atenda mais de 10 exames extrabucais diários. A degradação foi realizada durante quatro semanas. O tempo do estudo foi escolhido baseando-se no período de tempo recomendado para uso das soluções de processamento pelo fabricante (KODAK DENTAL SYSTEMS, 2007)

Os parâmetros de qualidade estudados foram as propriedades sensitométricas sensibilidade, contraste e latitude, o contraste relativo e a densidade base e velamento. Foi encontrado um comportamento diferente para cada variável e, dentro da mesma variável, puderam-se observar comportamentos distintos ao longo do período de estudo. Entretanto, não houve influência significativa do processo de degradação no comportamento das propriedades sensitométricas, do contraste relativo ou da densidade base e velamento, em ambos filmes estudados. Este resultado, no que tange às propriedades sensitométricas do filme Insight[®], é semelhante ao do estudo de Ludlow et al (2001).

Para obtenção das propriedades sensitométricas dos filmes nas semanas estudadas, foram construídas curvas sensitométricas, sendo também realizada em estudos similares (LUDLOW *et al.*, 1995; HORNER *et al.*, 1995; THUNTHY, 1995; SYRIOPOULOS *et al.*, 1999a; SYRIOPOULOS *et al.*, 1999b; LUDLOW *et al.*, 2001; SYRIOPOULOS *et al.*, 2001; GEIST *et al.*, 2003; CASANOVA *et al.*, 2006;). Como alternativa à construção de curvas sensitométricas, Price (1986) estabeleceu uma

metodologia para cálculo do contraste, denominando-o de contraste relativo. Desta forma, no presente estudo realizou-se também o estudo do contraste relativo.

A sensibilidade é a capacidade que um filme possui em produzir imagens com maior ou menor quantidade de radiação. No presente estudo, observou-se que em todos os tempos as curvas sensitométricas do filme Contrast[®] sempre estiveram posicionadas mais à esquerda em relação às curvas do filme Insight[®]. Isto demonstra uma maior sensibilidade do filme Contrast[®], concordando com as afirmações do fabricante quanto à faixa de sensibilidade F. A sensibilidade média foi maior para o Contrast[®] em todos os tempos do estudo, chegando a ser 75% superior no final da segunda semana em relação ao filme Insight[®].

O filme Insight[®], apesar de não ter apresentado diferença significativa entre os tempos de degradação estudados, demonstrou sensibilidade F na solução fresca e no último tempo de degradação. Este resultado difere do relatado em outros estudos, nos quais o filme apresenta sensibilidade E em soluções processadoras manuais (SYRIOPOULOS *et al.*, 2001, GEIST *et al.*, 2003). A explicação para esta diferença pode ser entendida pelo fato de as soluções se encontrarem mais enérgicas no primeiro dia de experimento. No último dia do experimento, a degradação dos restringentes da solução reveladora não deve ter impedido a ação dos agentes redutores na revelação de cristais de prata não-expostos, provocando o velamento químico que elevou os valores de sensibilidade. Esses resultados são ainda respaldados pelas afirmações de Farman & Farman (2000) e Geist *et al.* (2003), em que a combinação do filme com o processamento pode aumentar ou diminuir a sensibilidade, mesmo ao ponto de movê-los entre categorias de sensibilidade diferentes.

O contraste radiográfico representa a diferença existente entre os diversos graus do preto, branco e cinza do filme radiográfico. Ele consiste na diferença entre as densidades radiográficas das diferentes regiões de uma radiografia. Segundo Horner *et al.* (1995), o aumento do contraste pode aumentar a percepção de detalhes no tecido ósseo e de lesões cariosas. Nos estudos de Thunthy & Weinberg (1995b), Syriopoulos *et al.* (1999b) e Ludlow *et al.* (1995), utilizando outros filmes, o contraste decresceu com o tempo de degradação das soluções processadoras. No presente trabalho, o filme Contrast[®] resultou em valores de contraste significativamente maiores em todas as semanas, em relação ao Insight[®]. O

contraste tendeu a crescer com tempo de forma similar entre os dois tipos de filme apenas ao final da primeira semana de degradação. A partir desse ponto, o filme Insight[®] continuou em crescimento até a terceira semana de degradação, enquanto o filme Contrast[®] iniciou o início de um decaimento. Ao final da quarta semana de degradação, o filme Contrast[®] se manteve constante e o Insight[®] apresentou decréscimo.

Sobre a latitude, Thunthy & Weinberg (1995a) descreveu que é o intervalo entre a exposição mínima e máxima que produz uma escala de densidade aceitável para o diagnóstico, sendo um valor inversamente proporcional ao contraste. Essa característica é fácil de ser compreendida, pois o valor do contraste determina a angulação da curva sensitométrica. O valor da latitude mostra o quanto o filme pode variar de exposição dentro de uma mesma faixa de densidade. À medida que se aumenta a angulação da curva, diminui-se a faixa de exposição do filme, ou seja, o filme atinge densidades maiores com uma menor exposição. Dessa forma, o filme Contrast[®] apresentou valores de latitude significativamente menores que o filme Insight[®].

No filme Insight[®], a latitude tendeu a decrescer até o fim da terceira semana de degradação, e na quarta semana voltou a apresentar um acréscimo. Em relação ao filme Contrast[®], a latitude média decresceu levemente do início do experimento, ainda com soluções frescas, ao final da primeira semana de degradação. A partir desse ponto, apresentou um aumento até a terceira semana de degradação, voltando a decair na última semana do estudo.

Outra medida de contraste, denominada de contraste relativo, foi determinada no presente estudo. Essa medida, mais simples de ser obtida, foi baseada em um estudo de Price (1986). Nesse estudo, o autor determinou o contraste do filme a partir dos valores máximo e mínimo de densidades ópticas, medidas no menor e maior degraus de um penetrômetro. As medidas foram obtidas de apenas 2 degraus do penetrômetro, e não foi levada em consideração a densidade base e velamento do filme. No presente estudo da densidade mensurada nos dois degraus extremos do penetrômetro, foi subtraída a densidade base e velamento. Dessa forma, pôde-se calcular o contraste relativo baseado em medidas de densidade óptica líquida.

De acordo com o os resultados obtidos, o contraste relativo tendeu a crescer ao final da primeira semana de degradação de forma similar nos dois tipos de filme.

O comportamento do contraste relativo ao longo do estudo foi semelhante ao do contraste obtido nas curvas sensitométricas para ambos os filmes. O Insight[®] com tendência de crescimento e o Contrast[®] com tendência de queda. Entretanto, não houve diferença significativa do contraste relativo em relação ao tipo de filme. Estes resultados sugerem maior cautela na utilização da metodologia proposta por Price (1986) como alternativa para avaliação do contraste.

A densidade base e velamento representa a densidade intrínseca de um filme, sendo a somatória da densidade da base com o velamento da própria película sob ação das soluções de processamento (COSTA *et al.*, 2005). Os valores de densidade base e velamento se mantiveram estáveis, mesmo no último tempo do experimento. A norma ISO 5799-1991 (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 1991) determina que os filmes classificados como E ou F devem possuir valores de densidade base e velamento iguais ou inferiores a 0,35. Os dois filmes obtiveram valores menores que esse limite. Os valores do filme Contrast[®] foram significativamente maiores que os do filme Insight[®]. Os maiores valores de densidade base e velamento obtidos pelos filmes Contrast[®] eram esperados, uma vez que esse filme possui uma sensibilidade maior que o filme Insight[®].

Em face do exposto, o filme Contrast[®] é um filme de sensibilidade F e apresenta propriedades compatíveis com as informações do fabricante, sendo uma alternativa na obtenção de imagens radiográficas com menores doses de radiação e padrão de qualidade aceitável.

7 CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos com a metodologia empregada, foi possível concluir que:

- 1- O filme Contrast FV-58[®] apresenta uma sensibilidade maior que o Insight[®] nas soluções frescas e degradadas, confirmando as informações do fabricante, devendo ser indicado para o uso diário por permitir a obtenção de radiografias com uma menor dose de radiação.
- 2- O filme Contrast FV-58[®] possui maior contraste que o Insight[®] em soluções frescas e degradadas, demonstrando estabilidade nos tempos estudados.
- 3- O filme Contrast FV-58[®] possui latitude menor que o Insight[®], em soluções frescas e degradadas, demonstrando estabilidade nos tempos estudados.
- 4- O filme Contrast FV-58[®] possui contraste relativo semelhante ao Insight[®], apresentando estabilidade nos tempos de degradação estudados.
- 5- O filme Contrast FV-58[®] possui densidade base e velamento maior que o Insight[®], apresentando estabilidade em soluções processadoras frescas e nos tempos de degradação estudados.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Jorge André Girão. **Avaliação automática de parâmetros físicos de qualidade de imagem em sistemas de radiologia digital odontológica**. 2001. 230 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2001.

BATTUM, L.J. van; HUIZENGA, H. The curvature of sensitometric curves for Kodak XV-2 film irradiated with photon and electron beams. **Med Phys**. 2006 Jul;33(7):2396-403.

BERNSTEIN, D.I. *et al.* Perceived quality of radiographic images after rapid processing of D- and F-speed direct-exposure intraoral x-ray films. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**. v.96, n.4, p.486-91, out. 2003.

BLENDL, C.; BUHR, E. Comparison of light and x-ray sensitometric responses of double-emulsion films for different processing conditions. **Med Phys**. v.28, n.12, p.2420-6, dez. 2001.

CARVALHO, Ivanildo Ferreira de; TAVANO, Orivaldo. Estudo sensitométrico do reforçador Kodak usado como revelador rápido para filmes radiográficos dentais, em comparação com a solução reveladora convencional (Kodak). **Estomat. Cult.**, v.12, n.1/2, p.67-74, jan./jun. 1982.

CASANOVA, M.L.S. **Análise comparativa das variações de tempos de exposição, tipo de processamento e do efeito da degradação das soluções processadoras na qualidade da imagem radiográfica**. 2002, 153p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas. Piracicaba, SP, 2002.

CASANOVA, M.L.S.; HAITER-NETO, F. Effects of developer depletion on image quality of Kodak Insight[®] and Ektaspeed Plus films. **Dentomaxillofac Radiol**. v.33, p.108-13, 2004.

CASANOVA, Márcia Spinelli *et al.* Sensitometric comparisons of Insight and Ektaspeed Plus films: effects of chemical developer depletion. **Braz. Dent. J.**, Ribeirão Preto, v.17, n.2, 2006.

COSTA, C. *et al.* Estudo das densidades base e velamento obtidas de filmes radiográficos em diferentes condições de processamento. **Cienc Odontol Bras.** v.8, n.1, p.90-6, jan./mar. 2005.

DAMIAN, M.F. *et al.* Avaliação visual como um programa de controle de qualidade em Radiologia Odontológica. **Rev. Odonto Ciênc.** v.23, n.3, p.268-272, 2008.

DEZOTTI, Mariela Siqueira Gião. **Avaliação da densidade ótica e das radiográficas, utilizando filmes radiográficos Agfa Dentus M2 "Confort" processados em três soluções de processamento em diferentes temperaturas.** 2000. 145 f. Dissertação (Mestrado em Diagnóstico Bucal) – Faculdade de Odontologia de Bauru, USP, Bauru, 2000.

FARMAN, T.T.; FARMAN, A.G. Evaluation of a new F speed dental X-ray film. The effect of processing solutions and a comparison with D and E speed films. **Dentomaxillofac. Radiol.**, v.29, n.1, p.41-5, jan. 2000. (a)

FARMAN, A G. Standards for intraoral radiographic imaging. **Dentomaxillofacial Radiology.** v.29, p.257-59, 2000. (b)

FREITAS, Aguinaldo de. **Radiologia Odontológica.** São Paulo: Artes Médicas, 2004.

GEIST, J.R.; BRAND, J.W.; PINK, F.E. The effect of automated nonroller processing on the sensitometric characteristics of 3 intraoral film types. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.** v.96, n.1, p.102-11, jul. 2003.

GÓES, E.G.; PELÁ, C.A.; GHILARDI, N.T. A time-scale sensitometric method for evaluating screen-film systems. **Phys Med Biol.** v.42, n.10, p.1939-46. out. 1997.

HORNER, K; RUSHTON, VE; SHEARER, AC. A laboratory evaluation of Ektaspeed Plus dental X-ray film. **Journal of Dentistry.** v.23, n.6, p.359-63. 1995.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 5799-1991(E). International Standard for Photography - Direct-exposing medical and dental radiographic film/process systems. Determination of ISO speed and ISO average gradient.** 2^a ed. Geneva: ISO, 1991.

JUNIOR, Sielso Bonzoumet Pereira. **Avaliação da exposição na região dos olhos e do pescoço em pacientes submetidos a exame periapical completo.** 2006. 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Nuclear) – Faculdade de Engenharia, UFRJ, Rio de Janeiro, 2006.

KODAK DENTAL SYSTEMS. **Quality assurance in dental film radiography.** Rochester, Nova Iorque, 2007. 18.p. (Dental Radiography Series, N-416 CAT No. 141 3772).

LEMKE, Fernanda; TAVANO, Orivaldo; MEZADRI, Ariel César. Verificação das condições de exposição e processamento de filmes radiográficos em consultórios odontológicos. **RPG Rev. Pós Grad.**, v.13(2), p.175-180. 2006.

LUDLOW, J.B.; PLATIN, E.; HILL, C. Densitometric comparisons of Ultra-speed, Ektaspeed and Ektaspeed Plus intraoral films for two processing conditions. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol**, v.79, n.1, p.105-13, jan. 1995.

LUDLOW, J.B.; PLATIN, E.; MOL, A. Characteristics of Kodak Insight[®], an F-speed intraoral film. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, v.91, n.1, p.120-129, jan. 2001.

PLATIN, E.; NESBIT, S.P.; LUDLOW, J.B. The influence of storage conditions on film characteristics of Ektaspeed plus and Ultra-speed films. **J Am Dent Assoc.** v.130, n.2, p.211-8, fev. 1999.

PONTUAL, Maria Luiza dos Anjos; SILVEIRA, Márcia Maria Fonseca da. Avaliação subjetiva da imagem radiográfica quanto aos tipos de filmes periapicais e tempo de revelação. **Odontologia. Clín.-Científ.**, v.1, p.29-33, jan/abr. 2002.

PRICE, C. The effects of beam quality and optical density on image quality in dental radiography. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol.** v.62, n.5, p.580-8. nov. 1986.

PRICE, C. Sensitometric evaluation of a new E-speed dental radiographic film. **Dentomaxillofac. Radiol.**, v.24, n.1, p.30-6, fev. 1995.

PRICE, C. Sensitometric evaluation of a new F-speed dental radiographic film. **Dentomaxillofac. Radiol.**, v.30, n.1, p.29-34, jan. 2001.

SYRIOPOULOS, K. *et al.* Sensitometric evaluation of four dental xray films using five processing solutions. **Dentomaxillofac. Radiol.** v.28, n.2, p.73-9, mar. 1999. (a)

SYRIOPOULOS, K. *et al.* Effects of developer exhaustion on the sensitometric properties of four dental films. **Dentomaxillofac. Radiol.**, v.28, n.2, p.80-8, mar. 1999. (b)

SYRIOPOULOS, K. *et al.* The effect of developer age on diagnostic accuracy: a study using assessment of endodontic file length. **Dentomaxillofac. Radiol.**, v.28, n.5, p.311-15, set. 1999. (c)

SYRIOPOULOS, K. *et al.* Sensitometric and clinical evaluation of a new Fspeed dental X-ray film. **Dentomaxillofac Radiol**, v.30, n.1, p.40-44, jan. 2001.

TAVANO, O.; ESTEVAM, E. A imagem radiológica. In: ALVARES, L.C.; TAVANO, O. **Curso de radiologia em odontologia**. 4. ed. São Paulo, Editora Santos, 1998. p.17-43.

TAVANO, O. Filmes e Processamento Radiográfico. In: Freitas A, Rosa, JE, Souza IF. **Radiologia Odontológica**. 6 ed. São Paulo: Ed Artes Médicas;. p. 47-57. 2004.

THUNTHY, K.H.; WEINBERG, R. Sensitometric comparison of Kodak Ektaspeed Plus, Ektaspeed, and Ultra-speed dental films. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.**, v.79, n.1, p.114-6, jan. 1995. (a)

THUNTHY, Kavas H, WEINBERG, Roger. Effects of developer exhaustion on Kodak Ektaspeed Plus, Ektaspeed, and Ultra-speed dental films. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.**, v.79, p.117-21, jan. 1995. (b)

WHITE, SC; PHAROAH, MJ. **Oral Radiology Principles and Interpretation**. 5 ed. Saint Louis: Ed Elsevier; 2004.

ZHU, X.R. *et al.* Characteristics of sensitometric curves of radiographic films. **Med Phys**. v.30, n.5, p.912-9. Mai. 2003.

APÊNDICE A – Valores de densidade óptica medidas no experimento

Os valores de densidade óptica obtidos com a utilização do fotodensitômetro, nos filmes expostos com o auxílio do penetrômetro de alumínio, estão mostrados nas tabelas abaixo. As tabelas mostram valores médios e detalhados para cada filme de densidade óptica e densidade óptica líquida. Esses valores foram utilizados para extrair todos os parâmetros usados na pesquisa.

Tabela 23 - Valores médios de densidade óptica e densidade óptica líquida dos degraus do penetrômetro e de base e velamento, no filme Contrast[®].

Degrau	Semana 0		Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4	
	DO	DO Líq								
D1	2,53	2,25	2,38	2,10	2,31	2,03	2,23	1,96	2,36	2,09
D2	1,87	1,60	1,75	1,46	1,65	1,38	1,58	1,32	1,68	1,41
D3	1,41	1,14	1,35	1,06	1,26	0,99	1,22	0,95	1,28	1,01
D4	1,09	0,82	1,07	0,79	0,99	0,71	0,96	0,69	1,01	0,74
D5	0,87	0,59	0,86	0,58	0,82	0,54	0,79	0,52	0,82	0,55
D6	0,71	0,44	0,71	0,43	0,69	0,41	0,66	0,40	0,69	0,42
D7	0,60	0,33	0,61	0,32	0,57	0,30	0,56	0,29	0,59	0,32
D8	0,55	0,28	0,53	0,24	0,51	0,24	0,50	0,23	0,52	0,25
DBV	0,27		0,28		0,27		0,27		0,27	

Tabela 24 - Valores médios de densidade óptica e densidade óptica líquida dos degraus do penetrômetro e de base e velamento, no filme Insight[®].

Degrau	Semana 0		Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4	
	DO	DO Líq								
D1	2,12	1,92	2,00	1,80	1,89	1,69	1,93	1,73	2,02	1,83
D2	1,55	1,35	1,45	1,25	1,37	1,17	1,40	1,20	1,46	1,27
D3	1,19	0,99	1,11	0,90	1,04	0,85	1,06	0,86	1,11	0,92
D4	0,94	0,74	0,88	0,67	0,82	0,62	0,85	0,65	0,87	0,68
D5	0,76	0,56	0,71	0,50	0,66	0,46	0,68	0,48	0,70	0,51
D6	0,63	0,43	0,58	0,37	0,55	0,35	0,57	0,37	0,58	0,39
D7	0,52	0,33	0,50	0,29	0,46	0,26	0,47	0,27	0,48	0,29
D8	0,45	0,26	0,43	0,23	0,40	0,20	0,41	0,21	0,42	0,23
DBV	0,20		0,21		0,20		0,20		0,19	

Tabela 25 - Valores de densidade óptica dos degraus do penetrômetro e de base e velamento, de cada filme Contrast®.

	Semana 0					Semana 1					Semana 2					Semana 3					Semana 4				
	01	02	03	04	05	01	02	03	04	05	01	02	03	04	05	01	02	03	04	05	01	02	03	04	05
D1	2,59	2,50	2,45	2,54	2,55	2,39	2,35	2,37	2,35	2,46	2,25	2,34	2,33	2,29	2,33	2,18	2,23	2,19	2,32	2,23	2,33	2,36	2,36	2,45	2,31
D2	1,88	1,85	1,84	1,94	1,85	1,73	1,74	1,72	1,69	1,85	1,56	1,70	1,66	1,66	1,67	1,55	1,62	1,56	1,64	1,55	1,65	1,66	1,68	1,75	1,65
D3	1,41	1,41	1,38	1,45	1,39	1,32	1,33	1,33	1,32	1,43	1,20	1,30	1,27	1,26	1,27	1,16	1,24	1,19	1,26	1,23	1,26	1,26	1,28	1,32	1,26
D4	1,11	1,08	1,07	1,12	1,08	1,09	1,05	1,06	1,04	1,13	0,94	1,03	1,00	0,96	1,01	0,93	0,95	0,95	0,99	0,97	0,99	1,01	1,01	1,04	1,00
D5	0,89	0,85	0,84	0,88	0,87	0,85	0,84	0,85	0,84	0,93	0,76	0,87	0,83	0,81	0,82	0,77	0,80	0,77	0,82	0,79	0,81	0,82	0,82	0,85	0,81
D6	0,74	0,70	0,70	0,72	0,71	0,71	0,70	0,70	0,70	0,76	0,66	0,72	0,69	0,66	0,71	0,66	0,67	0,66	0,66	0,67	0,68	0,69	0,68	0,71	0,68
D7	0,62	0,59	0,59	0,60	0,60	0,60	0,56	0,60	0,60	0,67	0,56	0,60	0,59	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,58	0,59	0,58	0,61	0,58
D8	0,54	0,56	0,57	0,57	0,51	0,52	0,52	0,51	0,52	0,56	0,46	0,55	0,50	0,54	0,52	0,50	0,50	0,50	0,50	0,51	0,51	0,51	0,52	0,53	0,51
DBV	0,27	0,27	0,28	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,33	0,29	0,26	0,26	0,26	0,30	0,27	0,28	0,27	0,26	0,26	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27

Tabela 26 - Valores de densidade óptica dos degraus do penetrômetro e de base e velamento, de cada filme Insight®.

	Semana 0					Semana 1					Semana 2					Semana 3					Semana 4				
	01	02	03	04	05	01	02	03	04	05	01	02	03	04	05	01	02	03	04	05	01	02	03	04	05
D1	2,14	2,08	2,11	2,15	2,11	2,06	1,97	1,96	1,99	2,04	1,86	1,89	1,92	1,92	1,86	1,85	1,99	1,93	1,99	1,91	1,95	2,03	2,05	2,04	2,02
D2	1,57	1,51	1,54	1,58	1,55	1,50	1,44	1,42	1,44	1,46	1,35	1,36	1,38	1,39	1,36	1,37	1,44	1,39	1,44	1,38	1,41	1,48	1,48	1,48	1,46
D3	1,20	1,15	1,19	1,20	1,19	1,15	1,10	1,06	1,09	1,13	1,01	1,03	1,08	1,07	1,03	1,05	1,08	1,05	1,08	1,05	1,07	1,12	1,12	1,12	1,11
D4	0,94	0,91	0,93	0,96	0,96	0,90	0,87	0,86	0,86	0,89	0,80	0,82	0,82	0,83	0,82	0,83	0,87	0,84	0,86	0,83	0,85	0,88	0,88	0,88	0,87
D5	0,76	0,74	0,75	0,77	0,76	0,73	0,70	0,70	0,70	0,72	0,64	0,66	0,67	0,66	0,66	0,67	0,70	0,68	0,69	0,67	0,68	0,71	0,70	0,71	0,70
D6	0,63	0,62	0,62	0,63	0,64	0,60	0,56	0,57	0,56	0,59	0,52	0,55	0,56	0,56	0,54	0,56	0,58	0,56	0,57	0,56	0,56	0,58	0,58	0,59	0,57
D7	0,52	0,51	0,53	0,53	0,53	0,51	0,50	0,49	0,49	0,50	0,45	0,46	0,46	0,46	0,46	0,47	0,48	0,47	0,48	0,47	0,47	0,49	0,48	0,49	0,48
D8	0,44	0,44	0,47	0,46	0,46	0,45	0,43	0,43	0,42	0,43	0,39	0,39	0,40	0,42	0,41	0,41	0,41	0,40	0,41	0,40	0,40	0,42	0,42	0,43	0,41
DBV	0,19	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,21	0,21	0,21	0,20	0,19	0,20	0,20	0,19	0,21	0,21	0,21	0,19	0,20	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19

Tabela 27 - Valores de densidade óptica líquida dos degraus do penetrômetro e de base e velamento, de cada filme Contrast®.

	Semana 0					Semana 1					Semana 2					Semana 3					Semana 4				
	01	02	03	04	05	01	02	03	04	05	01	02	03	04	05	01	02	03	04	05	01	02	03	04	05
D1	2,32	2,23	2,17	2,27	2,28	2,12	2,08	2,10	2,08	2,13	1,96	2,08	2,07	2,03	2,03	1,91	1,95	1,92	2,06	1,97	2,06	2,09	2,09	2,18	2,04
D2	1,61	1,58	1,56	1,67	1,58	1,46	1,47	1,45	1,42	1,52	1,27	1,44	1,40	1,40	1,37	1,28	1,34	1,29	1,38	1,29	1,38	1,39	1,41	1,48	1,38
D3	1,14	1,14	1,10	1,18	1,12	1,05	1,06	1,06	1,05	1,10	0,91	1,04	1,01	1,00	0,97	0,89	0,96	0,92	1,00	0,97	0,99	0,99	1,01	1,05	0,99
D4	0,84	0,81	0,79	0,85	0,81	0,82	0,78	0,79	0,77	0,80	0,65	0,77	0,74	0,70	0,71	0,66	0,67	0,68	0,73	0,71	0,72	0,74	0,74	0,77	0,73
D5	0,62	0,58	0,56	0,61	0,60	0,58	0,57	0,58	0,57	0,60	0,47	0,61	0,57	0,55	0,52	0,50	0,52	0,50	0,56	0,53	0,54	0,55	0,55	0,58	0,54
D6	0,47	0,43	0,42	0,45	0,44	0,44	0,43	0,43	0,43	0,43	0,37	0,46	0,43	0,40	0,41	0,39	0,39	0,39	0,40	0,41	0,41	0,42	0,41	0,44	0,41
D7	0,35	0,32	0,31	0,33	0,33	0,33	0,29	0,33	0,33	0,34	0,27	0,34	0,33	0,30	0,26	0,29	0,28	0,29	0,30	0,30	0,31	0,32	0,31	0,34	0,31
D8	0,27	0,29	0,29	0,30	0,24	0,25	0,25	0,24	0,25	0,23	0,17	0,29	0,24	0,28	0,22	0,23	0,22	0,23	0,24	0,25	0,24	0,24	0,25	0,26	0,24
DBV	0,27	0,27	0,28	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,33	0,29	0,26	0,26	0,26	0,30	0,27	0,28	0,27	0,26	0,26	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27

Tabela 28 - Valores de densidade óptica líquida dos degraus do penetrômetro e de base e velamento, de cada filme Insight®.

	Semana 0					Semana 1					Semana 2					Semana 3					Semana 4				
	01	02	03	04	05	01	02	03	04	05	01	02	03	04	05	01	02	03	04	05	01	02	03	04	05
D1	2,06	2,09	2,09	2,18	2,04	1,86	1,76	1,75	1,78	1,84	1,67	1,69	1,72	1,73	1,65	1,64	1,78	1,74	1,79	1,72	1,76	1,84	1,86	1,85	1,83
D2	1,38	1,39	1,41	1,48	1,38	1,30	1,23	1,21	1,23	1,26	1,16	1,16	1,18	1,20	1,15	1,16	1,23	1,20	1,24	1,19	1,22	1,29	1,29	1,29	1,27
D3	0,99	0,99	1,01	1,05	0,99	0,95	0,89	0,85	0,88	0,93	0,82	0,83	0,88	0,88	0,82	0,84	0,87	0,86	0,88	0,86	0,88	0,93	0,93	0,93	0,92
D4	0,72	0,74	0,74	0,77	0,73	0,70	0,66	0,65	0,65	0,69	0,61	0,62	0,62	0,64	0,61	0,62	0,66	0,65	0,66	0,64	0,66	0,69	0,69	0,69	0,68
D5	0,54	0,55	0,55	0,58	0,54	0,53	0,49	0,49	0,49	0,52	0,45	0,46	0,47	0,47	0,45	0,46	0,49	0,49	0,49	0,48	0,49	0,52	0,51	0,52	0,51
D6	0,41	0,42	0,41	0,44	0,41	0,40	0,35	0,36	0,35	0,39	0,33	0,35	0,36	0,37	0,33	0,35	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,39	0,39	0,40	0,38
D7	0,31	0,32	0,31	0,34	0,31	0,31	0,29	0,28	0,28	0,30	0,26	0,26	0,26	0,27	0,25	0,26	0,27	0,28	0,28	0,28	0,28	0,30	0,29	0,30	0,29
D8	0,24	0,24	0,25	0,26	0,24	0,25	0,22	0,22	0,21	0,23	0,20	0,19	0,20	0,23	0,20	0,20	0,20	0,21	0,21	0,21	0,21	0,23	0,23	0,24	0,22
DBV	0,19	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,21	0,21	0,21	0,20	0,19	0,20	0,20	0,19	0,21	0,21	0,21	0,19	0,20	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19

APÊNDICE B – Valores de dose mensurados no experimento

Os valores calculados de dose de radiação que atingiu cada degrau do penetrômetro de alumínio, nos tempos de exposição utilizados na pesquisa, estão listados na tabela abaixo. As doses estão em mGy.

Tabela 29 - Valores de dose de radiação de cada degrau do penetrômetro.

Degrau	mmAl	Dose (mGy)	
		0,32s	0,40s
D0	--	0,635801	0,845668
D1	2	0,297134	0,395213
D2	4	0,138862	0,184698
D3	6	0,064895	0,086316
D4	8	0,030328	0,040339
D5	10	0,014173	0,018852
D6	12	0,006624	0,008810
D7	14	0,003096	0,004117
D8	16	0,001447	0,001924

APÊNDICE C – Valores individuais das propriedades sensiométricas

Os valores calculados de sensibilidade, contraste e latitude para cada filme utilizado na pesquisa estão apresentados nas tabelas abaixo.

Tabela 30 - Valores de sensibilidade para cada filme Contrast®.

Filme	Semana				
	0	1	2	3	4
Filme 1	112,48	93,01	65,54	63,80	79,18
Filme 2	102,77	89,81	90,38	70,28	82,20
Filme 3	94,27	91,18	85,18	66,41	82,74
Filme 4	113,05	87,41	78,59	82,05	92,93
Filme 5	106,42	87,66	73,25	72,66	79,10
Média	105,80	89,81	78,59	71,04	83,23

Tabela 31 - Valores de sensibilidade para cada filme Insight®.

Filme	Semana				
	0	1	2	3	4
Filme 1	70,53	58,21	43,44	42,36	51,41
Filme 2	60,66	48,98	44,69	50,35	58,07
Filme 3	63,65	46,98	47,14	49,43	58,37
Filme 4	68,70	49,50	48,11	51,62	58,33
Filme 5	66,07	55,96	41,16	48,18	56,70
Média	65,92	51,93	44,91	48,39	56,58

Tabela 32 - Valores de contraste para cada filme Contrast®.

Filme	Semana				
	0	1	2	3	4
Filme 1	1,10	1,08	1,22	1,07	1,09
Filme 2	1,09	1,11	1,00	1,12	1,08
Filme 3	1,10	1,09	1,06	1,08	1,09
Filme 4	1,09	1,07	1,04	1,09	1,07
Filme 5	1,14	1,19	1,18	1,04	1,09
Média	1,10	1,11	1,10	1,08	1,08

Tabela 33 – Valores de contraste para cada filme Insight®.

Filme	Semana				
	0	1	2	3	4
Filme 1	0,95	0,96	0,99	1,01	0,99
Filme 2	0,96	1,00	1,02	1,03	0,97
Filme 3	0,93	0,99	1,02	0,98	0,98
Filme 4	0,95	1,02	0,96	1,01	0,96
Filme 5	0,94	0,98	1,02	0,97	0,99
Média	0,95	0,99	1,00	1,00	0,98

Tabela 34 - Valores de latitude para cada filme Contrast®.

Filme	Semana				
	0	1	2	3	4
Filme 1	1,60	1,62	1,44	1,64	1,61
Filme 2	1,60	1,58	1,75	1,56	1,62
Filme 3	1,60	1,60	1,65	1,62	1,61
Filme 4	1,60	1,63	1,68	1,61	1,63
Filme 5	1,53	1,48	1,49	1,68	1,61
Média	1,59	1,58	1,60	1,62	1,61

Tabela 35 - Valores de latitude para cada filme Insight®.

Filme	Semana				
	0	1	2	3	4
Filme 1	1,83	1,83	1,76	1,73	1,77
Filme 2	1,81	1,75	1,72	1,70	1,80
Filme 3	1,87	1,77	1,72	1,79	1,78
Filme 4	1,83	1,72	1,82	1,74	1,83
Filme 5	1,86	1,79	1,71	1,80	1,77
Média	1,84	1,77	1,75	1,75	1,79

APÊNDICE D – Valores individuais do contraste relativo e DBV

Os valores calculados de contraste relativo e densidade base velamento para cada filme utilizado na pesquisa estão apresentados nas tabelas abaixo.

Tabela 36 - Valores de contraste relativo para cada filme Contrast[®].

Filme	Semana				
	0	1	2	3	4
Filme 1	1,58	1,58	1,68	1,57	1,58
Filme 2	1,54	1,57	1,51	1,59	1,59
Filme 3	1,53	1,59	1,58	1,57	1,57
Filme 4	1,53	1,57	1,52	1,58	1,57
Filme 5	1,62	1,61	1,61	1,55	1,58
Média	1,56	1,58	1,58	1,57	1,58

Tabela 37 - Valores de contraste relativo para cada filme Insight[®].

Filme	Semana				
	0	1	2	3	4
Filme 1	1,55	1,53	1,57	1,57	1,57
Filme 2	1,55	1,56	1,60	1,60	1,56
Filme 3	1,50	1,55	1,58	1,57	1,56
Filme 4	1,53	1,58	1,53	1,58	1,54
Filme 5	1,52	1,56	1,57	1,56	1,57
Média	1,53	1,55	1,57	1,58	1,56

Tabela 38 - Valores de densidade base e velamento para cada filme Contrast[®].

Filme	Semana				
	0	1	2	3	4
Filme 1	0,27	0,27	0,29	0,27	0,27
Filme 2	0,27	0,27	0,26	0,28	0,27
Filme 3	0,28	0,27	0,26	0,27	0,27
Filme 4	0,27	0,27	0,26	0,26	0,27
Filme 5	0,27	0,33	0,30	0,26	0,27
Média	0,27	0,28	0,27	0,27	0,27

Tabela 39 - Valores de densidade base e velamento para cada filme Insight®.

Filme	Semana				
	0	1	2	3	4
Filme 1	0,19	0,20	0,19	0,21	0,19
Filme 2	0,20	0,21	0,20	0,21	0,19
Filme 3	0,20	0,21	0,20	0,19	0,19
Filme 4	0,20	0,21	0,19	0,20	0,19
Filme 5	0,20	0,20	0,21	0,19	0,19
Média	0,20	0,21	0,20	0,20	0,19

APÊNDICE E – Valores de a e b calculados para uso nas equações.

Os valores das constantes “a” e “b”, que compõem a equação 2 estão apresentados nas tabelas abaixo. Os valores de cada filme estão mostrados individualmente.

Tabela 40 - Valores de a e b das equações correspondentes às curvas sensitométricas do filme Contrast[®].

Filme	Semana									
	1		2		3		4		5	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
1	3,546	0,401	3,247	0,396	3,113	0,436	2,769	0,391	3,060	0,398
2	3,403	0,399	3,278	0,406	2,997	0,370	2,997	0,407	3,092	0,396
3	3,298	0,397	3,252	0,400	3,090	0,393	2,830	0,394	3,114	0,398
4	3,535	0,399	3,139	0,392	2,935	0,384	3,107	0,402	3,223	0,393
5	3,610	0,417	3,423	0,409	3,169	0,418	2,854	0,385	3,052	0,397

Tabela 41 - Valores de a e b das equações correspondentes às curvas sensitométricas do filme Insight[®].

Filme	Semana									
	1		2		3		4		5	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
1	2,637	0,380	2,458	0,377	2,247	0,395	2,255	0,393	2,393	0,393
2	2,511	0,380	2,371	0,389	2,314	0,401	2,452	0,402	2,482	0,387
3	2,497	0,368	2,321	0,386	2,360	0,400	2,340	0,389	2,506	0,391
4	2,611	0,376	2,414	0,397	2,292	0,383	2,430	0,396	2,458	0,381
5	2,547	0,371	2,458	0,385	2,247	0,398	2,309	0,387	2,487	0,393