

**UNIVERSIDADE DA REGIÃO DE JOINVILLE – UNIVILLE
PROGRAMA DE MESTRADO EM SAÚDE E MEIO AMBIENTE**

SANDRO RAFAEL SOARES STACHESKI

**RADIOGRAFIA DIGITAL EM DEPARTAMENTOS RADIOLÓGICOS DE
JOINVILLE, SC: DIAGNÓSTICO E IMPORTÂNCIA AMBIENTAL**

JOINVILLE

2011

SANDRO RAFAEL SOARES STACHESKI

**RADIOGRAFIA DIGITAL EM DEPARTAMENTOS RADIOLÓGICOS DE
JOINVILLE, SC: DIAGNÓSTICO E IMPORTÂNCIA AMBIENTAL**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Mestrado em Saúde e Meio Ambiente, da Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Saúde e Meio Ambiente. Orientadora: Prof^{ta}. Dra. Denise Abatti Kasper Silva.

JOINVILLE

2011

*Quando uma criatura humana desperta para um grande sonho e sobre ele
lança toda a força de sua alma, todo o universo conspira a seu favor.*

Johann Goethe

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus sobrinhos Maria Isabel e Henrique.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por me permitir dar início e continuidade a este importante desafio.

A minha família, especialmente minha mãe Josy e minha irmã Mônica, pelo apoio incondicional, afeto e compreensão durante toda minha vida e, em especial, no período em que me dediquei a este trabalho.

A Professora Dra. Denise Abatti Kasper Silva, pela orientação, disposição, confiança e amizade demonstrados durante a execução da pesquisa. Sua paciência, tranquilidade e o espírito criativo me impulsionaram e amenizaram a arduidade desta trajetória.

A Professora Dra. Nelma Baldin que, por meio do seu amplo conhecimento das áreas humanas, contribuiu para o meu trabalho com sugestões de extremo valor como membro na banca de qualificação da dissertação.

A Thamires Brito, acadêmica do curso de Engenharia Ambiental da UNIVILE, cuja colaboração foi essencial durante o processo de caracterização físico-química dos efluentes radiográficos. Agradeço pela prestatividade, contribuição, amizade e por ter me ajudado na compreensão de conceitos e testes em uma área de difícil domínio.

A Raquel da Rocha Pereira, colega de turma de Mestrado e amiga, pela espontaneidade, franqueza, sabedoria e pela ajuda durante o envio e análise dos questionários aos departamentos radiológicos.

A Maria das Graças Martins Macias, colega de turma de Mestrado, grande amiga e companheira, pelas horas, dias e noites nas salas de aula e em frente aos nossos computadores pesquisando, lendo, escrevendo, revisando, estudando e, principalmente, nos apoiando mutuamente.

Aos demais colegas de Mestrado, pela convivência harmoniosa e pelos debates saudáveis em sala de aula.

A Débora, secretária do programa de Mestrado, pela presteza, disponibilidade e atenção.

A todos os professores e funcionários do Mestrado em Saúde e Meio Ambiente da UNIVILLE pelos ensinamentos, incentivo e ajuda cedidos durante a execução da minha pesquisa.

A todas as pessoas que contribuíram e participaram de maneira direta ou indireta para a realização deste trabalho, o meu agradecimento.

RESUMO

A Radiologia é uma ciência médica cujo papel no estabelecimento de diagnósticos é fundamental e passou por diversas modificações desde seu surgimento no século XIX. Dentre as mudanças mais recentes está a Radiologia digital que vem substituindo a Radiologia tradicional com filmes radiográficos e processamento químico em departamentos de imagem no Brasil e no mundo. O objetivo deste estudo foi realizar um levantamento sobre a implantação e aceitação da Radiologia digital em hospitais e clínicas radiológicas da cidade de Joinville, SC. Para isso, utilizou-se aspectos das pesquisas qualitativa e quantitativa. A primeira foi aplicada na análise dos depoimentos dos responsáveis pelo preenchimento dos questionários, enviados e recebidos em formato eletrônico. A segunda, para monitorar aspectos físico-químicos como pH, DQO, cor e turbidez dos efluentes gerados no sistema tradicional de revelação como forma de caracterizá-los para disposição final de acordo com as resoluções ambientais relacionando, desse modo, a Radiologia e o meio ambiente. De forma complementar, um ensaio de ecotoxicidade desse efluente utilizando *Daphnia similis* também foi conduzido. A análise dos resultados mostrou que o sistema “filmless” está presente desde 2006 em clínicas particulares e ganhou força no ambiente hospitalar em 2009 na cidade de Joinville, o que significa que 67% dos departamentos entrevistados implantaram Radiologia digital nos últimos quatro anos, ocasionando uma diminuição considerável no volume de efluentes radiográficos gerados por hospitais e clínicas radiológicas. O armazenamento digital, a melhor qualidade da imagem e a dispensa de produtos químicos para processar as radiografias foram ressaltados como os grandes benefícios. Quanto às soluções reveladoras em descarte analisadas, seus valores de pH, DQO, cor e turbidez mostraram-nas fora das especificações propostas pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente. O ensaio ecotoxicológico indicou que nenhuma amostra analisada poderia ser descartada sem, antes, ser diluída no mínimo 10 vezes.

Palavras-chave: Radiologia digital; processamento radiográfico; soluções reveladoras.

ABSTRACT

Radiology is a medical science whose role is crucial in establishing diagnosis and it has been through several changes since its emergence in the nineteenth century. One of the most recent changes is Digital Radiology, which is replacing film-based Radiology and chemical processing in imaging departments in Brazil and abroad. The aim of the following study was to survey the implementation and acceptance of Digital Radiology in hospitals and clinics in the city of Joinville, SC. Aspects of qualitative research and quantitative research were used for this. Qualitative research was applied in the analysis of the answers of questionnaires that were mailed to Radiology professionals. Quantitative research was used to monitor physical-chemical aspects such as pH, COD, turbidity and color of the effluents generated from traditional system as a way to characterize them for final disposal according to environmental laws, linking thus Radiology and the environment. Complementarily, an ecotoxicity test of the effluents using *Daphnia similis* was made. The analysis of the results showed that filmless Radiology has presence in private clinics since 2006 and became more active in the hospital scene of Joinville in 2009. It means that 67% of respondent departments have implemented digital radiography in the last four years, causing a considerable decrease in the volume of radiographic effluents by hospitals and clinics. Digital storage, better image quality and discharge of chemicals to process the radiographs were highlighted as major benefits. pH, COD, turbidity and color from the developer rejects that were analyzed were in disagreement with the specifications proposed by CONAMA. The ecotoxicity test showed that no liquid samples could be discarded without being diluted at least 10 times.

Key-words: Digital radiology, X-ray film processing; developer solutions.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: As etapas do processo radiológico, que requerem a interação entre os clínicos e os departamentos de imagem.....	18
Figura 2: Parte externa de uma processadora automática.....	20
Figura 3: Parte interna de uma processadora automática: os filmes são transportados entre as soluções por um sistema de rolos controlado por um motor.....	21
Figura 4: Esquema genérico de uma rede PACS.....	28
Figura 5: Formação da imagem em equipamentos radiográficos digitais: um processo mediado por detectores eletrônicos.....	29
Figura 6: Visualização e ampliação de uma radiografia cervical digital em um aplicativo de imagens.....	30
Figura 7: Alterações em imagens digitais: 1) imagem sem manipulação dos dados originais; 2) realce de contraste, tornando as estruturas anatômicas mais visíveis; 3) redução de contraste, resultando na suavização das estruturas; 4) aumento de nitidez, promovendo melhor detalhamento das estruturas ósseas.....	31
Figura 8: Manipulação da imagem digital: 1) imagem original; 2) inversão de cores; 3) alteração de contraste; 4) realização de medidas; 5) aumento da imagem (zoom); 6) pseudo-colorização.....	31
Figura 9: Equipamento de Radiologia digital do Hospital Escola São Vicente de Paulo.....	32
Figura 10: Comparação entre radiografias digitais (A e B) e convencional (C) de tórax: maior nitidez e melhor visualização através dos exames digitais.....	34
Figura 11: Mamografias digitais: a extensão dinâmica de contraste do detector digital permitiu examinar o implante mamário (A) e o tecido mamário adjacente (B).....	35
Figura 12: Radiografias de tórax (A), de mama (B) e de mão (C) convencionais fotografadas e armazenadas em computador para fins didáticos.....	38
Figura 13: Câmara fotográfica digital MAVICA FD1 utilizada para digitalização indireta de radiografias cefalométricas convencionais.....	40

Figura 14: Solução reveladora virgem, A0 e em descarte: efeito da oxidação e foto-oxidação.....53

LISTA DE GRÁFICOS E TABELAS

Gráfico 1: Valores de pH medidos ao longo de 2 meses para todas as amostras.....	54
Gráfico 2: Valores de DQO das amostras A1, A2 e A3.....	55
Gráfico 3: Valores de turbidez das amostras A0, A1, A2 e A3.....	56
Gráfico 4: Valores de cor das amostras A0, A1, A2 e A3.....	57
Tabela 1: Dados registrados no teste toxicológico com <i>Daphnia similis</i> para amostra controle e de soluções concentradas (100%) e diluídas de cada solução reveladora A1, A2 e A3. Valores em negrito representam 100% de indivíduos imóveis.....	58

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária
CCIFM – Centro de Ciências das Imagens e Física Médica
CCD – *Charge Coupled Device*
CETESB – Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
DQO – Demanda Química de Oxigênio
DICOM – *Digital Imaging and Communication in Medicine*
EPI – Equipamentos de Proteção Individual
FDA – Food And Drug Administration
FMRP – Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto
HIS – *Hospital Information System*
HUCFF – Hospital Universitário Clementino Fraga Filho
HUM – Hospital Universitário de Maringá
PACS – *Picture Archiving and Communication Systems*
pH – potencial hidrogeniônico
RDC – Resolução da Diretoria Colegiada
RIS – *Radiology Information System*
RSNA – *Radiology Society of North America*
UCLA – *University of California, Los Angeles*
UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro
UNIFESP/EPM – Universidade Federal do Estado de São Paulo/Escola Paulista de Medicina
UNT – Unidades Nefelométricas de Turbidez

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE GRÁFICOS E TABELAS	11
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	12
1. INTRODUÇÃO	15
2. REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1. A IMPORTÂNCIA DO PROCESSO RADIOLÓGICO NA ÁREA DA SAÚDE.....	17
2.2. PROCESSAMENTO RADIOGRÁFICO CONVENCIONAL.....	19
2.3. OS EFLUENTES RADIOGRÁFICOS E O MEIO AMBIENTE.....	23
2.4. RADIOLOGIA DIGITAL.....	25
2.4.1. Histórico e evolução.....	26
2.4.2. Imagens digitais.....	29
2.4.3. Principais contribuições da Radiologia digital ao diagnóstico e ao meio ambiente.....	33
2.4.4. Aspectos limitantes para a implantação da Radiologia digital.....	36
2.4.5. A Radiologia digital no Brasil.....	37
3. METODOLOGIA	41
3.1. ASPECTOS ÉTICOS DA PESQUISA.....	42
3.2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	42
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	46
4.1. ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS RESPONDIDOS.....	46
4.2. ANÁLISE DA CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DAS SOLUÇÕES REVELADORAS GERADAS PELO MÉTODO CONVENCIONAL.....	53

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	60
REFERÊNCIAS	63
ANEXOS	69
ANEXO 1: AUTORIZAÇÃO (HOSPITAL A).....	69
ANEXO 2: AUTORIZAÇÃO (COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA DO HOSPITAL B).....	70
APÊNDICES	71
APÊNDICE 1: E-MAIL ENVIADO ÀS CLÍNICAS RADIOLÓGICAS E AOS HOSPITAIS.....	71
APÊNDICE 2: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....	72
APÊNDICE 3: ARTIGO “A RADIOLOGIA DIGITAL EM DEPARTAMENTOS RADIOLÓGICOS DE JOINVILLE, SC” (ENVIADO PARA PUBLICAÇÃO).....	74

1 – INTRODUÇÃO

O presente trabalho está baseado na relação entre a Radiologia – considerando os métodos tradicionais de revelação de radiografias e o advento de tecnologias digitais – a promoção da saúde e o cuidado com o meio ambiente.

O diagnóstico por imagem na área da saúde é um instrumento de vital importância em seus mais diversos setores. A radiografia é uma técnica amplamente utilizada em hospitais e clínicas e consiste na exposição de filmes radiográficos aos raios-X, seguida do seu processamento.

As soluções químicas de revelador e fixador para o processamento das imagens estão presentes desde a origem da Radiologia e são utilizadas por muitos departamentos até os dias atuais. A disposição dessas soluções em descarte nos serviços radiológicos sempre foi alvo de discussão e preocupação, uma vez que o meio ambiente não está livre de impactos causados pelo lançamento desses efluentes na rede coletora de esgotos, sendo a solução reveladora a mais negligenciada pelos departamentos radiológicos por não apresentar valor comercial considerável, como ocorre com o fixador, de onde se extrai a prata para venda.

A viabilidade da implantação da Radiologia digital com sistemas computadorizados de aquisição, arquivamento e disponibilização de imagens radiográficas, sem a utilização de filmes e de produtos químicos, vem sendo estudada e analisada há pelo menos duas décadas em hospitais e clínicas no Brasil e no mundo.

O objetivo principal deste estudo foi verificar a presença da Radiologia digital em hospitais e clínicas da cidade de Joinville, avaliando suas características, seu funcionamento nos departamentos radiológicos, a eficácia de sua implantação e como alternativa na redução de efluentes radiográficos; tendo como complemento a caracterização físico-química e ecotoxicológica das soluções reveladoras, disponíveis para descarte com base em resoluções da Agência Nacional de Vigilância Sanitária e do Conselho Nacional do Meio Ambiente. Esses órgãos estão relacionados com essa questão específica,

tendo em vista que ambos se manifestaram de maneira bem mais rigorosa quanto à disposição desses efluentes a partir do ano de 2004.

Este estudo está organizado nos seguintes capítulos: a Introdução, que traz ao leitor uma visão panorâmica do tema estudado e destaca o objetivo do trabalho; A Revisão de Literatura, que está dividida nos seguintes tópicos: A importância do processo radiológico na área da saúde; Processamento radiográfico convencional; Os efluentes radiográficos e o meio ambiente; e Radiologia Digital, subdividido em Histórico e Evolução, Imagens digitais, Principais contribuições da Radiologia Digital ao diagnóstico e ao meio ambiente, Aspectos limitantes para a implantação da Radiologia digital e A Radiologia Digital no Brasil; A Metodologia, que detalha, passo a passo, o referencial metodológico e todos os procedimentos aplicados para e durante a execução da pesquisa; Os Resultados e Discussões, que apresentam os resultados das análises qualitativas e quantitativas dos dados e informações obtidos e; as Considerações Finais, que sintetizam os objetivos propostos, ressaltando o alcance e as consequências de suas contribuições.

2 – REVISÃO DE LITERATURA

2.1 – A IMPORTÂNCIA DO PROCESSO RADIOLÓGICO NA ÁREA DA SAÚDE

De acordo com Freitas *et al.* (2004), a Radiologia pode ser conceituada como a ciência que faz uso dos raios-X e de filmes com o intuito de fornecer radiografias, ou seja, imagens que permitem a visualização de constituintes internos e de estruturas de região anatômicas invisíveis a olho nu.

O surgimento dessa ciência se deu no final do século XIX através de estudos realizados pelo mestre Wilhelm Conrad Roentgen enquanto pesquisava o comportamento dos raios catódicos em seu laboratório, verificando que esses raios eram capazes de sensibilizar placas fotográficas. Quando Roentgen tirou uma radiografia da mão de sua esposa, expondo-a na frente de um filme fotográfico e processando-a com reveladores e fixadores (os quais já eram utilizados para fotografias), foi constatada a sua aplicação na medicina (FREITAS *et al.*, 2004; MARGULIS e SUNSHINE, 2000; SHORTLIFFE *et al.*, 2001).

Segundo Shortliffe *et al.* (2001) a função principal dos departamentos radiológicos em clínicas e hospitais é a aquisição e análise de imagens médicas que forneçam informações auxiliares no estabelecimento de diagnósticos, planejamento de tratamentos e no acompanhamento clínico de doenças ou terapias. O conjunto de fases que interagem entre si através de trocas de informações e do uso de tecnologias potencializadoras para um melhor funcionamento desses departamentos é chamado de processo radiológico, que é constituído por 7 etapas:

- 1) Avaliação médica de uma condição clínica e a determinação da necessidade de um procedimento imaginológico;
- 2) Solicitação médica, agendamento do procedimento e disponibilização do histórico clínico relevante do paciente;
- 3) Realização e aquisição da radiografia;

4) Revisão e interpretação das imagens por parte do radiologista, levando em consideração as informações clínicas disponíveis;

5) Criação do relatório (laudo): nessa etapa o radiologista pode se comunicar diretamente com o profissional que solicitou o exame ao paciente, assim como fazer sugestões para avaliações futuras.

6) Controle de qualidade e monitoramento de fatores como tempo de espera do paciente, número de exposições e dose de radiação por procedimento;

7) Treinamento contínuo da equipe radiológica com atlas, materiais de revisão e casos arquivados.

As primeiras cinco etapas seriam sequenciais e as últimas estariam em andamento ao longo de todo o processo, conforme ilustra a Figura 1, dando suporte às fases anteriores.

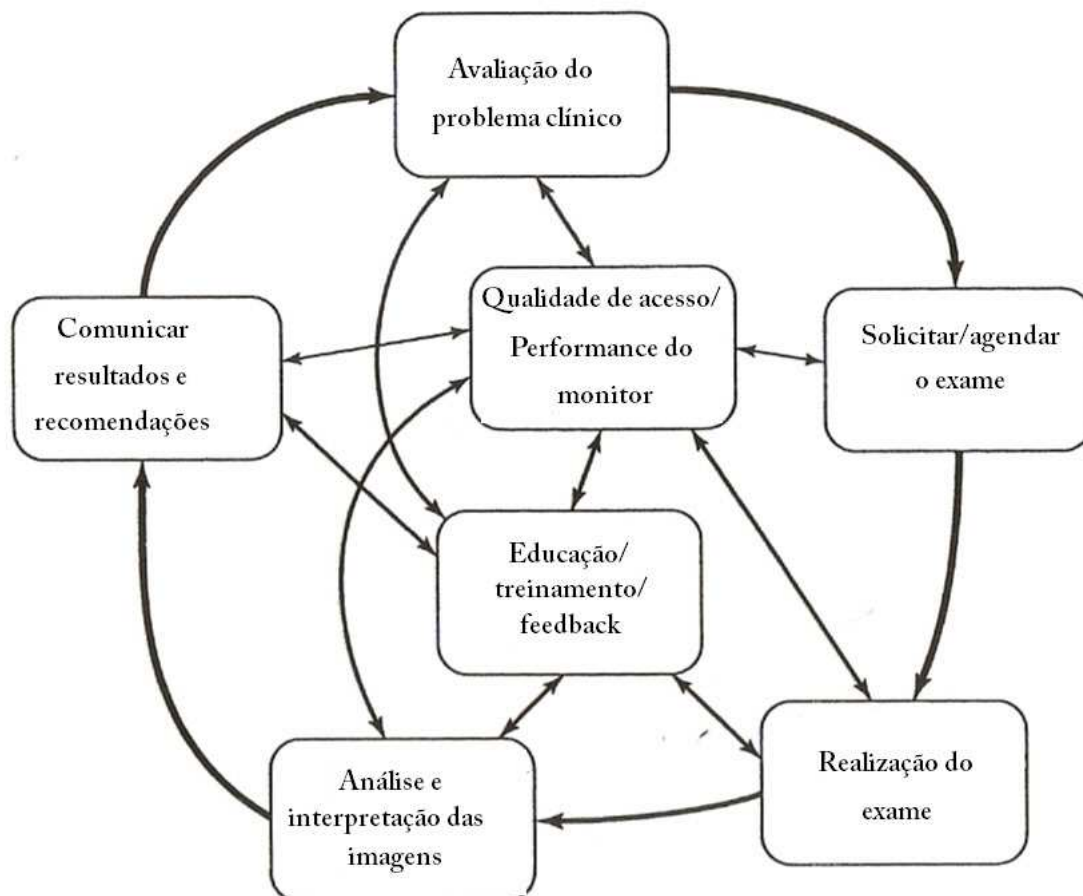


Figura 1: As etapas do processo radiológico, que requerem a interação entre os clínicos e os departamentos de imagem.

Fonte: Shortliffe *et al.*, 2001, p. 489

2.2 – PROCESSAMENTO RADIOGRÁFICO CONVENCIONAL

A revelação de filmes radiográficos é um processo antigo e vem sendo empregado, até hoje, nos serviços radiológicos de saúde (FERNANDES *et al.*, 2005).

De acordo com Whaites (2003), processamento radiográfico é o termo geral, utilizado para descrever a sequência de eventos necessários para que a imagem latente, contida na emulsão sensibilizada de um filme exposto por raios-X, seja convertida em uma imagem radiográfica visível e permanente. O autor qualificou esse procedimento como crucial para a qualidade dos exames radiográficos e, conseqüentemente, do diagnóstico.

O processamento radiográfico convencional requer a utilização de soluções específicas para as etapas de revelação, fixação, enxágue e secagem do filme, as quais contêm uma grande variedade de substâncias químicas em sua composição inicial e que sofrem reação na presença da prata, do oxigênio e outros componentes com o decorrer do tempo de uso (STALIKAS *et al.*, 2001).

Os filmes radiográficos são folhas de acetato de celulose revestidas por duas camadas de emulsão gelatinosa contendo haletos de prata. Quando esses filmes são expostos aos raios-X, ocorre a excitação dos cristais de cloreto de prata e a redução da prata da forma de íons (Ag^{+1}) para prata metálica (Ag^0) e formação do cloro ou de outras substâncias, como uma mistura de cloreto de prata com gelatina, por exemplo. Esta exposição forma uma “imagem latente”. A prata metálica sofre uma nova redução durante o processo de revelação e, na fixação, os cloretos de prata não afetados pela exposição do filme à radiação são removidos, o que caracteriza a presença considerável deste metal pesado no efluente do fixador (Haus, 1997 *apud* Fernandes *et al.*, 2005).

O processamento radiográfico químico requer um ambiente adequado, conhecido como câmara escura, em que a luz que incide sobre os filmes seja filtrada a um comprimento de onda que não altere a emulsão ou provoque velamento (escurecimento indesejável) na radiografia final. Essa iluminação diferenciada é denominada iluminação de segurança e obtida com o uso de

lâmpadas incandescentes e filtros de vidro recobertos de gelatina com cor e densidade específicas posicionadas a uma distância considerável da área de trabalho, mas que permitam ao operador controle visual das etapas de revelação, fixação e enxágue dos filmes. O filme, prestes a ser revelado, é introduzido em uma processadora automática (Figuras 2 e 3), imerso diretamente na solução reveladora e, em seguida, é levado para a solução fixadora. A lavagem final tem como objetivo a remoção de compostos químicos das soluções que possam reagir com o oxigênio do ar e oxidar os filmes, tornando-os amarelados (FREITAS *et al.*, 2004).



Figura 2: Parte externa de uma processadora automática.
Fonte: Freitas *et al.*, 2004, p. 54

A parte interna de uma processadora automática é composta por um sistema de rolos que transportam os filmes radiográficos de uma solução química à outra, espremendo-os durante a passagem para que o excedente dos líquidos seja removido ao término de cada etapa, evitando dessa maneira a contaminação dos filmes. As soluções se encontram à temperatura aproximada de 35 °C em seus compartimentos, sendo que a secagem ocorre à cerca de 55 °C. A velocidade dos rolos é controlada por um motor. Os componentes internos requerem manutenção criteriosa e limpeza regular para um funcionamento adequado e longevidade da processadora automática (FREITAS *et al.*, 2004; WHAITES, 2003).

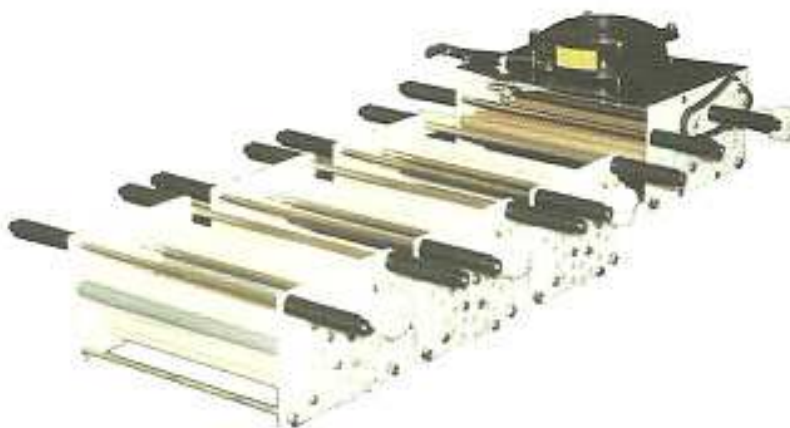


Figura 3: Parte interna de uma processadora automática: os filmes são transportados entre as soluções por um sistema de rolos controlado por um motor.

Fonte: PANELLA, 2006, p. 130

A solução reveladora é constituída de várias substâncias químicas com funções bem definidas e água destilada como veículo. A água é absorvida pela gelatina da emulsão para que os agentes reveladores dissolvidos possam penetrar e chegar até os cristais de halogenato de prata, além de ter por função dissolver e ionizar os constituintes químicos da solução. Dentre estes constituintes estão a hidroquinona (agente redutor revelador), o carbonato de sódio (alcalinizante), o sulfito de sódio (agente antioxidante) e o brometo de potássio (agente restringente, que controla a ação da substância reveladora e impede a ação do agente redutor sobre os cristais de prata não expostos aos raios-X, evitando o velamento – escurecimento indesejado – da radiografia). O potencial redutor da hidroquinona presente nas soluções reveladoras se refere à rapidez com que a substância reduz os cristais à prata metálica. Possui ação lenta e sofre bastante influência da temperatura, além de produzir o contraste nas radiografias (FREITAS *et al.*, 2004; PANELLA, 2006).

No uso de processadoras automáticas são comumente adicionados agentes endurecedores aos líquidos reveladores, como o glutaraldeído, para que não haja um excessivo inchaço da emulsão e danos aos filmes radiográficos durante a passagem pelos rolos das processadoras (PANELLA, 2006; WHAITES, 2003).

De acordo com Byrns *et al.* (2000), as soluções reveladoras possuem elementos irritantes em sua composição e que podem causar reações

adversas ao organismo humano. Os autores destacaram o glutaraldeído, a hidroquinona e a amônia como agentes que podem causar danos à saúde.

A hidroquinona, ou 1,2 benzenodiol, é um agente sensibilizador dermatológico de potencial carcinogênico desconhecido que pode induzir a perda total ou parcial de pigmentação da pele em casos de exposições excessivas e repetidas. Como sua volatilidade é baixa, a hidroquinona não é considerada um agente sensibilizador respiratório em potencial. Entretanto a amônia, que é um produto secundário derivado do desgaste das soluções, é um irritante respiratório altamente solúvel, cujo efeito primário no organismo é a sensibilização das vias aéreas superiores (BYRNS *et al.*, 2000).

Em 1976, a *American Conference of Governmental Industrial Hygienists* determinou, inicialmente, um limite máximo de 0,05 ppm para o glutaraldeído. Em 1979, esse limite passou para 0,2 ppm, porém, como aumentaram os casos de sensibilização cutânea, voltou a ser de 0,05 ppm. Casos de asma também foram relacionados à exposição ao glutaraldeído (BYRNS *et al.*, 2000).

Os constituintes típicos da solução fixadora são: tiosulfato de amônia (responsável pela remoção dos cristais de prata não-sensibilizados pelos raios-X); hipossulfito de sódio (solvente da prata); sulfito de sódio (previne a deterioração do agente fixador); cloreto de alumínio ou alúmen de potássio (conferem ao filme resistência à abrasão); e ácido acético (é o acidificante do meio, capaz de manter o pH e neutralizar a ação alcalina do revelador que foi transportado pela gelatina do filme). Assim como na solução reveladora, a água destilada é o veículo presente no fixador (WHAITES, 2003; FREITAS *et al.*, 2004).

De acordo com Freitas *et al.* (2004), a degradação das soluções de processamento está relacionada a deteriorações sofridas pela ação do oxigênio do ar, das luzes de segurança, manuseio e quantidade de filmes revelados. A perda da capacidade da solução reveladora de reduzir os sais de prata à prata metálica e do líquido fixador de dissolver os cristais não reduzidos caracterizam a exaustão dessas soluções, sendo a mudança de coloração o sinal mais evidente da degradação. Logo após o preparo, as soluções de revelador e fixador são incolores ou levemente amareladas; quando começam a deteriorar-se, tornam-se marrom-escura e branco-leitosa, respectivamente.

O resultado final da radiografia está diretamente relacionado ao seu processamento. Manutenção criteriosa e limpeza regular das processadoras automáticas são necessárias para que manchas e marcas não sejam produzidas nas radiografias. Fatores como temperatura, concentração das soluções e tempo de imersão dos filmes em cada um dos líquidos também interferem na qualidade da imagem a ser analisada (WHAITES, 2003).

2.3 – OS EFLUENTES RADIOGRÁFICOS E O MEIO AMBIENTE

A Resolução RDC n.º 306 da ANVISA de dezembro de 2004 dispõe sobre o regulamento técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde, incluindo os efluentes provenientes do processamento de filmes radiográficos. Assim, geradores desses resíduos devem atender a esta resolução, e de alguma forma, tentar minimizar ao máximo o impacto ambiental causado por estes efluentes.

De acordo com essa Resolução, os reveladores utilizados em radiologia deveriam ser submetidos a processos de neutralização para alcançarem pH entre 7 e 9, e serem posteriormente lançados na rede coletora de esgoto ou em corpo receptor, desde que atendessem as diretrizes estabelecidas pelos órgãos ambientais, gestores de recursos hídricos e de saneamento competentes; ao passo que para os fixadores se faria necessário um processo de recuperação da prata, que é um metal pesado e de alta toxicidade.

A Resolução n.º. 358 de 2005 do CONAMA classificou os rejeitos de revelador e fixador como pertencentes ao grupo B, ou seja, resíduos que podem comprometer o meio ambiente e a saúde pública devido às suas características de inflamabilidade, reatividade, corrosividade e toxicidade.

Usualmente apenas as soluções fixadoras em descarte receberiam algum tipo de tratamento, devido ao interesse comercial em torno da extração da prata, enquanto as soluções reveladoras seriam corriqueiramente descartadas na rede comum de coleta de esgoto sem nenhum tratamento prévio. É comum a venda dos líquidos residuais de fixador para empresas especializadas que promoverão a separação e recuperação da prata presente

nessas soluções. Essa remoção da prata, que é um elemento químico de alta toxicidade quando na forma de íon prata (Ag^{+1}), é de grande importância para a redução de impactos ao meio ambiente. Por outro lado, o descarte das soluções reveladoras na rede comum de coleta de esgoto sem nenhum tratamento prévio é preocupante do ponto de vista ambiental. Estudos recentes apontaram que muitas características físico-químicas desses rejeitos estão em desacordo com os padrões estabelecidos pelas resoluções da ANVISA e do CONAMA (BORTOLETTO *et al.* 2005; FERNANDES *et al.*, 2005; FERNANDES *et al.*, 2006).

Um levantamento dos estabelecimentos da cidade de Florianópolis que utilizavam em sua rotina produtos químicos, cujos resíduos eram descartados na rede pluvial, avaliou o tipo de poluição a que o mar da Ilha de Santa Catarina estaria exposto, além do esgoto sanitário. Dentre os estabelecimentos estudados, constavam clínicas radiológicas e hospitais com setores de radiologia, assim como maternidades, laboratórios de análises clínicas e setores de esterilização. Constatou-se, na época, que todos os estabelecimentos visitados descartavam os resíduos de produtos químicos (com exceção do lixo sólido) diretamente na pia, ou seja, na rede pluvial e que os pontos de descarte estavam expostos a uma contaminação gradual e afetando o ecossistema marinho (BENATO, 1999).

Fernandes *et al.* (2005) analisaram a manipulação e o destino final de rejeitos provenientes de processadoras automáticas de dois hospitais públicos de grande porte da cidade do Rio de Janeiro e verificaram que, em um dos hospitais, todo o volume de solução de fixador já usado era acondicionado e posteriormente vendido, ao passo que, no outro hospital, havia um contrato com duas empresas autorizadas a fazerem uso de um processo eletrolítico contínuo no qual a solução era conduzida por tubos plásticos da processadora de filmes até a separadora de prata antes do seu descarte. Em ambos os hospitais, os rejeitos de revelador eram lançados na rede de esgotos sem nenhum tratamento.

Bortoletto *et al.* (2005) relataram em seu estudo de caracterização dos efluentes radiográficos gerados no laboratório de revelação de radiografias da clínica odontológica do Hospital Universitário de Maringá (HUM) que o pH encontrado nas soluções reveladoras em descarte foi de 10,9 (muito básico), e

nas fixadoras de 4,4, (muito ácido), ou seja, em desacordo com a resolução nº. 357 de 2005 do CONAMA, que estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e recomenda que o valor do pH esteja entre 5 e 9 para que a vida aquática do ambiente ao qual os efluentes forem lançados não seja afetada. Outras características como cor, turbidez e demanda química de oxigênio (DQO) também se encontravam em discordância com os limites estabelecidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente. Conforme foi descrito no trabalho, quaisquer sistemas de tratamento, segregação, ou sequer um controle mais específico sobre o processamento radiográfico e de seus efluentes líquidos eram inexistentes nesse laboratório.

Por intermédio do mapeamento e quantificação de efluentes radiográficos gerados por serviços de Imaginologia das regiões Leste e Sul da cidade de Natal (Rio Grande do Norte) realizados por Fernandes *et al.* (2006), foi constatado que os valores mensais de efluentes em descarte eram de aproximadamente 3.500 litros de revelador e de 2.500 litros de fixador e que a quantidade de prata presente nos rejeitos de solução fixadora variava de 2 a 4 g/L. Quanto à sua disposição no meio ambiente, verificou-se que o lançamento sem tratamento prévio do revelador na rede coletora de esgotos e a venda do fixador a terceiros, visando a recuperação da prata, eram as práticas predominantes nos hospitais daquela região.

2.4 – RADIOLOGIA DIGITAL

Segundo Azevedo-Marques *et al.* (2005), muito se discutiu na última década sobre a implantação de métodos digitais ou “filmless” dentro da Radiologia, nos quais haveria a substituição do uso de filmes radiográficos e do processamento radiográfico convencional por sistemas eletrônicos que adquirem, armazenam, disponibilizam e exibem essas imagens, de modo a acelerar o processo radiológico em seus respectivos departamentos.

2.4.1 – Histórico e evolução

De acordo com Rodgers (2001), a introdução dos profissionais de diagnóstico por imagem ao “mundo digital” aconteceu inicialmente pela invenção da Tomografia Computadorizada em 1973 por Godfrey Hounsfield. A Tomografia Computadorizada é um método que utiliza aparelhos de raios-X para realizar radiografias transversais do corpo, as quais serão convertidas, por um computador, nos chamados cortes tomográficos. Anos depois, surgiu interesse por parte dos radiologistas na digitalização de todos os exames imaginológicos, inclusive das radiografias convencionais.

Embora o conceito de um departamento radiológico digital ou eletrônico tenha sido idealizado no início da década de 1970, a tecnologia na época não permitia que sua concretização fosse possível. Para a realização desse conceito foram necessários anos de estudo, progressos na área eletrônica digital e sistemas de comunicações que permitissem um gerenciamento hospitalar computadorizado (HUANG *et al.*, 2003).

Um artigo publicado por Sonoda *et al.* (1983) constatou que avanços na área da informática e da eletrônica estavam sendo feitos para melhorar a eficácia do radiodiagnóstico, inspirados no sucesso da Tomografia Computadorizada. O que limitava a qualidade da imagem computadorizada eram os sensores digitais, que eram incapazes de produzir radiografias com qualidade de imagem comparáveis às processadas convencionalmente. Segundo os autores, o aperfeiçoamento desses sensores com a aplicação de sistemas de placas de fósforo foto-estimulado, capazes de absorver energia ao serem excitadas por raios-X, melhorou a conversão em imagens computadorizadas e foi o primeiro passo no desenvolvimento das radiografias digitais e de métodos radiográficos “filmless”.

Acompanhando a evolução das pesquisas sobre radiografias computadorizadas na área médica, surgiu interesse, algum tempo depois, na aplicação do método “filmless” também nas radiografias odontológicas. Segundo Freitas *et al.* (2004), os sistemas radiográficos digitais intrabucais foram descritos pela primeira vez em 1988 e introduzidos no Reino Unido após a publicação de um método denominado radiovisiográfico, que aliava um

equipamento de raios-X odontológico convencional aos recursos da informática.

A necessidade de estabelecer um padrão para a obtenção e a comunicação de imagens médicas em formato digital fez com que fosse criado o DICOM (“Digital Imaging and Communication in Medicine”), apresentado ao público pela primeira vez em 1993, em um encontro da RSNA (“Radiology Society of North America”). O Padrão DICOM estabeleceu compatibilidade entre equipamentos de marcas diferentes e entre equipamentos de imagem e computadores tanto de hospitais, quanto de clínicas e laboratórios. Essa padronização foi essencial para o desenvolvimento do PACS (“Picture Archiving and Communication Systems”), cujo esquema genérico está representado na figura 4, que são sistemas com capacidade de adquirir e arquivar imagens digitais, além de recuperá-las rapidamente em bancos de dados e transmiti-las em alta velocidade através de redes de comunicação (SHORTLIFFE *et al.*, 2001; AZEVEDO-MARQUES *et al.*, 2005).

O PACS tornou-se uma ótima opção tecnológica para as tarefas de transmissão, armazenamento e recuperação de imagens médicas e formou em conjunto com os Sistemas de Informação em Radiologia (RIS – “Radiology Information System”) e de Informação Hospitalar (HIS – “Hospital Information System”) a base para o desenvolvimento de um serviço radiológico sem filme. Adicionalmente, a integração entre os sistemas RIS e HIS agiria de forma preventiva quanto às informações contidas nos bandos de dados, por meio do compartilhamento de conteúdo, diminuindo as margens de erro (AZEVEDO-MARQUES *et al.*, 2005).

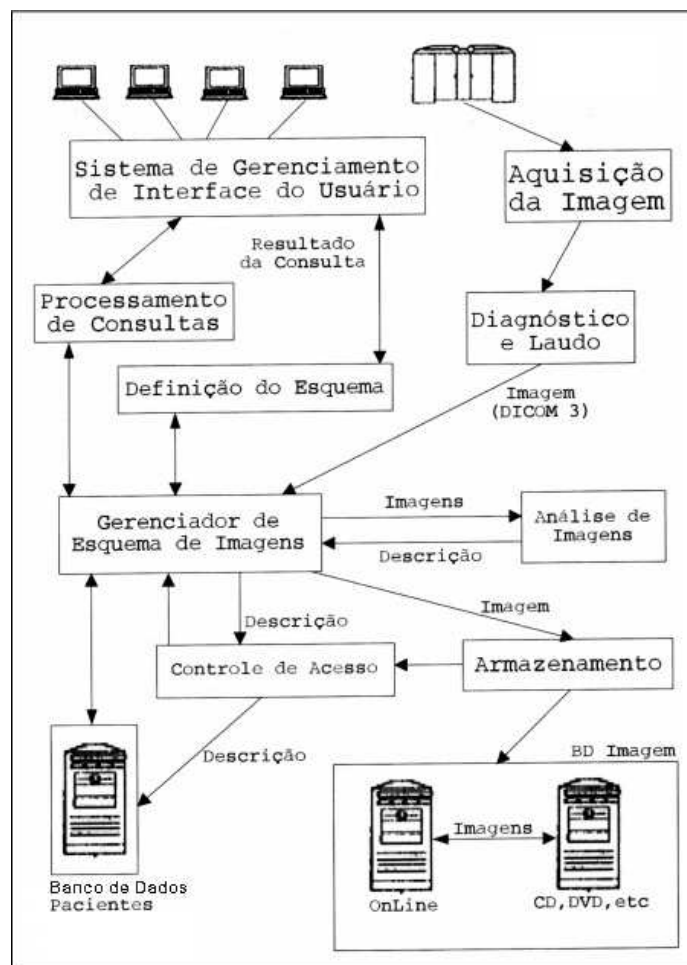


Figura 4: Esquema genérico de uma rede PACS.

Fonte: Azevedo-Marques *et al.*, 2001, p. 222

Em 1995, Wilson citou a existência de métodos de aquisição digital direta das imagens por meio de detectores eletrônicos e placas de sais de fósforo, utilizados esporadicamente e descreveu como prática corriqueira a digitalização de radiografias pelo método indireto, ou seja, mediante o escaneamento de exames de raios-X já existentes (obtidos pela técnica convencional).

O método indireto ou híbrido de obtenção de radiografias digitais difundiu-se e foi aplicado durante muitos anos até que a implantação da Radiologia “filmless” fosse efetiva, sendo utilizado por alguns departamentos radiológicos convencionais até os dias atuais. As imagens digitalizadas por intermédio de câmeras fotográficas digitais ou “scanners” eram convertidas em linguagem binária, enviadas ao computador, tratadas e armazenadas para consultas posteriores (WATANABE *et al.*, 1999).

Com o passar dos anos e com os avanços tecnológicos e na área da informática, a Radiologia digital e os sistemas de obtenção direta de imagens digitais se tornaram uma realidade no cotidiano dos hospitais. No ano de 2000, havia cerca de 100 hospitais com sistemas de Radiologia digital direta implantados pelo mundo todo (WILSON, 1995; PANEPENTO, 2000).

A evolução dos equipamentos de Radiologia digital foi gradativa. A Fuji® teve cinco gerações entre os anos de 1983 – ano em que foi lançado o primeiro aparelho radiográfico digital no mercado – e 2000. Em 2009, a estimativa era de que mais de 70.000 sistemas digitais de imagens médicas dessa marca comercial tenham sido instalados no mundo todo (FUJIFILM CO., 2009).

2.4.2 – Imagens digitais

Nos aparelhos radiográficos digitais, os detectores eletrônicos de raios-X funcionam por meio da conversão direta dos fótons de raios-X em cargas elétricas ou em um processo no qual um cintilador transforma os raios em luz visível, que será captada por sensores do tipo CCD (*“Charge Coupled Device”*) – surgidos no ano de 1990 – e convertidos em um sinal elétrico que será enviado ao computador e decodificado, produzindo uma imagem digital (Figura 5) (CHOTAS *et al.*, 1999, KÖRNER *et al.*, 2007).



Figura 5: Formação da imagem em equipamentos radiográficos digitais: um processo mediado por detectores eletrônicos.

Fonte: Chotas *et al.*, 1999, p. 596

Uma imagem digital é basicamente representada, em um computador por uma estrutura numérica bidimensional denominada “bit map”. Cada elemento dessa estrutura equivale à intensidade de uma pequena área quadrangular do arquivo chamada “pixel”. Ou seja, os pixels são unidades de informação. A cada pixel é dado um valor numérico. A resolução espacial de uma imagem refere-se ao número de pixels em que está dividida. Quanto menor o tamanho de cada pixel e maior o seu número em quantidade, mais detalhes serão observados. A resolução de contraste diz respeito ao brilho analógico dos pixels. Na forma digital, qualquer imagem pode ser arquivada, compactada em bancos de dados, transmitida, compartilhada em rede, exibida em monitores gráficos e manipulada para uma melhor visualização ou análise. Um exemplo de imagem obtida pode ser observado na Figura 6. Em um exame radiográfico digital, cada pixel representa a forma final da atenuação de um feixe de raios-X que passou através da estrutura radiografada (SHORTLIFFE *et al.*, 2001).



Figura 6: Visualização e ampliação de uma radiografia cervical digital em um aplicativo de imagens.

Fonte: Shortliffe *et al.*, 2001, p. 493

Segundo Whaites (2003), a resolução em pares de linha por milímetro dos sistemas digitais é compatível ou superior aos filmes convencionais e apesar da possibilidade de alteração da imagem final, o computador não oferece nenhuma informação adicional além daquela contida na imagem original.

A edição de imagens digitais em softwares específicos pode ser utilizada para uma visualização de melhor qualidade. As Figuras 7 e 8 mostram

exemplos de alterações executadas em radiografias digitais médica e odontológica respectivamente (KÖRNER *et al.*, 2007; WHAITES, 2003).



Figura 7: Alterações em imagens digitais: 1) Imagem sem manipulação dos dados originais; 2) Realce de contraste, tornando as estruturas anatômicas mais visíveis; 3) Redução de contraste, resultando na suavização das estruturas; 4) Aumento de nitidez, promovendo melhor detalhamento das estruturas ósseas.

Fonte: Körner *et al.*, 2007, p. 681

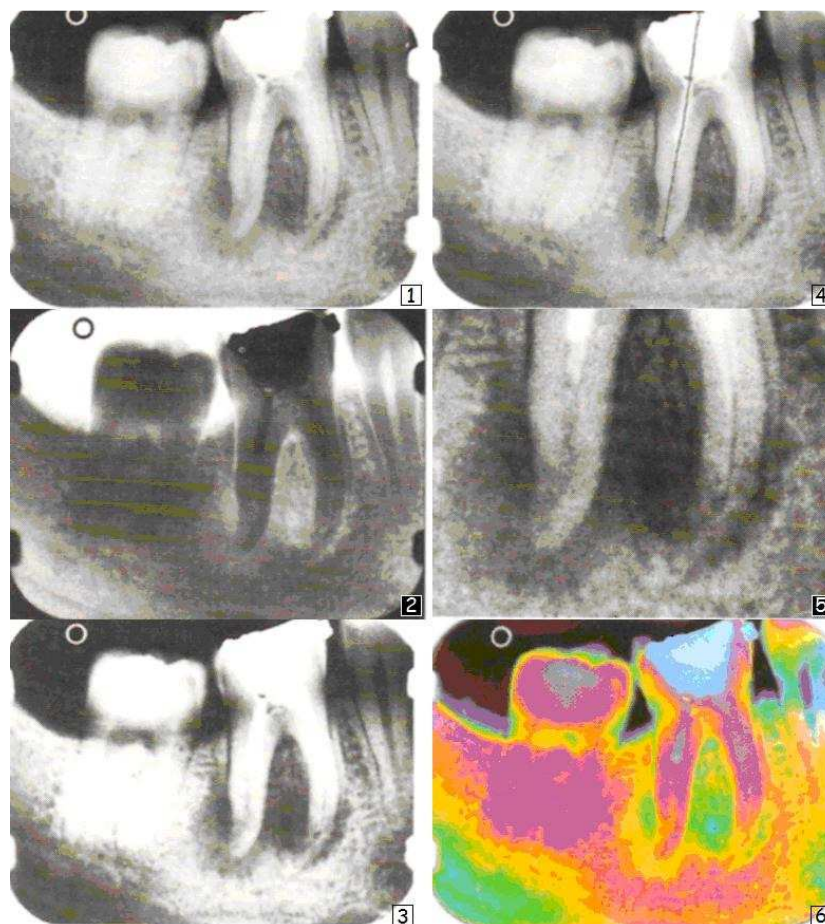


Figura 8: Manipulação da imagem digital: 1) imagem original; 2) inversão de cores; 3) alteração de contraste; 4) realização de medidas; 5) aumento da imagem (zoom); 6) pseudo-colorização.

Fonte: Whaites, 2003, p. 219

Franceschi (2006) descreveu o equipamento de radiografia computadorizada presente no Hospital Escola São Vicente de Paulo, em Passo Fundo (Rio Grande do Sul), mostrado na Figura 9. Tanto os aparelhos de radiologia convencional instalados no departamento radiológico quanto os aparelhos móveis para exames nos leitos do pacientes, poderiam ter as suas imagens digitalizadas por meio do sistema de radiografia computadorizada. A luminescência foto-estimada, ou seja, a sensibilização das placas de fósforo pelos raios-X forneceria um sinal elétrico e logo em seguida um sinal digital com a informação para transmitir a imagem.

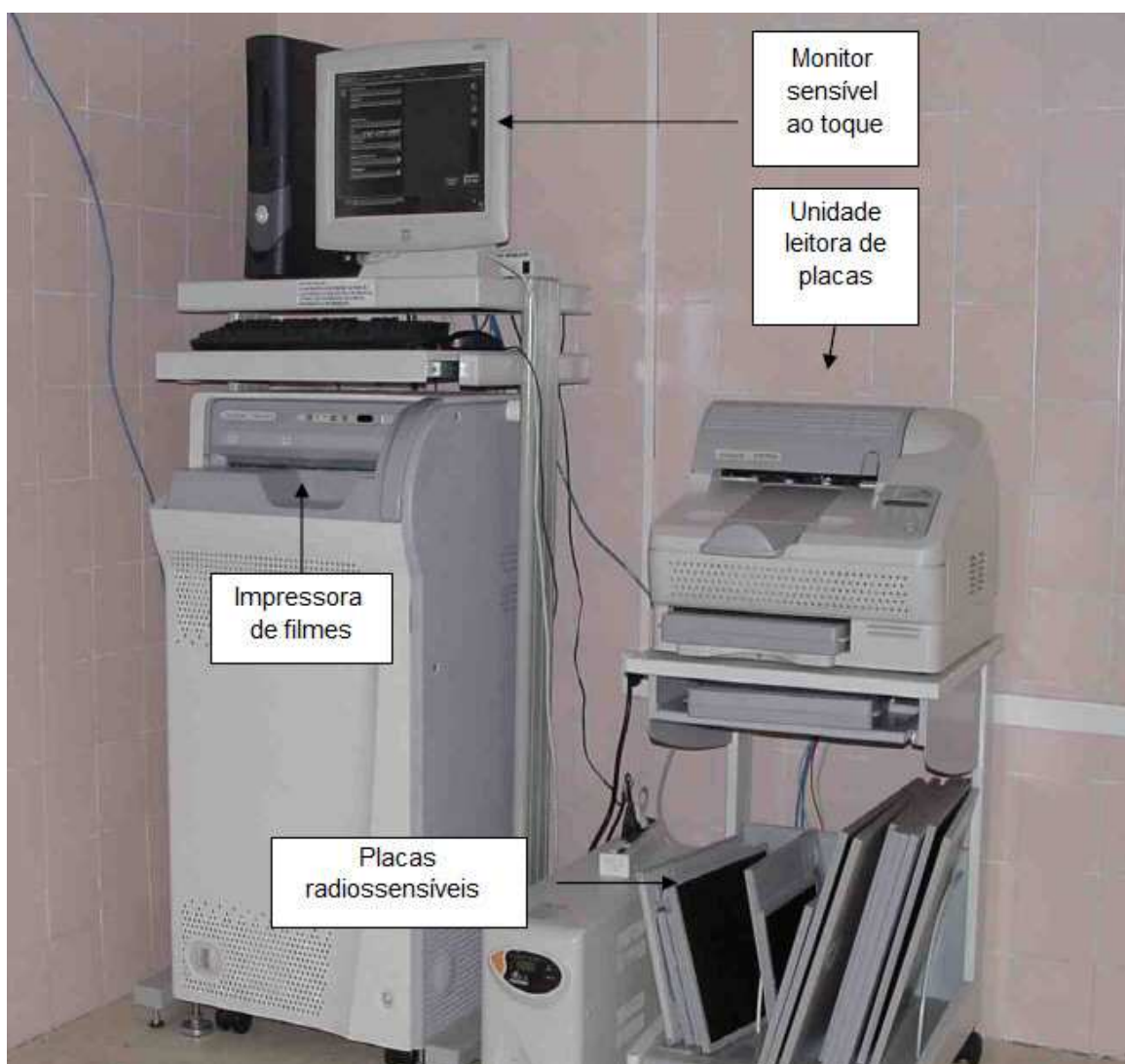


Figura 9: Equipamento de Radiologia digital presente no Hospital Escola São Vicente de Paulo.

Fonte: Franceschi, 2006, p. 40

2.4.3 – Principais contribuições da Radiologia digital ao diagnóstico e ao meio ambiente

Desde o lançamento dos primeiros aparelhos radiográficos digitais na década de 80, muito se discutiu sobre esses sistemas nos departamentos de diagnóstico por imagem. Para muitos pesquisadores, esse seria o método ideal por possibilitar a formação de bancos de dados disponíveis indefinidamente aos que deles precisassem facilitar o controle da qualidade da imagem radiográfica e a manipulação do material por meio do computador. Com o advento comercial e propagação da internet, o diagnóstico das patologias seria imensamente facilitado em decorrência da difusão de imagens na rede mundial de computadores (HAKAYAMA *et al.*, 1999).

White *et al.* (2004) relataram que a Radiologia digital confere maior agilidade ao processo radiológico nos departamentos de emergência pois permite acesso imediato aos exames radiográficos, à possibilidade de visualização simultânea em diferentes locais por diferentes profissionais (resultando em um melhor diagnóstico), o arquivamento e o armazenamento das radiografias em pequenos espaços.

Geraldeli *et al.* (2002) destacaram que as imagens radiográficas digitais, além de proporcionarem mais eficiência quanto ao seu uso e manipulação pelos profissionais que as utilizam, evitariam que os exames arquivados sofressem deterioração com o decorrer do tempo em virtude de problemas de conservação, como mofo, umidade e manuseio inadequado.

Para Srinivasan *et al.* (2006), a substituição do método convencional por tecnologias digitais e a utilização do PACS implicaria em benefícios relacionados ao espaço físico dos hospitais e clínicas e a um melhor aproveitamento de tempo por parte dos funcionários, uma vez que eliminaria a necessidade de locais para armazenamento dos filmes convencionais e o desperdício de tempo na procura de exames arquivados.

Segundo Persliden *et al.* (2002), a presença de detectores digitais diretos nos aparelhos de raios-X contribuiria para a diminuição na dose de radiação a ser utilizada em pacientes durante a técnica radiográfica e para a otimização da imagem.

Um estudo comparativo entre técnicas radiológicas e doses de radiação em hospitais do Brasil (utilizando o método convencional) e hospitais da Austrália (utilizando o método “filmless”), realizado por Azevedo *et al.* (2005), mostrou que os valores médios das doses de entrada na pele e doses efetivas de radiação foram inferiores na Austrália. Contudo, os autores não atribuíram esses resultados exclusivamente à tecnologia digital, mas também aos programas de controle e garantia de qualidade em serviços de radiodiagnóstico presentes nos hospitais australianos e afirmaram que através do emprego de técnicas adequadas e ajustes relacionados à miliamperagem e aos tempos de exposição dos aparelhos, é possível a execução de exames radiográficos através do método convencional com doses de radiação tão baixas quanto pelo sistema digital.

Ganten *et al.* (2003) compararam a qualidade da imagem de radiografias de tórax obtidas pelo método convencional e por dois métodos “filmless”, um com detectores de tela plana e outro com detectores com placas de fósforo e perceberam que há maior nitidez na visualização das estruturas anatômicas com as radiografias digitais do que com os filmes processados quimicamente, conforme ilustrado na Figura 10.

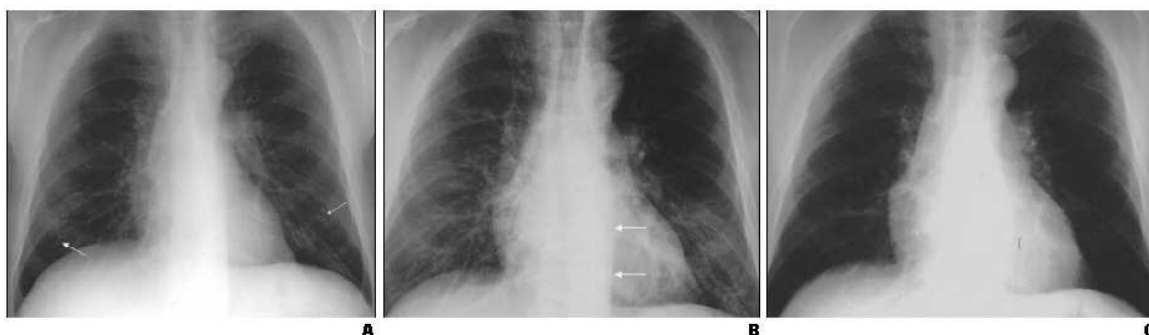


Figura 10: Comparação entre radiografias digitais (A – com detectores de tela plana e B – com detectores com placas de fósforo) e convencional (C) de tórax: maior nitidez e melhor visualização através dos exames digitais.

Fonte: Ganten *et al.*, 2003, p. 175

Sobre a capacidade de diagnóstico dos dois métodos, uma pesquisa feita por Garmer *et al.* (2000) mostrou, por meio da comparação de radiografias de tórax convencionais e digitais, que patologias mediastinais foram melhores visualizadas nos exames digitais. Quanto ao desempenho dos aparelhos, diferenças significativas não foram encontradas.

De acordo com Freitas *et al.* (2006), um dos maiores problemas obtidos nas radiografias de mama processadas quimicamente eram as falhas na revelação e fixação das imagens, com contaminação das soluções. Dificuldades relacionadas à limpeza das câmaras escuras e das telas intensificadoras que comportam os filmes radiográficos causariam imperfeições nas radiografias como a perda de contraste, prejudiciais ao diagnóstico. Entretanto, nas mamografias totalmente digitais, os processos de aquisição da imagem, demonstração e armazenamentos ocorrem separadamente, resultando na otimização de cada uma das etapas.

A radiação transmitida na mamografia digital é absorvida por um detector eletrônico e, uma vez armazenada, pode ser demonstrada usando técnicas computadorizadas de imagem, permitindo variações de brilho e contraste, reduzindo o número de exposições radiológicas por eliminar a necessidade de tomadas adicionais com contrastes diferentes para comparação e, por conseguinte, diminuindo o tempo e os custos envolvidos nesse processo. A Figura 11 mostra um exemplo de radiografia de mama digital (FREITAS *et al.*, 2006).

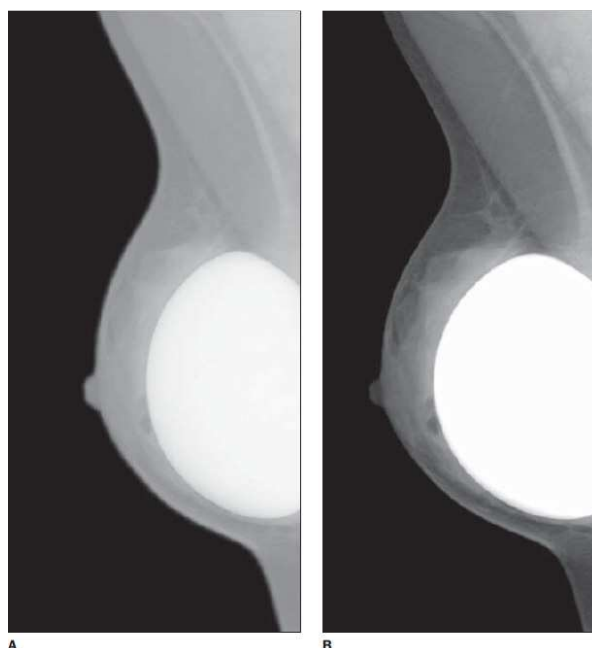


Figura 11: Mamografias digitais: a extensão dinâmica de contraste do detector digital permitiu examinar o implante mamário (A) e o tecido mamário adjacente (B).

Fonte: Freitas *et al.*, 2006, p. 293

Por meio de questionários respondidos por técnicos de Radiologia de Trás-os-Montes e Alto Douro, em Portugal, Felício e Rodrigues (2010)

classificaram as vantagens da implantação da Radiologia “filmless” e do PACS nos departamentos radiológicos em cinco subcategorias: técnicas; econômicas; com relação aos cuidados prestados; à eficiência; e à qualidade da imagem.

As vantagens técnicas mencionadas foram a rapidez na execução dos exames e o rigor nos registros dos usuários. A maior produtividade e a redução de custos materiais foram apontadas referentes à economia. A diminuição da exposição radiológica e do tempo de acesso foram os benefícios relacionados aos cuidados prestados. Quanto à eficiência, foram destacados a maior facilidade no acesso do arquivo radiológico do usuário, a diminuição da perda de informação, a rapidez na disponibilização da imagem e o aumento da confiabilidade dos dados. A otimização da qualidade da imagem e a possibilidade de pós-processamento através dos programas de edição foram as vantagens citadas a respeito da qualidade da imagem (FELÍCIO E RODRIGUES, 2010).

Freitas *et al.* (2004) destacaram a dispensa do uso de filmes radiográficos e do processamento químico como uma das principais vantagens da Radiologia digital, pois resolveria um problema de poluição ambiental em virtude da redução de descarte dos efluentes diretamente na rede de esgotos. Outro benefício citado por estes autores relaciona-se ao fato de ser possível visualizar 256 tonalidades de cinza na radiografia computadorizada, enquanto na radiografia convencional, a olho nu, consegue-se diferenciar apenas 25 tons.

2.4.4 – Aspectos limitantes para a implantação da Radiologia digital

Barreiras relacionadas à resolução das imagens nas telas dos computadores e às limitações dos sistemas operacionais dificultavam a aceitação e difusão do método “filmless” entre os radiologistas em meados da década de 90 (WILSON, 1995).

O desafio na conversão da Radiologia convencional para a Radiologia digital, segundo Burbridge e Bell (2004) seria, na época, de natureza financeira e logística, uma vez que os custos para implantação desses sistemas são

bastante elevados. Entre os anos de 2001 e 2002, esses autores enviaram questionários via e-mail aos 173 módulos de diagnóstico por imagem de Saskatchewan, no Canadá. Dos 129 que retornaram participando do estudo, apenas dois tinham o PACS (ambos de instituições privadas), doze tinham sistemas de informação digitais e oito possuíam registros digitais dos pacientes. Evidências também mostraram que a digitalização de radiografias, até mesmo pelo método indireto (escaneamento) era um procedimento esporádico e a aplicação dos sistemas de aquisição direta ainda se encontrava em desenvolvimento na época.

Em 2003, estudos realizados na Universidade da Califórnia em Los Angeles (UCLA) mostravam o interesse por parte do Departamento de Ciências Radiológicas na conversão do método baseado em filmes para um sistema totalmente digital, destacando a eliminação dos gastos em compras de filmes radiográficos e a economia de espaço físico para arquivar exames antigos como vantagens (HUANG *et al.*, 2003).

Gipp *et al.* relataram, em 2005, que razões econômicas e a escassez de especialistas em informática médica na Rússia eram obstáculos a serem transpostos na implantação de departamentos radiológicos exclusivamente digitais no país.

Os sistemas digitais e o PACS não faziam parte da realidade dos departamentos de Radiologia dos hospitais do Iran no ano de 2007. De acordo com *Kakooei et al.* (2007), problemas de saúde em técnicos de radiologia ocasionados por exposição às soluções químicas de processamento radiográfico sem equipamentos de proteção individual (EPI) e adequações no ambiente de trabalho, como ventilação na câmara escura, eram frequentes nas instituições iranianas.

2.4.5 – A Radiologia digital no Brasil

No início da década de 2000, a discussão sobre diagnóstico auxiliado por computadores na Radiologia ganhou força no ambiente hospitalar nacional. Em 2001, o Centro de Ciências das Imagens e Física Médica (CCIFM) do

Departamento de Clínica Médica da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (FMRP) iniciou um projeto de implantação de um mini-PACS com disponibilização e armazenamento de imagens de Tomografia Computadorizada, Ressonância Magnética e radiografias convencionais digitalizadas indiretamente com o intuito de promover melhor acessibilidade e integração de informações pela vinculação de exames imaginológicos. (AZEVEDO-MARQUES *et al.*, 2001).

Em 2002, Geraldeli *et al.* descreveram o processo de digitalização de imagens radiográficas e a criação de um banco de dados no serviço de radiodiagnóstico do Hospital Universitário Clementino Fraga Filho (HUCFF) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) de modo que as radiografias arquivadas ao longo dos anos fossem utilizadas para fins de pesquisa e ensino, em estudos de caso, discussões e apresentações em publicações científicas e congressos. As imagens foram computadorizadas com máquina fotográfica digital e os objetivos didáticos foram atingidos.

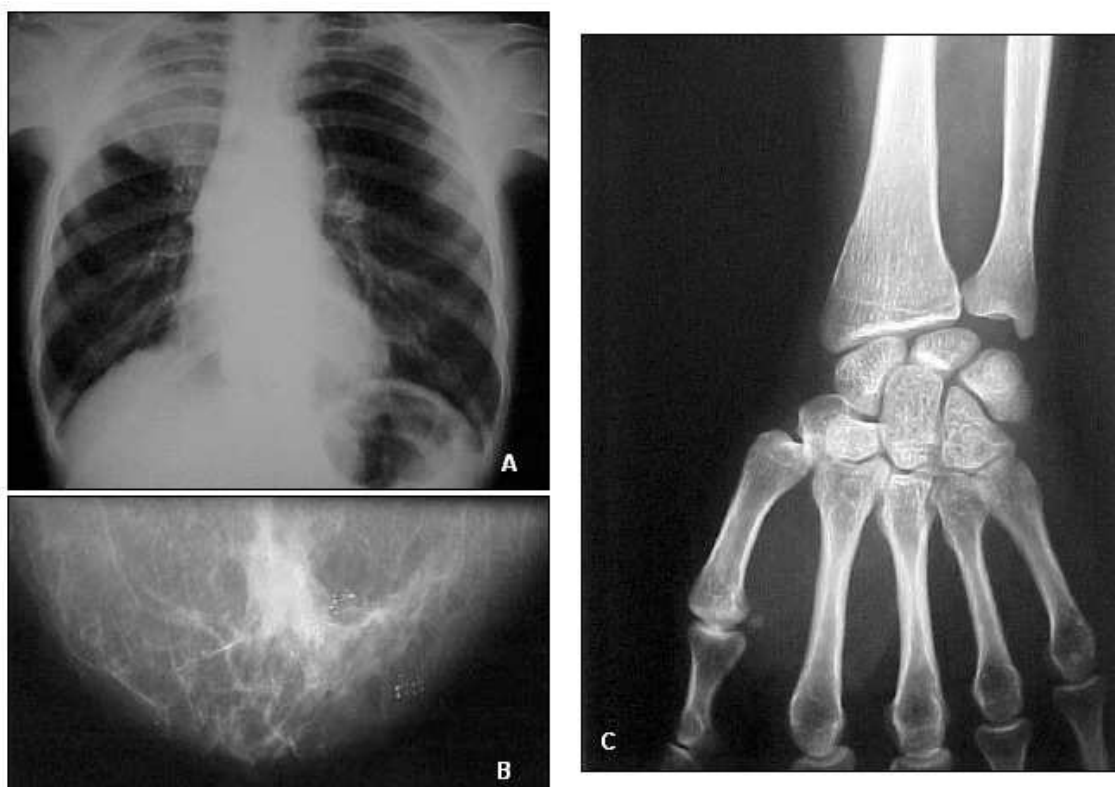


Figura 12: Radiografias de tórax (A), de mama (B) e de mão (C) convencionais fotografadas e armazenadas em computador para fins didáticos.

Fonte: Geraldeli *et al.*, 2002, p. 29

A importância da digitalização de radiografias de mama foi evidenciada por Ângelo e Schiabel (2002). Por meio de um “scanner” a laser, as radiografias foram digitalizadas pelo Laboratório de Análise e Digitalização de Imagens do Departamento da Escola de Engenharia de São Carlos (Universidade de São Paulo) e disponibilizadas na internet, funcionando como uma ferramenta de ensino à distância, proporcionando análises de casos e elaboração de laudos “online”.

No que se refere aos métodos radiológicos digitais diretos, a mamografia digital foi uma das mais estudadas e discutidas. Segundo Bauab (2005), o Brasil foi o primeiro país da América Latina a iniciar o uso das radiografias de mama digitais com computadores e detectores específicos em julho do ano 2000, no Recife, apenas cinco meses após aprovação pela *Food and Drug Administration* (FDA), órgão governamental dos Estados Unidos que faz o controle, dentre outras coisas, de equipamentos médicos. Os custos dos novos equipamentos eram de quatro a cinco vezes maiores que o do equipamento convencional, o que fez com que sua difusão e popularidade não fossem imediatas. Porém o reconhecimento da qualidade e confiabilidade da mamografia digital fez com que a nova tecnologia fosse considerada anos mais tarde um “caminho sem volta”.

Na área da Radiologia odontológica, estudos sobre a digitalização indireta das radiografias tiveram continuidade. Manhães (2004) relatou o uso de “scanners” de mesa e câmeras fotográficas digitais para que radiografias cefalométricas convencionais, muito importantes para diagnósticos em Ortodontia, fossem armazenadas em computador. Em formato eletrônico, as cefalometrias poderiam ser avaliadas em “softwares” específicos para a tomada de medidas e ângulos ósseos e dentários de importância clínica, facilitando o trabalho dos profissionais. Uma das máquinas utilizadas foi a câmera fotográfica digital MAVICA FD1 (Figura 13).



Figura 13: Câmera fotográfica digital MAVICA FD1 utilizada para digitalização indireta de radiografias cefalométricas convencionais.

Fonte: Manhães, 2004, p. 48

Em 2005, a estruturação do ambiente “filmless” junto ao serviço de radiodiagnóstico do Hospital das Clínicas da FMRP ainda era um processo em andamento, com melhorias a serem feitas, como a diminuição do tempo de espera para a visualização das imagens nas estações de rede, para que sua execução fosse efetiva (AZEVEDO-MARQUES *et al.*, 2005).

Nos anos seguintes, o gerenciamento em rede das imagens médicas digitais continuou a ser discutido. Pires *et al.* (2008) iniciaram em 2007 o treinamento de profissionais (radiologistas, mastologistas, residentes em Radiologia, entre outros) do Departamento de Diagnóstico por Imagem da Universidade Federal do Estado de São Paulo/Escola Paulista de Medicina (UNIFESP/EPM) com um *software* denominado QuallM, desenvolvido para o gerenciamento de mamografias digitais e que permitia maior rapidez e eficiência na manipulação e interpretação das radiografias.

Barra *et al.* (2010) analisaram ferramentas de visualização e armazenamento de imagens disponíveis em diversos *softwares* gratuitos, considerando viável a sua utilização para o cotidiano dos radiologistas.

3 – METODOLOGIA

Quanto ao tipo de pesquisa executada para esse estudo, optou-se pelo trabalho com uma abordagem qualitativa e quantitativa (quali-quanti), na modalidade descritiva.

Segundo Minayo (1996), a pesquisa qualitativa é aquela capaz de incorporar as questões do significado e da intencionalidade como inerentes aos atos, às relações e às estruturas sociais, sendo essas últimas tomadas tanto no seu advento quanto na sua transformação, como construções humanas significativas.

A pesquisa qualitativa encontra suporte em correntes teóricas filosóficas como a fenomenologia, a qual se apóia na interpretação de significados e na análise das mensagens contidas em um texto. Procedimentos descritivos são utilizados para análise de falas, discursos, escritos e dados de forma a relacionar as informações com a realidade do contexto social (GONÇALVES *et al.*, 2008).

A aplicação de métodos quantitativos, ainda de acordo com Gonçalves *et al.* (2008), possibilitaria ao pesquisador estabelecer, através destes, as prováveis causas a que os objetos de estudo estão submetidos, além de permitir descrever em detalhes o padrão de ocorrência dos eventos observados. Sendo assim, testes de forma objetiva, com raciocínio dedutivo e objetividade podem ser efetuados, permitindo dessa maneira que as variáveis quantificáveis sejam passíveis de mensuração.

Segundo Goldenberg (2005), a relação entre a pesquisa qualitativa e quantitativa permite ao pesquisador uma interseção entre suas conclusões, de modo a ter maior confiança nos dados obtidos, não sendo produto de um procedimento específico ou de alguma situação particular. Criatividade e flexibilidade na exploração de todos os possíveis caminhos, não insistindo na idéia positivista de que os dados qualitativos comprometem a objetividade, a neutralidade e o rigor científico, se fazem importantes na interação entre os métodos qualitativo e quantitativo, os quais deixam de ser percebidos como opostos para serem vistos como complementares nesta perspectiva.

3.1 – ASPECTOS ÉTICOS DA PESQUISA

Quanto aos aspectos éticos, os procedimentos metodológicos aplicados neste trabalho foram primeiramente descritos em um projeto que foi submetido a avaliações da coordenação de dois centros hospitalares quanto à viabilidade de aplicar a pesquisa dentro de seus limites e do Comitê de Ética em Pesquisa da UNIVILLE. Após o recebimento da aprovação das instituições, que concordaram com a análise crítica dos riscos e benefícios da pesquisa, considerando que os dados obtidos poderiam ser convertidos em decisões mais amigáveis do ponto de vista ambiental pelos setores de Radiologia, a metodologia foi colocada em prática.

3.2 – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Com base em evidências de que a implantação de métodos radiológicos digitais está em andamento no Brasil e no mundo e de que os métodos convencionais de processamento radiográfico continuam sendo utilizados por inúmeras instituições gerando efluentes em desacordo com as resoluções ambientais, a metodologia desse trabalho consistiu de duas etapas, uma principal e outra complementar.

Na etapa principal da pesquisa, foi realizada uma abordagem semelhante à utilizada por Burbridge e Bell (2004), que se baseou no envio de um questionário por correio eletrônico a setores imaginológicos da província canadense Saskatchewan. As perguntas, especificamente, não foram citadas no artigo redigido, porém evidenciou-se que os questionários a serem respondidos por radiologistas, técnicos de radiologia e/ou por responsáveis administrativos permitiriam, através de uma análise simples e descritiva dos dados, diagnosticarem o nível de informatização hospitalar e a participação da radiografia digital na rotina de trabalho dos serviços radiológicos daquela região.

Originalmente, a metodologia descrita no projeto apresentado aos comitês de ética da UNIVILLE e à coordenação de dois centros hospitalares, era de realizar entrevistas pessoalmente com os profissionais de radiodiagnóstico. Entretanto, fatores como a pouca disponibilidade de tempo dos radiologistas e técnicos para agendar uma conversa, o que restringiria demasiadamente o número de participantes, fizeram com que houvesse uma revisão do método e, dessa forma, o contato com as clínicas e hospitais foi realizado via correio eletrônico. Esse formato fundamentou-se no procedimento descrito e aplicado por Burbridge e Bell (2004).

Assim, mediante a autorização hospitalar para a realização da pesquisa (Anexos 1 e 2), para a coleta de dados foram enviados questionários por e-mail (Apêndice 1) aos seis centros hospitalares da cidade de Joinville e para nove clínicas radiológicas citadas na lista telefônica e com páginas na internet disponíveis em sites de busca, totalizando quinze e-mails enviados, com o objetivo de traçar o panorama da Radiologia digital no município. A escolha do método se justificou pelo êxito da pesquisa canadense ao fazer uso da comunicação eletrônica, considerando a praticidade e receptividade demonstrada pelos participantes.

Nas mensagens enviadas constavam informações sobre o pesquisador e a pesquisa e foi anexado o termo de consentimento livre e esclarecido (Apêndice 2) assegurando a voluntariedade e o direito à privacidade pessoal e dos dados fornecidos pelos participantes. Pediu-se, aos profissionais integrantes do processo radiológico, que fossem respondidas as seguintes perguntas:

- 1) Já trabalha com Radiologia digital? Em caso afirmativo, desde quando?
- 2) Quais as vantagens e desvantagens das radiografias digitais?
- 3) As radiografias digitais funcionam de maneira eficaz em rede?
- 4) A conversão dos sistemas tradicionais para os digitais compensa financeiramente?
- 5) Os profissionais em geral aceitam com facilidade receber os exames em formato digital ou preferem os filmes convencionais?
- 6) Acredita que a radiologia digital tem impacto ambiental?

Para facilitar e organizar a análise das respostas foi atribuído identificações aos hospitais (H) e clínicas participantes (C), como H1, H2, C1, C2 e assim por diante.

Os e-mails foram enviados e respondidos entre abril e julho de 2010.

Na etapa complementar da pesquisa, como forma de avaliar os efeitos nocivos dos efluentes gerados no sistema tradicional de revelação de filmes radiográficos foram realizadas análises físico-químicas e ecotoxicológicas de soluções reveladoras em descarte, gentilmente cedidas por um hospital público e uma clínica radiológica participantes da pesquisa. Os testes foram realizados no laboratório de Pesquisa em Meio Ambiente–da UNIVILLE com auxílio de uma acadêmica do curso de Engenharia Ambiental.

Para a caracterização dessas soluções, foram analisadas diferentes amostras, classificadas e identificadas como segue: recém preparada, mas virgem (A0); prontas para o descarte após 270 (A1); 190 (A2) e 70 (A3) revelações radiográficas. As amostras A1 e A2 provem de uma clínica radiológica e a amostra A3 provém de um hospital público.

Para todas as amostras, analisou-se:

- O potencial hidrogeniônico (pH) – as medidas foram realizadas por meio da leitura em pHmetro digital PG1800.

- A demanda química de oxigênio (DQO) – as análises foram desenvolvidas utilizando-se de Kits DQO (micro-método na faixa 0-1500 mg/L), e os resultados lidos em espectrofotômetro marca HACH modelo DR/4000 de acordo com o programa 2720 do próprio fabricante dos Kits e do aparelho. Lembrando que a DQO representa a medida do equivalente de oxigênio da porção de matéria orgânica na amostra que é suscetível à oxidação.

- A cor e turbidez foram determinadas em espectrofotômetro (DR/4000 HACK), seguindo os roteiros 1670 e 3720, previstos para cada uma dessas análises, respectivamente. Por serem soluções sensíveis à luz, ou seja, há decomposição de seus componentes fato demonstrado por alterações de cores, as amostras foram submetidas às análises em intervalos de 7 dias durante 50 dias e realizadas em duplicata. As amostras A1, A2 e A3, para determinação dos parâmetros turbidez e cor, foram filtradas, sob vácuo, utilizando papel filtro de 0.45 mm.

Os testes ecotoxicológicos foram realizados com as amostras, de acordo com o roteiro de testes de Toxicidade Aguda com *Daphnia similis*, prescrita pela Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental (CETESB, 2000), em um período de 48 horas quando foi observado o número de indivíduos imóveis sob cada diluição (sendo solução reveladora pura a nominada 100% e as diluídas nominadas entre 10% e 0,01%). A *Daphnia*, conhecida também como pulga d'água, é um microcrustáceo facilmente encontrado em lagos, represas e lagoas de águas continentais, mede entre 0,5 a 5,0 mm de comprimento, é um organismo filtrador, alimentando-se de algas, bactérias, protozoários e detritos orgânicos presentes na água sendo por isso utilizada para testar a qualidade da água, indicando valores de toxicidade e seus efeitos danosos (PENNAK, 1989; CETESB, 2000).

As análises químicas e os testes ecotoxicológicos foram realizados entre março e agosto de 2009.

4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 – ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS RESPONDIDOS

De acordo com o levantamento estatístico mais recente feito pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2005), o número de estabelecimentos de saúde com internação da cidade de Joinville é seis, sendo três do setor público e três do setor privado e o número de estabelecimentos com equipamentos de raios-X é 24 no total (considerando hospitais de ambos os setores e clínicas particulares).

Profissionais de quatro centros hospitalares do município (dois do setor público e dois do setor privado) colaboraram com a pesquisa e responderam aos questionários enviados por e-mail, de modo que isso representa participação voluntária de 66,6% dos hospitais. Pelas informações disponíveis, é difícil precisar o número exato de clínicas radiológicas particulares tendo apenas o número de equipamentos de raios-X, uma vez que os hospitais e clínicas podem conter mais de um tipo de equipamento. Por esta razão, o número de clínicas considerado para o estudo foi o encontrado por buscas na lista telefônica e na internet, ou seja, nove clínicas, das quais cinco, ou seja 55,5% responderam aos e-mails enviados.

Segue a identificação dos hospitais e clínicas que responderam ao questionário para melhor elaboração da análise:

- H1: hospital do setor público; utiliza Radiologia convencional
- H2: hospital do setor público; utiliza Radiologia convencional
- H3: hospital do setor privado; utiliza Radiologia digital desde 2009
- H4: hospital do setor privado; utiliza Radiologia digital desde 2009
- C1: clínica radiológica privada; utiliza Radiologia digital desde 2006
- C2: clínica radiológica privada; utiliza Radiologia digital desde 2007
- C3: clínica radiológica privada; utiliza Radiologia digital desde 2008
- C4: clínica radiológica privada; utiliza Radiologia digital desde 2010
- C5: clínica radiológica privada; utiliza Radiologia convencional

Os departamentos radiológicos dos hospitais H3 e H4, do setor privado, são à base de sistemas exclusivamente digitais desde o primeiro semestre de 2009 e ambos passaram previamente por períodos de transição em que ambos os métodos (convencional e computadorizado) funcionaram antes da conversão definitiva, de modo que o corpo clínico e os funcionários envolvidos no processo radiológico pudessem se adaptar às novas tecnologias.

Quatro clínicas particulares afirmaram trabalhar com sistemas digitais diretos entre 2006 e primeiro semestre de 2010, ou seja, recentemente. Períodos de transição não foram mencionados nas respostas fornecidas pelas clínicas.

A clínica C5 informou que, mesmo utilizando o método tradicional, aplica o processo de digitalização das radiografias convencionais, fornecendo imagens digitais mediante solicitação dos clínicos. Os exames radiográficos são digitalizados com máquina fotográfica digital – o mesmo método aplicado por Geraldeli *et al.* em 2002 – e as imagens são convertidas para tons de cinza nos computadores.

A inserção do sistema “filmless” a partir da segunda metade da década nas clínicas e hospitais do município mostrou-se em certa concordância com estudos encontrados na literatura brasileira, como os de Azevedo-Marques *et al.* (2001) e Geraldeli *et al.* (2002), que enfatizavam os métodos de digitalização indireta das radiografias entre 2001 e 2004, sendo os trabalhos sobre a Radiologia digital direta mais recentes, como o artigo de Felício e Rodrigues (2010).

O envio digital, a facilidade de acesso à imagem, com maior detalhamento, além do acesso concomitante da informação por um ou mais médicos foram citados como benefícios da Radiologia digital em 100% dos hospitais e clínicas que a utilizam, estando em acordo com White *et al.* (2004), que já haviam atribuído uma agilidade maior ao processo radiológico à radiologia digital e um diagnóstico mais preciso à possibilidade de visualização simultânea dos exames radiográficos através do acesso em rede.

De acordo com a clínica C1, a digitalização de seus setores radiológicos possibilitou a prestação de serviços para ortopedistas, permitindo a distribuição de imagens nos centros cirúrgicos.

A qualidade da imagem digital, ressaltada na literatura por Ganten *et al.* (2003) e Körner *et al.* (2007), também foi listada como uma das vantagens da Radiologia digital por 55,5% das respostas. De acordo com a clínica C4, os aparelhos radiográficos digitais fornecem imagens sem distorções e ampliações nos computadores, ou seja, em ótimas condições de diagnóstico.

A aquisição direta de imagens radiográficas, segundo a clínica C5, proporciona melhor aproveitamento do tempo de trabalho ao eliminar a necessidade de digitalizar indiretamente as radiografias por escaneamento ou máquina fotográfica, uma vez que alguns convênios de saúde médicos e odontológicos exigem comprovação radiográfica dos procedimentos executados para pagamento dos honorários aos clínicos. Esta ausência de procedimento adicional também contribui para reduzir custos tanto de equipamentos como de horas/funcionário.

A exposição dos pacientes à radiação foi citada em três dos questionários. Respostas do hospital H3 e da clínica C4 afirmaram que a dose de radiação é menor nos sistemas digitais, o que corrobora as informações descritas por Persliden *et al.* (2002). Entretanto, o participante do hospital H1 respondeu que não haveria diferença significativa na dosagem de radiação entre os dois métodos, concordando com Azevedo *et al.* (2005), que publicaram que o controle de qualidade dos aparelhos de raios-X e a execução correta das técnicas seriam suficientes para a manutenção de uma dose de radiação mais baixa mesmo nos métodos convencionais.

Essa questão mostrou-se tão controversa entre os voluntários dessa pesquisa quanto é na literatura. De qualquer maneira, a rara ou nula necessidade de se repetir radiografias, conforme as respostas do hospital H3 e das clínicas C2 e C4 sugerem uma menor exposição dos pacientes à radiação.

Outro benefício mencionado por um dos departamentos foi o arquivamento digital das radiografias e dados dos pacientes, resultando em um melhor aproveitamento do espaço físico dos hospitais. Srinivasan *et al.* (2006) já haviam citado essa característica vantajosa da Radiologia digital, uma vez que eliminaria a necessidade de locais para armazenamento dos filmes convencionais e o desperdício de tempo na procura de exames arquivados.

De modo geral, os benefícios da Radiologia digital mencionados nas respostas estão de acordo com os descritos por Felício e Rodrigues (2010)

quanto às questões técnicas, econômicas, aos cuidados prestados, à eficiência e qualidade da imagem. Além destes parâmetros, parte dos hospitais e clínicas entrevistados também destacaram os aspectos ambientais, como a dispensa do uso de soluções químicas para o processamento, que foi mencionada em 66,6% das respostas como uma das grandes vantagens das radiografias digitais, estando de acordo com Freitas *et al.* (2004).

O período de transição entre os métodos foi colocado como uma desvantagem da Radiologia digital em 22,2% dos questionários respondidos por ser dispendiosa, pelo alto custo da implantação, treinamento e manutenção dos dois sistemas, tanto pelos hospitais privados quanto pelos públicos, que ainda possuem Radiologia convencional. O estudo de Burbridge e Bell (2004) mencionou dificuldades semelhantes no processo de conversão dos sistemas.

Um dos hospitais do setor público (H1) relatou como desvantagem da aquisição digital dos exames de raios-X o fato de que a visualização das radiografias se faz melhor nas telas dos computadores do que em suas versões impressas, uma vez que os hospitais mantidos pelo Sistema Único de Saúde seriam pouco informatizados em vários de seus departamentos, o que demonstra que embora sejam profissionais conscientes, a dependência de verbas públicas continua sendo o entrave para a modernização e melhora do atendimento aos contribuintes.

O funcionamento em rede da Radiologia digital e o manuseio das imagens nos computadores foram descritos pelos setores radiológicos digitalizados como excelentes e satisfatórios, ao contrário do que foi descrito por Azevedo-Marques *et al.* em 2005, que pontuavam a necessidade de aperfeiçoamento das funções básicas do sistema, como a manipulação das imagens, ferramentas para execução dos laudos e disponibilização “online” dos exames para uma estruturação efetiva do ambiente sem filme no Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, SP. Vale ressaltar que cinco anos se passaram e os avanços tecnológicos na informática médica são contínuos.

O profissional da clínica radiológica C4 – com implantação mais recente do sistema digital (primeiro semestre de 2010) – afirmou não ter encontrado problemas com o manuseio das radiografias computadorizadas e o seu

funcionamento em rede, mesmo com pouco tempo de contato com o novo método.

Segundo a mensagem resposta da clínica C5, com Radiologia convencional, o escaneamento das radiografias permitia a obtenção de imagens digitais de qualidade, passíveis de melhorias em programas de edição e de envio eletrônico. Neste departamento, todo esse processo, inclusive a manipulação das imagens, é feito com programas de informática simples e gratuitos, estando de acordo com o estudo de Barra *et al.* (2010).

A digitalização, mesmo indireta, não é uma prática corriqueira nos hospitais com setores radiológicos não digitalizados. O profissional do hospital H1 relatou que, mesmo fazendo uso do método convencional, o processo radiológico atende às necessidades de trabalho e as radiografias são obtidas de maneira rápida e eficaz no setor de emergência devido à grande disponibilidade de técnicos e profissionais.

No que diz respeito à compensação financeira pela conversão entre os dois sistemas, houve uma concordância entre os participantes e as respostas foram afirmativas. Nos e-mails recebidos pelo hospital H3 e pela clínica C2, a questão foi respondida de maneira mais elaborada e foi relatado que essa compensação se daria em longo prazo, e que seria explicada pela eliminação de gastos na compra de filmes radiográficos, materiais de processamento, as raras repetições de exames e a economia de espaço físico.

Whaites (2003), Burbridge e Bell (2004) e Freitas *et al.* (2004) citaram em seus trabalhos a questão financeira como um dos principais obstáculos na migração do método convencional para o digital, enquanto Huang *et al.* (2003) já relatavam que a extinção da necessidade de comprar produtos químicos e filmes radiográficos seria compensatória financeiramente, equiparando-se com as respostas obtidas pelos setores radiológicos de Joinville. Adicionalmente, a eliminação da necessidade de tratar os efluentes radiográficos conforme as exigências da ANVISA e do CONAMA, pelo simples fato de torná-los inexistentes, pode ser inserida como item de contenção de despesas financeiras e de incentivo à implantação dessa nova tecnologia.

Entretanto, o não imediatismo desse benefício seria uma das razões pelas quais alguns hospitais e clínicas manteriam os métodos convencionais, já que a implantação do método digital seria onerosa, uma vez que os aparelhos

digitais de raios-X possuem custo elevado, além da necessidade de informatizar não apenas os departamentos de Radiologia, mas outros setores hospitalares para o funcionamento do PACS, gerando despesas adicionais. Dessa forma, um planejamento financeiro minucioso se faz essencial para investimentos em Radiologia digital.

Não foram mencionados valores monetários com relação à conversão de sistemas nos questionários respondidos. De acordo com Huang *et al.* (2003), os custos com a implantação de equipamentos radiográficos digitais e de informática para o seu funcionamento na UCLA poderiam chegar a 9 milhões de dólares, porém estimativas mostravam que dentro de 10 anos, a Radiologia digital geraria uma economia de cerca de 4 milhões de dólares, ou seja, 400.000 por ano no departamento radiológico pela eliminação de gastos com matéria-prima para manutenção do sistema radiológico tradicional.

Houve aceitação por parte da maioria dos clínicos em receber os exames em formato digital e “online” em virtude das vantagens já citadas. Muitos profissionais apreciam a possibilidade de visualização das imagens nos computadores, fazendo uso das ferramentas de ampliação e alterações de brilho, contraste e nitidez, enfatizadas na literatura por Shortliffe *et al.* (2001) e Whaites (2003). Alguns médicos e dentistas mais antigos ainda preferem os exames em formato físico ao invés de visualizá-los nos computadores, de modo que a impressão das radiografias é usual para compensar a ausência do filme radiográfico nesses casos.

Outro aspecto identificado durante o estudo e que possui papel relevante na aceitação das radiografias digitais pelos clínicos foi a certificação digital – descrita por Soares *et al.* (2004) como a assinatura digital feita pelo radiologista da imagem não adulterada, comprovando sua procedência, idoneidade gerando confiança nos exames.

A receptividade dos clínicos com os exames computadorizados e a maneira como foi descrita a relação entre os profissionais do processo radiológico com um ambiente de trabalho informatizado mostra um cenário um pouco diferente do que foi descrito por Dias em 2000, ao menos na área da Saúde. O autor pesquisou fatores de motivação e resistência à utilização de tecnologias de informação entre gerentes de empresas brasileiros e, na época, encontrou certa resistência pessoal principalmente ao uso dos computadores,

vistos como instrumentos difíceis de serem usados, tendo a percepção de sua funcionalidade diminuída. Vale ressaltar que, no presente estudo, a comunicação digital facilitou inclusive a execução da pesquisa sobre a Radiologia digital, uma vez que os profissionais consideraram melhor responder ao questionário por e-mail, ao invés de pessoalmente.

No que se refere à questão ambiental, ressaltada por autores como Freitas *et al.* (2004), houve um consenso em exaltar a eliminação de um problema ambiental em virtude da não geração de resíduos químicos com as soluções reveladoras e fixadoras. O que pôde ser observado durante o desenvolvimento desse trabalho, entretanto, foi o pouco aprofundamento nessa questão. A bibliografia é vasta em livros e artigos sobre a digitalização dos setores de radiodiagnóstico, com informações técnicas, enfatizando características, vantagens e desvantagens no que se refere ao processo radiológico e os avanços tecnológicos nessa área, porém há poucos trabalhos disponíveis ressaltando a questão ambiental, principalmente na literatura estrangeira.

Os hospitais com radiologia tradicional não mencionaram previsões de implantação dos sistemas digitais, tampouco o destino dos efluentes radiográficos ao passo que a clínica C5 afirmou a intenção de digitalizar seu departamento dentro dos próximos cinco anos.

Observou-se que a presença da Radiologia digital em estabelecimentos com radiodiagnóstico no município de Joinville proporciona, além dos benefícios ambientais pela eliminação de resíduos, um serviço de qualidade para os radiologistas, técnicos, clínicos, pacientes, mostrando uma realidade diferente das apresentadas por Burbridge e Bell em 2004 no Canadá e por Azevedo-Marques *et al.* em 2005 no Brasil. Essa constatação se faz importante uma vez que, por meio dela, nos certificamos de que a nova tecnologia apresenta-se suficientemente confiável a ponto de ser implantada.

Ao contrário do que foi mostrado em anos anteriores, hoje em dia o número de vantagens supera o de obstáculos na Radiologia digital, que passou de um conceito utópico para uma realidade presente em grande parte dos setores de radiodiagnóstico e o estudo minucioso de suas características, riscos e benefícios se fez necessário para que a transição sugerida esteja

pautada em dados concretos acerca de sua qualidade, ao invés de suposições e expectativas.

4.2 – ANÁLISE DA CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DAS SOLUÇÕES REVELADORAS GERADAS PELO MÉTODO CONVENCIONAL

Enquanto os profissionais envolvidos nos setores imaginográficos eram contatados buscou-se monitorar o comportamento de soluções reveladoras antes e depois do uso e também caracterizar o efeito ecotoxicológico que podem representar.

A primeira característica da degradação sofrida pelas soluções de revelador foi a mudança intensa de coloração e pôde ser observada a olho nu, conforme mostra a Figura 14. A amostra virgem (A0) apresentava-se transparente no início, ao passo que as outras, em descarte, mostravam-se escurecidas, sendo essa transformação um indicativo de oxidação pelo ar com o passar do tempo, e também de foto-oxidação, uma vez que mesmo a solução sem uso também escureceu com o passar do tempo. Isso ocorreu principalmente em virtude da oxidação da hidroquinona na presença de luz, transformando-se em quinona, que é um líquido de cor amarelada.



Figura 14: Solução reveladora virgem, A0 e em descarte: efeito da oxidação e foto-oxidação.

Fonte: O autor, 2009.

O Gráfico 1 apresenta os valores de pH registrado ao longo do tempo de estudo para as quatro amostras de líquido revelador.

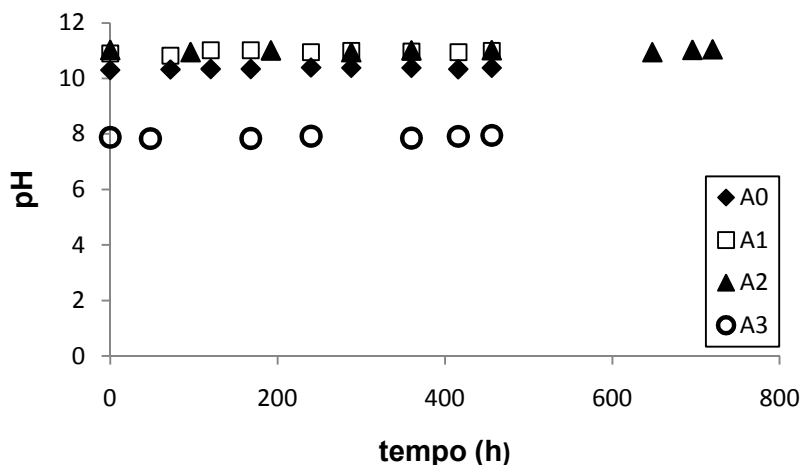


Gráfico 1: Valores de pH medidos ao longo de 2 meses para todas as amostras.

Verificou-se, para cada amostra, que as medidas ao longo do tempo mantiveram-se no mesmo patamar. Das amostras analisadas apenas a amostra A3 manteve o pH abaixo de 10, em torno de 8. Já os valores de pH das amostras A0, A1 e A2 foram semelhantes, variando de 10,3 a 11,0, o que está de acordo com valores obtidos por Bortoletto *et al.* (2005). O número de revelações realizadas não interferiu neste parâmetro para as amostras provenientes das clínicas. O valor distinto de pH registrado para essa amostra pode estar relacionado com o reduzido número de revelações ou em virtude da fonte ser distinta das demais. Não é possível fazer uma relação direta entre número de revelações e valor de pH apresentado.

Esses resultados mostram que, segundo a resolução n° 357/05 do CONAMA, apenas a amostra A3 teria condições de ser descartada como efluente, já que os valores registrados para essa amostra mantêm-se entre 6 e 9. Isto é importante porque valores muito altos de pH podem afetar a vida aquática do ambiente ao qual o efluente for lançado, podendo provocar, entre outras consequências, a morte da fauna e da flora local.

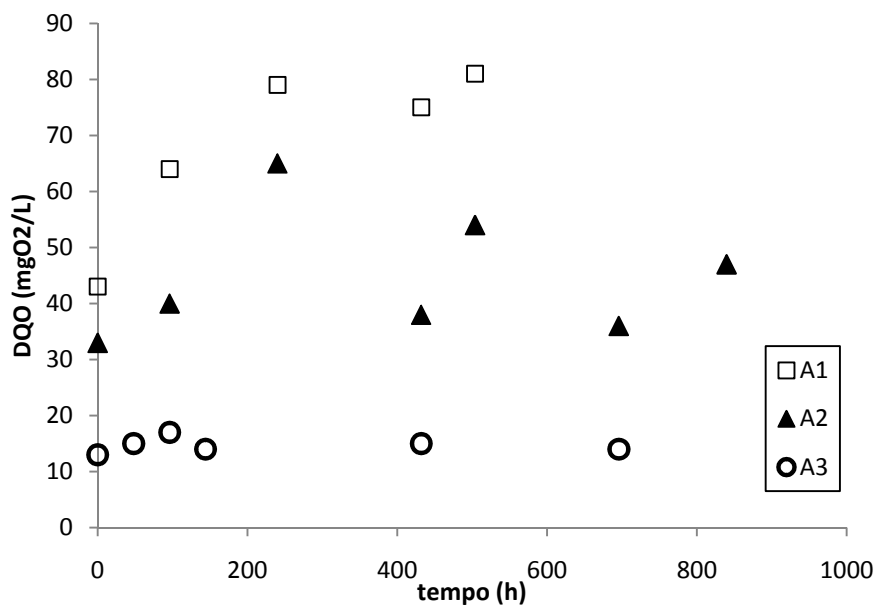


Gráfico 2: Valores de DQO das amostras A1, A2 e A3

A DQO é uma medida do equivalente de oxigênio da porção de matéria orgânica na amostra que é suscetível à oxidação por um oxidante forte e é um parâmetro indispensável nos estudos de caracterização de esgotos sanitários e de efluentes industriais.

Os valores de DQO (Gráfico 2) registrados para as amostras apresentaram comportamento distinto ao longo do tempo. A amostra A1 aumentou de 42 para 80 mgO₂L⁻¹ em 504 h. Para a amostra A2 a DQO variou entre 30 e 60 e por fim, a amostra A3 apresentou valores de DQO entre 12 e 16. Quanto à legislação, não há valores limitantes definidos de DQO. Verifica-se também que os valores decresceram em função do número de radiografias, ou seja, na seguinte ordem das amostras A1 > A2 > A3 o que corresponde ao mesmo sentido do número de exames radiográficos revelados, sugerindo um efeito do número de revelações sobre este parâmetro de qualidade da solução.

A turbidez é a medida da dificuldade de um feixe de luz para atravessar uma determinada quantidade de água, em virtude de materiais suspensos os quais conferem uma aparência turva à ela. A cor dos líquidos interfere na medida da turbidez devido às suas propriedades de absorverem a luz. Além da redução da penetração da luz solar, a cor e a turbidez podem prejudicar a fotossíntese das algas e plantas aquáticas submersas e os sedimentos em

suspensão podem carrear nutrientes e pesticidas, interferindo inclusive na habilidade dos peixes em se alimentar e se defender dos seus predadores. As partículas em suspensão localizadas próximo à superfície podem absorver calor adicional da luz solar, aumentando a temperatura da camada superficial da água.

Os Gráficos 3 e 4 mostram os dados registrados para os parâmetros turbidez e cor.

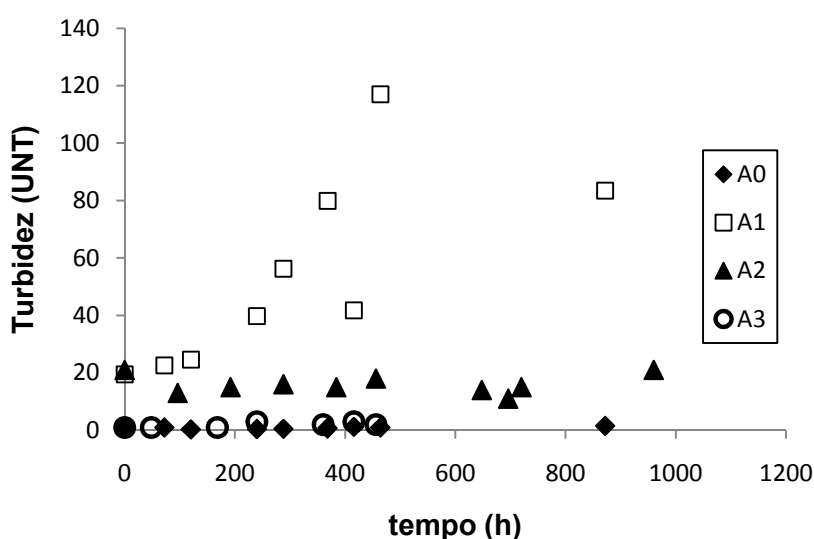


Gráfico 3: Valores de turbidez das amostras A0, A1, A2 e A3

O perfil do comportamento dos dados de turbidez indicou que o efeito do tempo de estocagem/uso influenciou discretamente a turbidez das soluções reveladoras, exceto para aquela que já realizou mais de 250 revelações (amostra A1), para a qual o tempo de estocagem pareceu favorecer a formação de material suspenso. O efeito do número de revelações sobre a turbidez dessa solução pode ser explicado, pois à medida que as revelações ocorrem, parte do material sol-gel do filme passa para o meio da solução o que favorece a formação de partículas suspensas.

A partir desses dados e analisando-os frente ao que preconiza a Resolução CONAMA 357/05 as amostras A0, A2 e A3 poderiam ser destinadas a descarte em águas de classe 2, ou seja, com valores de turbidez de até 100 UNT, destinadas à abastecimento após tratamento convencional, à proteção de comunidades aquáticas e à recreação de contato primário e a amostra A1

como classe 3, ou seja, destinadas a abastecimento após tratamento avançado, à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras, à pesca amadora, à recreação de contato secundário e à dessedentação de animais.

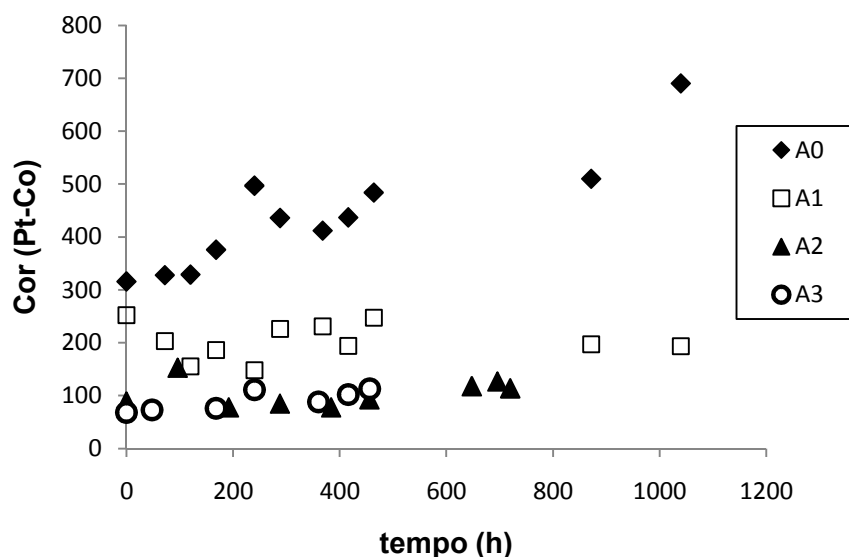


Gráfico 4: Valores de cor das amostras A0, A1, A2 e A3.

No caso da cor, observou-se que a amostra da solução virgem, A0 foi a única que apresentou valores crescentes e superiores a 400 Pt-Co, valor esse semelhante ao registrado por Bortoletto *et al.* (2005). Para as demais amostras os valores registrados foram inferiores a 250 Pt-Co. Embora os valores médios registrados para a amostra A1 sejam superiores aos obtidos para as amostras A2 e A3 não é possível afirmar que houve um efeito do número de revelações sobre a cor da solução, principalmente quando se comparam essas duas últimas amostras. Pela Resolução, para esse parâmetro, as amostras seriam enquadradas como água classe 3.

A tabulação dos resultados dos testes ecotoxicológicos, Tabela 1, mostraram por meio da diluição da amostra e exposição dos organismos vivos a essas diluições quantos se tornam imóveis após 48 horas de exposição, ou seja, prevê-se que quanto maior a diluição menor o índice de imobilidade. Esse efeito imobilizante é relacionado com a toxicidade apresentada pela solução na qual o organismo é exposto. Verifica-se, neste caso, que a amostra controle, água pura, apresentou índice de imobilidade praticamente nulo. De um modo

geral as amostras A1 e A2 imobilizaram 100% dos indivíduos quando esses foram expostos à solução reveladora pura (100%) e sob duas diluições (10% e 1%). A amostra A3 apresentou-se tóxica somente quando usada pura. Para as amostras analisadas neste estudo verificou-se que nenhuma amostra poderia ser descartada sem diluir no mínimo 10 vezes.

Amostra	Taxa de diluição (%)	Número de organismos imóveis do total de cinco			
Controle		1	0	0	0
A1	0,01%	3	3	1	1
	0,1%	4	2	5	3
	1,0%	5	5	5	5
	10,0%	5	5	5	5
	100%	5	5	5	5
A2	0,01%	3	5	5	4
	0,1%	0	2	2	3
	1,0%	5	5	5	5
	10,0%	5	5	5	5
	100%	5	5	5	5
A3	0,01%	3	2	3	3
	0,1%	3	1	3	2
	1,0%	0	0	2	2
	10,0%	1	0	0	0
	100%	5	5	5	5

Tabela 1: Dados registrados no teste toxicológico com *Daphnia similis* para amostra controle e de soluções concentradas (100%) e diluídas de cada solução reveladora A1, A2 e A3. Valores em negrito representam 100% de indivíduos imóveis.

De maneira geral, os resultados das análises mostraram que as soluções de revelador em descarte encontram-se fora das especificações propostas pelas legislações ambientais.

Em 1986, já havia uma resolução do CONAMA (resolução nº. 20) dispondo sobre as condições de lançamento direto ou indireto de efluentes de quaisquer fontes poluidoras, porém apenas a partir da publicação das

resoluções nº. 306 da ANVISA e nº. 357 e 358 do CONAMA em dezembro de 2004, março de 2005 e abril de 2005, respectivamente, uma maior atenção foi conferida ao problema ambiental gerado pelos efluentes radiográficos, o que ampliou o número de estudos sobre as soluções de processamento.

Ribeiro *et al.* (2005) estudaram a recuperação da prata através da cementação (deslocamento metálico), utilizando sucata de ferro e de cobre como promotores do deslocamento da prata em soluções diluídas de fixador. Fernandes *et al.* (2006) propuseram a reciclagem dos líquidos de fixador através da separação eletrolítica da prata, de modo que suas propriedades de processamento fossem mantidas e as soluções pudessem ser reutilizadas, prolongando sua vida útil. Bortoletto *et al.* (2007) apresentaram bons resultados de remoção da prata dos fixadores através da precipitação química com peróxido de hidrogênio.

Alternativas para as soluções reveladoras – cuja capacidade de acumular prata em seus rejeitos é bem inferior à das soluções fixadoras – não foram mencionadas em nenhum desses trabalhos. A pouca disponibilidade de estudos sobre as soluções reveladoras estimulou a caracterização físico-química desse efluente na presente dissertação.

O manuseio de soluções químicas requer conhecimento por parte dos técnicos. Os riscos de danos à saúde desses profissionais são minimizados com o uso de equipamentos de proteção individual fornecidos pelas instituições e o respeito a normas e especificações dos produtos utilizados no processamento radiográfico. Porém, a Radiologia digital não se limita a minimizar riscos. O processamento químico é substituído pela criação de um ambiente de trabalho informatizado, o que elimina possibilidades de irritações cutâneas, respiratórias e outros malefícios causados pela hidroquinona, glutaraldeído, amônia, prata e outros componentes das soluções processadoras, não mais necessárias para a obtenção dos exames radiográficos.

5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma das dificuldades encontradas na fase inicial da pesquisa foi a aquisição dos dados devido à resistência dos participantes a entrevistas frente a frente com o pesquisador. A partir do momento em que os contatos pessoais foram substituídos por trocas de mensagens, houve, nitidamente, melhor aceitação ao estudo por parte dos centros hospitalares e clínicas radiológicas e um maior número de participações.

Essa transição metodológica permitiu chegar à primeira consideração final: não foram apenas os sistemas radiográficos que migraram para os computadores. A comunicação entre as pessoas também encontrou nos computadores e na internet eficazes mediadores.

Outro ponto trabalhoso da pesquisa foi conseguir as amostras de soluções reveladoras em descarte. Embora alguns hospitais tenham concordado em ceder parte desses efluentes para as análises físico-químicas com autorizações por escrito em 2008, no ano seguinte alguns centros já haviam migrado para a Radiologia digital, não dispondo mais de soluções para ceder ao pesquisador.

A análise dos questionários e os testes de caracterização físico-química e ecotoxicidade das soluções reveladoras permitiram avaliar a inserção da Radiologia digital em departamentos de imagem de clínicas e centros hospitalares do município de Joinville, traçando um panorama sobre o seu uso e sua importância na área da Saúde e na área ambiental. Sendo assim, os objetivos da pesquisa foram atingidos.

A Radiologia digital está presente desde 2006 nos departamentos imaginológicos de Joinville e vem sendo implantada gradativamente desde então. Como a implantação desse sistema é um evento recente no Brasil e não foram encontrados, durante a execução da pesquisa, levantamentos específicos de órgãos como o IBGE sobre o número de hospitais e clínicas que dispõe de equipamentos radiográficos digitais, não foi possível utilizar os dados obtidos, por meio dos questionários respondidos, de forma comparativa com outras regiões do Estado e do país.

Os benefícios do ponto de vista tecnológico são as grandes vantagens desse novo sistema. A aquisição, o armazenamento e a disponibilização das imagens em formato digital conferiram agilidade ao processo radiológico, facilitando o trabalho dos radiologistas, técnicos e o atendimento aos pacientes.

A interpretação das imagens radiográficas foi bastante favorecida pelos métodos digitais. As imagens foram descritas como nítidas e os diagnósticos, precisos. Não há reclamações ou indícios que contraindiquem um diagnóstico obtido por meio dos exames radiográficos computadorizados. Pelo contrário, a alta qualidade das imagens e o bom desempenho dos sistemas de informática criados especificamente para uso clínico foram enfatizados pela literatura e pelos participantes da pesquisa. O acesso simultâneo aos exames por um maior número de profissionais, inclusive de departamentos diferentes, permite uma discussão mais ampla sobre os achados anatômicos e patológicos dos exames, contribuindo para a eficácia dos laudos radiográficos.

O custo da implantação é a principal desvantagem, embora haja compensação financeira à longo prazo. Há um bom funcionamento em rede do método digital e aceitação das radiografias digitais por parte do corpo clínico. A eliminação dos efluentes radiográficos influencia positivamente na questão ambiental.

Embora uma abordagem específica sobre a saúde dos profissionais da Radiologia não tenha sido efetuada nos questionários ou mencionada diretamente nas respostas sobre as vantagens da Radiologia digital, a leitura de artigos e livros durante a Revisão de Literatura e as análises físico-químicas das soluções reveladoras em descarte permitiram a detecção de um importante benefício da implantação desse novo sistema nas clínicas radiológicas e nos hospitais: manter os trabalhadores da parte técnica isentos do contato com substâncias químicas tóxicas e prejudiciais à saúde como as soluções reveladoras e fixadoras.

De acordo com os resultados apresentados, as amostras coletadas das soluções reveladoras apresentaram características físico-químicas conflitantes com as preconizadas pelas resoluções CONAMA N° 375/05 e 358/05.

Os efluentes oriundos das soluções reveladoras usadas em Radiologia mostraram-se tóxicos sobre o organismo usado, verificando-se a necessidade de diluí-los em no mínimo 10 vezes antes do descarte.

Partindo do princípio de que o número de hospitais em Joinville é seis, que funcionários do processo radiológico de quatro estabelecimentos colaboraram com a dissertação e dois desses quatro possuem Radiologia digital implantada atualmente, e assumindo no pior cenário que os outros dois hospitais mantenham o sistema de Radiologia tradicional, verificamos que o número de hospitais geradores de efluentes radiográficos diminuiu de 100% para 66,6% nos últimos anos.

Sabe-se que o tratamento de efluentes, exigido pelas legislações ambientais, requer processos trabalhosos e exige grandes investimentos. A eliminação da necessidade de tratar as soluções radiográficas do processamento convencional em descarte torna-se além de uma alternativa ambientalmente adequada, uma contribuição do ponto de vista financeiro tanto para os hospitais públicos quanto às instituições particulares.

Um dos resultados da pesquisa está expresso no Apêndice 3 – o artigo científico “A Radiologia Digital em Departamentos Radiológicos de Joinville, SC” – enviado para publicação à Revista Radiologia Brasileira. Quanto às contribuições dessa pesquisa, vislumbra-se que, a partir dos resultados alcançados, o poder público seja estimulado a aderir à nova realidade dos sistemas radiológicos e a Radiologia digital seja implantada nos centros onde ainda não está presente, tendo em vista as contribuições tecnológicas, sociais (como a melhoria no atendimento aos pacientes), ambientais (eliminação de resíduos poluentes) e do ponto de vista da saúde não só da população, mas dos profissionais da saúde dos departamentos de Radiologia.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Resolução RDC 306, de 07/dezembro/2004.

ÂNGELO, Michele Fúlvia; SCHIABEL, Homero. Uma Ferramenta para Treinamento na Avaliação de Imagens Mamográficas Via Internet. **Radiologia Brasileira**, São Paulo, v. 35, n. 5, p. 259-265, 2002.

AZEVEDO, Ana Cecília Pedrosa de; MOHAMADAIN, Kouter Elhaj Mohamed; OSIBOTE, Otolorin Adelaja; CUNHA, Arnaldo Levy Lassance; PIRES FILHO, Antonio. Estudo comparativo das técnicas radiográficas e doses entre o Brasil e a Austrália. **Radiologia Brasileira**, São Paulo, v. 38, n. 5, p. 343-346, 2005.

AZEVEDO-MARQUES, Paulo Mazzoncini. Diagnóstico Auxiliado por Computador na Radiologia. **Radiologia Brasileira**, São Paulo, v. 34, n. 5, p. 285-293, 2001.

AZEVEDO-MARQUES, Paulo Mazzoncini; TRAD, Clóvis Simão; ELIAS JUNIOR, Jorge; SANTOS, Antonio Carlos. Implantação de um Mini-PACS (Sistema de Arquivamento e Distribuição de Imagens) em Hospital Universitário. **Radiologia Brasileira**, São Paulo, v. 34, n. 5, p. 221-224, 2001.

AZEVEDO-MARQUES, Paulo Mazzoncini; CARITÁ, Edilson Carlos; BENEDICTO, Alexander Antonio; SANCHES, Pablo Rodrigues. Interação RICS/PACS no Hospital das Clínicas de Ribeirão Preto: uma solução baseada em "web". **Radiologia Brasileira**, São Paulo, v. 38, n. 1, p. 37-43, 2005.

BARRA, Filipe Ramos; BARRA, Renato Ramos; BARRA SOBRINHO, Alaor. Visualizadores de imagens médicas gratuitos: é possível trabalhar apenas com eles? **Radiologia Brasileira**, São Paulo, v. 43, n. 5, p. 313-318, 2010.

BAUAB, Selma de Pace. Mamografia Digital: Um Caminho Sem Volta. **Radiologia Brasileira**, São Paulo, v. 38, n. 3, p. 3-4, 2005.

BENATO, Vanira Silva. **Produtos Químicos Descartados no Mar de Florianópolis e Pesquisa de Metais Pesados em Tecido Muscular de Tainhota e Parati (Gênero *Mugil*)**. Dissertação (Pós-Graduação em Ciências dos Alimentos), Universidade Federal de Santa Catarina, 1999, 98 p.

BORTOLETTO, Edmundo Cesar; TAVARES, Célia Regina Granhen; BARROS, Maria Angélica S. D.; CARLI, C. M. Caracterização da geração e da qualidade do efluente líquido gerado no laboratório de raios-X da Clínica Odontológica do Hospital Universitário de Maringá (HUM). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA EM INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 6, Campinas, 2005.

BORTOLETTO, Edmilson Cesar; IGARASHI-MAFRA, Luciana; SORBO, Amanda Cristina Alfredo Contrucci; GALIANI, Naiara Aguiar; BARROS, Maria Angélica S. D.; TAVARES, Célia Regina Granhen. Remoção da Prata em Efluentes Radiográficos. **Acta Scientiarum Technology**, v. 29, n. 1, p. 37-41, 2007.

BURBRIDGE, Brent; BELL, Cliff. The digital readiness of imaging facilities in Saskatchewan. **Canadian Association of Radiologists Journal**, v. 55, n. 5, p. 311-314, 2004.

BYRNS, G. E.; CIACCO PALATIANOS, K. H.; SHANDS, L. A.; FENELLEY, K. P.; MCCAMMON, C. S.; BOUDREAU, A. Y.; BREYSSE, P. N.; MITCHELL, C. S. Chemical Hazards In Radiology. **Applied Occupational and Environmental Hygiene**, v. 15, n. 2, p. 203-208, 2000.

CHOTAS, Harrel G.; DOBBINS, James T.; RAVIN, Carl E. Principles of Digital Radiography With Large-Area, Electronically Readable Detectors: A Review of The Basics. **Radiology**, v. 210, n. 3, p. 595-599, 1999.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. Relatório de qualidade do ar no estado de São Paulo 1999. São Paulo: CETESB, 2000.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução n.º. 20 de 18 de junho de 1986.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução n.º. 357 de 17 de março de 2005.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução n.º. 358 de 29 de abril de 2005.

DIAS, Donaldo de Souza. Motivação e Resistência ao Uso da Tecnologia de Informação: Um Estudo entre Gerentes. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 4, n. 2, p. 51-66, 2000.

FELÍCIO, Célia Maria Ferreira; RODRIGUES, Vitor Manuel Costa Pereira. A adaptação do técnico de Radiologia às novas tecnologias. **Radiologia Brasileira**, São Paulo, v. 43, n. 1, p. 23-28, 2010.

FERNANDES, André; COSTA, Paulo Henrique Pereira; ANDRADE, Ricardo Teixeira; CAVALCANTE JR., Ubirajara de Holanda; ARAÚJO, Valdiery Silva. Análise do teor de prata e distribuição da geração dos efluentes radiográficos das zonas Leste e Sul de Natal – RN. In: CONGRESSO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA REDE NORTE NORDESTE DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA, I, Natal, 2006.

FERNANDES, Geraldo Sérgio; AZEVEDO, Ana Cecília Pedrosa; CARVALHO, Antônio Carlos Pires; PINTO, Maria Lúcia Couto. Análise e gerenciamento de efluentes de serviços de radiologia. **Radiologia Brasileira**, São Paulo, v. 38, n. 5, p. 355-358, 2005.

FRANCESCHI, Wagner Borges. **Procedimentos e Práticas para Digitalização de Imagens Médicas**. Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial – CPGEI), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2006, 144 p.

FREITAS, Aguinaldo de; ROSA, José Edu; SOUZA, Icléo Faria. **Radiologia Odontológica**. 6. ed. São Paulo: Editora Artes Médicas, 2004.

FREITAS, Andréa Gonçalves de; KEMP, Claudio; LOUVEIRA, Maria Helena; FUJIWARA, Sandra Maria; CAMPOS, Leandro Ferracini. Mamografia Digital: Perspectiva Atual e Aplicações Futuras. **Radiologia Brasileira**, São Paulo, v. 39, n. 4, p. 287-296, 2006.

FUJIFILM Corporation. Fuji Computed Radiography. **Prima Series**. Japan, 2009. Disponível em: <http://www.fujifilm.com/products/medical/brochures>

GANTEN, Marika; RADELEFF, Boris; KAMPSCHULTE, Annette; DANIELS, Mark D.; KAUFFMANN, Günter W.; HANSMANN, Jochen. Comparing Image Quality of Flat-Panel Chest Radiography With Storage Phosphor Radiography and Film-Screen Radiography. **American Journal of Roentgenology**, v. 181, p. 171-176, 2003.

GARMER, Marietta; HENNIGS, Svenja P.; JÄGER, Horst J.; SCHRICK, Felicitas; VAN DE LOO; Thomas; JACOBS, Andreas; HANUSCH, Axel; CHRISTMANN, Andreas; MATHIAS, Klaus. Digital Radiography Versus Conventional Radiography in Chest Imaging: Diagnostic Performance of a Large-Area Silicon Flat-Panel Detector in a Clinical CT-Controlled Study. **American Journal of Roentgenology**, v. 174, p. 75-80, 2000.

GERALDELI, Flávio E.; CARVALHO, Antonio Carlos P.; KOCH, Hilton A.; AZEVEDO, Ana Cecília P. Produção de Material Institucional para o Ensino de Radiologia por meio da digitalização de imagens. **Radiologia Brasileira**, São Paulo, v. 35, n. 1, p. 27-30, 2002.

GIPP, I. N.; VASILVEY, A. Y.; GRIGORYEVA, I. A.; SIROTKIN, P. N. Experience of organizing full digital information environment in radiology departments of Russia. **International Congress Series**, v. 1281, p. 877-882, 2005.

GOLDENBERG, Mirian. **A arte de pesquisar: como fazer pesquisa qualitativa em Ciências Sociais**, 9 ed. São Paulo: Record, 2005.

GONCALVES, Mônica Lopes; BALDIN, Nelma; ZANOTELLI, Cladir Terezinha; CARELLI, Mariluce Neis; FRANCO, Selma Cristina. **Fazendo pesquisa: do projeto à comunicação científica**, 2 ed. Joinville, SC: UNIVILLE, 2008.

HAKAYAMA, Y.; KUROYANAGI, K.; CHEN, S. K.; FARMAN, A. G.; WELANDER, U. An electronic survey of opinions of current X-ray generators with intra-oral digital X-ray systems. **Dentomaxillofac Radiol**, v. 28, n. 6, p. 344-347, 1999.

HUANG, H. K.; BARBARIC, Zoran; MANKOVICH, Nicholas J.; MOLER, Charles. Digital Radiology at the University of California, Los Angeles: A Feasibility Study. **Journal of Digital Imaging**, v. 16, n. 1, p. 70-76. 2003.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Informações Estatísticas: Serviços de Saúde em Joinville – Santa Catarina 2005. Disponível em: <http://www.ibge.com.br/cidadesat/topwindow.htm?1>

KAKOOEI, Hossein; Ardakani, Mehdi B.; SADIGHI, Alireza. Determinants of Exposure to Chemical Pollutants in Wet X-Ray Film Processing in Iran. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v. 14, n. 10, p. 2341-2347, 2007.

KÖRNER, Markus; WEBER, Christof H.; WIRTH, Stefan; PFEIFFER, Klaus-Jünger; REISER, Maximilian F.; TREITL, Marcus. Advances in Digital Radiography: Physical Principles and System Overview. **RadioGraphics**, v. 27, n. 3, p. 675-684, 2007.

MANHÃES, Flávia. **Avaliação de dois Métodos de Digitalização de Radiografias Cefalométricas**. Dissertação (Pós-Graduação em Odontologia na Área de Concentração Radiologia), CPO São Leopoldo Mandic, 2004, 80 p.

MARGULIS, Alexander R.; SUNSHINE, Jonathan H. Radiology at the Turn of The Millenium. **Radiology**, v. 214, p. 15-23, 2000.

MINAYO, M. C. **O desafio do conhecimento**: pesquisa qualitativa em saúde, 4 ed. Rio de Janeiro: Hucitec-Abrasco, 1996.

PANELLA, Jurandy. **Fundamentos de Odontologia**: Radiologia Odontológica e Imaginologia, 1 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.

PANEPENTO, Peter. X-Ray Vision. **Computerworld**, v. 34, n. 43, p. 65, 2000.

PENNAK, Robert W. **Fresh-water Invertebrates of the United States**. Protozoa to Mollusca. 3 ed. New York: Jonh Wiley & Sons, 1989.

PERSLIDEN, Jan; BECKMAN, K. W.; GEIJER, H.; ANDERSSON, T. Dose-image optimization in digital radiology with a direct digital detector: an example applied to pelvic examinations. **European Radiology**, v. 12, p. 1584-1588, 2002.

PIRES, Silvio Ricardo; MEDEIROS, Regina Bitelli; ELIAS, Simone. QuallM: software para treinamento na interpretação de imagens médicas digitais. **Radiologia Brasileira**, São Paulo, v. 41, n. 6., p. 391-395, 2008.

RIBEIRO, Vanessa Monteiro; SANTOS, Ronaldo Luis; SOBRAL, Luis Gonzaga dos Santos. Avaliação Preliminar da Recuperação da Prata de Fixadores Fotográficos por Cementação. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA – CETEM, XIII, 2005.

RODGERS, Lee F. PACS: Radiology in the Digital World. **American Journal of Roentgenology**, v. 177, p. 499, 2001.

SHORTLIFFE, Edward H.; PERREAULT, Leslie E.; WIEDERHOLD, Gio; FAGAN, Lawrence M. **Medical Informatics**: Computer Applications in Health Care and Biomedicine. 2 ed. New York: Spring-Verlag New York, Inc., 2001.

SOARES, Milton Gonçalves; TAKESHITA, Wilton Mitsunari; MORAES, Luis Cesar; MEDICI FILHO, Edmundo; CASTILHO, Julio Cezar de Melo. Verdades e mentiras sobre a legalidade da radiografia digital na Odontologia. **Revista Brasileira de Ortopedia**, v. 61, n. 1, p. 22-24, 2004.

SONODA, Minoru; TAKANO, Masao; MIYAHARA, Junji; HATO, Hisatoyo. Computed Radiography Utilizing Scanning Laser Stimulated Luminescence. **Radiology**, 148, p. 833-838, 1983.

SRINIVASAN, Malathi; LIEDERMAN, Eric; BALUYOT, Noralyn; JACOBY, Robert. Saving Time, Improving Satisfaction: The Impact of a Digital Radiology System on Physician Workflow and System Efficiency. **Journal of Healthcare Information Management**, v. 20, n. 2, p. 123-125, 2006.

STALIKAS, C. D.; LUNAR, L.; RUBIO, S., PEREZ-BENDITO, D. Degradation of medical x-ray film developing wastewaters by advanced oxidation processes. **Water Res.**, v. 35, n. 16, p. 3845-3856, 2001.

WATANABE, Plauto Christopher Aranha; TANAKA, Elisa Emi; FENYO PEREIRA, Marlene; PANELLA, Jurandy. Estado atual da arte da imagem digital em Odontologia. **Revista da Associação Paulista de Cirurgias Dentistas**, v. 53, n. 4, p. 320 – 325, 1999.

WHAITES, Eric. **Princípios de Radiologia Odontológica**. 3 ed. Porto Alegre: ARTMED, 2003.

WHITE, Faber A.; ZWEMER, Frank L.; BEACH, Christopher; WESTESSON, Per-Lennart; FAIRBANKS, Rollin J.; SCIALDONE, Gary. Emergency Department Digital Radiology: Moving From Photos To Pixels. **Academic Emergency Medicine**, v. 11, n. 11, p. 1213-1222, 2004.

WILSON, Anthony J. Filmless Musculoskeletal Radiology: Why Is It Taking So Long? **American Journal of Roentgenology**, v. 165, p. 105-107, 1995.

ANEXO 1**AUTORIZAÇÃO (HOSPITAL A)**

Autorizo o mestrando Sandro Rafael Soares Stacheski, brasileiro, portador do RG 8.366.513 - 0, CPF 039.879.879 – 60, a efetuar a pesquisa “A inserção da radiografia digital no ambiente hospitalar e o seu impacto sobre a redução do volume de efluentes radiográficos” junto ao HOSPITAL A, no município de Joinville, SC, com a finalidade de subsidiar o programa de Mestrado em Saúde e Meio Ambiente da Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE) podendo para tanto, realizar a coleta de dados que se fizerem necessárias para a realização da referida pesquisa, observando sempre os dispositivos legais que regulamentam a instituição.

Sem mais,

Data: 08/09/2008

ANEXO 2**AUTORIZAÇÃO (COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA DO HOSPITAL B)**

Autorizamos o mestrando Sandro Rafael Soares Stacheski, brasileiro, portador do RG 8.366.513 - 0, CPF 039.879.879 – 60, a efetuar a pesquisa “A inserção da radiografia digital no ambiente hospitalar e o seu impacto sobre a redução do volume de efluentes radiográficos” junto ao Hospital B, no município de Joinville, SC, com a finalidade de subsidiar o programa de Mestrado em Saúde e Meio Ambiente da Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE) podendo para tanto, realizar a coleta de dados que se fizerem necessárias para a realização da referida pesquisa, observando sempre os dispositivos legais que regulamentam a instituição.

Sem mais,

Data: 09/09/2008

APÊNDICE 1

E-mail enviado às clínicas radiológicas e aos hospitais:

Sou mestrando em Saúde e Meio Ambiente pela Universidade da Região de Joinville em uma pesquisa orientada pela Prof^a. Doutora Denise Abatti Kasper Silva que aborda a utilização das radiografias digitais em departamentos radiológicos da cidade de Joinville com o objetivo de traçar o panorama da Radiologia Digital no município. Peço que alguém envolvido no processo radiológico da instituição responda as seguintes perguntas, enviando-me de volta as respostas:

- 1) Já trabalha com Radiologia digital? Em caso afirmativo, desde quando?
- 2) Quais as vantagens e desvantagens das radiografias digitais?
- 3) As radiografias digitais funcionam de maneira eficaz em rede?
- 4) A conversão dos sistemas tradicionais para os digitais compensa financeiramente?
- 5) Os profissionais em geral aceitam com facilidade receber os exames em formato digital ou preferem os filmes convencionais?
- 6) Acredita que a radiologia digital tem impacto ambiental?

Atenciosamente.

Sandro Rafael Soares Stacheski

APÊNDICE 2

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Esclarecimentos sobre a Pesquisa:

O projeto de pesquisa “A inserção da radiografia digital no ambiente hospitalar e o seu impacto sobre a redução do volume de efluentes radiográficos” terá, dentre suas etapas, entrevistas junto a profissionais dos setores de radiodiagnóstico dos hospitais de Joinville. Este estágio de aplicação da pesquisa não tem patrocínio e é bancado pelo próprio pesquisador. O projeto tem como objetivo geral avaliar a inserção da radiologia digital em hospitais da cidade de Joinville e como alternativa na redução de efluentes radiográficos gerados por conta da substituição do método convencional de obtenção de radiografias pelo sistema digital.

.A pesquisa está orientada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Univille e, para tanto, garante-se, ao participante, voluntário, maiores esclarecimentos durante a aplicação da mesma caso venha a sentir necessidade. Garante-se, ainda, ao participante, a liberdade de recusar-se de participar ou de retirar o seu consentimento no andamento da pesquisa, bem como o direito à privacidade pessoal e dos dados fornecidos.

Sandro Rafael Soares Stacheski - Pesquisador

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Estou ciente do acima exposto e concordo em participar da pesquisa. Para tanto, aqui expresso meu **consentimento espontâneo, livre e**

esclarecido possibilitando ao pesquisador a realização do estudo. Concordo, ainda, com a divulgação dos dados após realizada a pesquisa.

Participante da pesquisa

Joinville, ___/___/_____

Atenção: A sua participação é voluntária. Em caso de dúvidas sobre a Pesquisa ou os seus procedimentos metodológicos, escreva para o **Comitê de Ética em Pesquisa da UNIVILLE.**

Endereço: Campus Universitário – Bom Retiro – 89 201-972 - Joinville/SC.

APÊNDICE 3

A Radiologia Digital em Departamentos Radiológicos de Joinville, SC.

Sandro Rafael Soares Stacheski¹, Denise Abatti Kasper Silva²

- Trabalho realizado no programa de Mestrado em Saúde e Meio Ambiente da Universidade da Região de Joinville (Univille)
- ¹ Aluno do programa de Mestrado em Saúde e Meio Ambiente da Univille
- ² Professora Orientadora do programa de Mestrado em Saúde e Meio Ambiente da Univille

Resumo

OBJETIVO: Traçar o panorama da Radiologia digital no município de Joinville, SC. **MATERIAIS E MÉTODOS:** Envio de e-mails aos centros radiológicos da cidade com perguntas objetivas sobre Radiologia digital e sua implantação, vantagens, desvantagens e funcionamento. **RESULTADOS:** O sistema “filmless” está presente desde 2006 em clínicas particulares e ganhou força no ambiente hospitalar em 2009. O armazenamento digital, a melhor qualidade da imagem e a dispensa de produtos químicos para processar as radiografias foram ressaltados como os grandes benefícios. A transição entre os métodos é uma desvantagem, embora haja compensação financeira à longo prazo. **CONCLUSÃO:** A implantação da Radiologia digital passou de uma possibilidade para uma realidade nos departamentos imaginológicos de Joinville, SC, nos últimos anos.

Unitermos: Radiologia Digital, Processamento Radiográfico, Filmless.

Abstract

Digital Radiology in imaging departments of Joinville, SC.

OBJECTIVE: To describe the view of Digital Radiology in the city of Joinville, SC. **MATERIALS AND METHODS:** Sending emails to imaging departments of the city with objective questions about Digital Radiology and its implementation, advantages, disadvantages and operation. **RESULTS:** The filmless system is present in private clinics since 2006 and has become more active in the hospital scene in 2009. Digital storage, better image quality and discharge of chemicals to process the radiographs were highlighted as major benefits. The transition between methods is a disadvantage, although the long-term compensation. **CONCLUSION:** The implementation of Digital Radiology is no longer a possibility but a reality in imaging departments of Joinville, SC, in recent years.

Key words: Digital Radiology, X-ray Processing, Filmless.

Introdução

O ingresso dos profissionais de diagnóstico por imagem ao “mundo digital” ocorreu na década de 70 com o surgimento da Tomografia Computadorizada. Anos depois, surgiu interesse por parte dos radiologistas na digitalização das radiografias convencionais ⁽¹⁾.

Barreiras relacionadas à resolução das imagens nas telas dos computadores e às limitações dos sistemas operacionais dificultavam a aceitação e difusão do método sem filme ou “filmless” entre os radiologistas em meados da década de 90. Com o passar dos anos e com os avanços tecnológicos e na área da informática, porém, a Radiologia digital se tornou uma realidade no cotidiano dos hospitais. No ano de 2000, havia cerca de 100 hospitais com sistemas de Radiologia digital direta implantados pelo mundo todo ^(2, 3).

No Brasil, sua implantação é recente. Em 2005, a estruturação de um ambiente sem filme junto ao serviço de radiodiagnóstico do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto era um processo em andamento, com melhorias a serem feitas, como a diminuição do tempo de espera para a visualização das imagens nas estações de rede, para que sua execução fosse efetiva ⁽⁴⁾.

A dispensa do uso de filmes radiográficos e do processamento químico foi destacada como uma das vantagens da Radiologia digital, e resolveria um problema de poluição ambiental pelo descarte dos efluentes diretamente na rede de esgotos ⁽⁵⁾, pois embora haja alternativas economicamente viáveis para destinar o efluente da solução fixadora ⁽⁶⁾ não há a mesma prática com o efluente da solução reveladora.

Em virtude desses aspectos e considerando que processos tecnológicos quando adequados são bem aceitos na área da saúde, o objetivo deste estudo foi analisar a presença da Radiologia digital em hospitais e clínicas da cidade de Joinville, suas características, seu funcionamento nos departamentos radiológicos, a eficácia de sua implantação.

Materiais e Métodos

Para a coleta de informações, recorreu-se a uma metodologia semelhante à utilizada por Burbridge & Bell em 2004 ⁽⁷⁾, ou seja, foram enviados questionários por e-mail a instituições de diagnóstico por imagem da cidade de Joinville, entre abril e julho de 2010, com as seguintes perguntas:

- 1) Já trabalham com Radiologia digital? Em caso afirmativo, desde quando?
- 2) Quais as vantagens e desvantagens das radiografias digitais?
- 3) As radiografias digitais funcionam de maneira eficaz em rede?
- 4) A conversão dos sistemas tradicionais para os digitais compensa financeiramente?
- 5) Os profissionais em geral aceitam com facilidade receber os exames em formato digital ou preferem os filmes convencionais?
- 6) Acreditam que a Radiologia digital tem impacto ambiental?

Nas mensagens enviadas constavam informações sobre o pesquisador e a pesquisa e foi anexado o termo de consentimento livre e esclarecido assegurando a voluntariedade e o direito à privacidade pessoal e dos dados fornecidos pelos participantes.

Para facilitar e organizar a análise das respostas foi atribuído identificações aos hospitais (H) e clínicas participantes (C), como H1, H2, C1, C2 e assim por diante.

Resultados

Profissionais de quatro centros hospitalares do município (dois do setor público e dois do setor privado) e de cinco clínicas radiológicas particulares colaboraram com a pesquisa e responderam aos e-mails.

Os departamentos radiológicos dos hospitais do setor privado são à base de sistemas exclusivamente digitais desde o primeiro semestre de 2009 e ambos passaram previamente por períodos de transição em que ambos os métodos (convencional e computadorizado) funcionaram antes da conversão definitiva, de modo que o corpo clínico e os funcionários envolvidos no processo radiológico pudessem se adaptar às novas tecnologias.

Quatro clínicas particulares passaram a trabalhar com sistemas digitais diretos entre 2006 e primeiro semestre de 2010. Uma das clínicas utiliza o sistema tradicional de processamento radiográfico.

Outro benefício mencionado por um dos departamentos foi o arquivamento digital das radiografias e dados dos pacientes, resultando em um melhor aproveitamento do espaço físico dos hospitais.

O funcionamento em rede da Radiologia digital e o manuseio das imagens nos computadores foram descritos pelos hospitais joinvillenses como excelentes e satisfatórios.

O período de transição entre os métodos foi colocado como uma desvantagem da Radiologia digital em 22,2% dos questionários respondidos por ser dispendiosa, pelo alto custo da implantação, treinamento e manutenção dos dois sistemas, tanto pelos hospitais privados quanto pelos públicos, que ainda possuem Radiologia convencional. Porém, uma compensação financeira à longo prazo foi mencionada, o que pode ser explicado pela eliminação de gastos na compra de filmes radiográficos, materiais de processamento, a rara necessidade de repetições de exames e a economia de espaço físico.

Houve aceitação por parte da maioria dos clínicos em receber os exames em formato digital e “online” em virtude das vantagens já citadas. Muitos profissionais apreciam a possibilidade de visualização das imagens nos computadores.

No que se refere à questão ambiental, ressaltada por vários autores na literatura, houve um consenso em exaltar a eliminação de um problema ambiental em virtude da não geração de resíduos químicos com as soluções reveladoras e fixadoras. Os hospitais com Radiologia tradicional não mencionaram previsões de implantação dos sistemas digitais, tampouco o destino dos efluentes radiográficos.

Discussão

De acordo com dados estatísticos, as respostas obtidas na pesquisa representam participação voluntária de 66,6% dos hospitais e cerca de 55,5% das clínicas particulares do município. A inserção do sistema “filmless” –

presente em 66,6% dos departamentos entrevistados – a partir da segunda metade da década nas clínicas e hospitais do município mostrou-se em certa concordância com estudos encontrados na literatura brasileira ^(9, 10), que enfatizavam os métodos de digitalização indireta das radiografias entre 2001 e 2004, sendo os trabalhos sobre a Radiologia digital direta mais recentes ⁽¹¹⁾.

Os benefícios do ponto de vista tecnológico são as grandes vantagens desse novo sistema, estando de acordo com artigos atuais ⁽¹¹⁾. A aquisição, o armazenamento e a disponibilização das imagens em formato digital conferiram agilidade ao processo radiológico, facilitando o trabalho dos radiologistas, técnicos e o atendimento aos pacientes.

O envio digital, a facilidade de acesso à imagem, com melhor qualidade e detalhamento, além do acesso concomitante da informação por um ou mais médicos foram citados como benefícios da Radiologia digital, estando em acordo com a literatura ⁽⁸⁾. Em um dos questionários respondidos foi citada a questão da redução de dose de exposição à radiação.

A rara ou nula necessidade de se repetir radiografias, conforme respostas de três departamentos sugere uma menor exposição dos pacientes à radiação.

A presença de detectores digitais diretos nos aparelhos de raios-X permite o uso de doses menores de radiação durante as técnicas radiográficas ⁽¹²⁾, assim como programas de controle e garantia de qualidade em serviços de radiodiagnóstico. Com o emprego de técnicas adequadas e ajustes relacionados à miliamperagem e aos tempos de exposição dos aparelhos, é possível a execução de exames radiográficos através do método convencional com doses de radiação tão baixas quanto pelo sistema digital ⁽¹³⁾.

A interpretação das imagens radiográficas foi bastante favorecida pelos métodos digitais. As imagens foram descritas como nítidas e os diagnósticos, precisos. Não há reclamações ou indícios que contraindiquem um diagnóstico obtido por meio dos exames radiográficos computadorizados. Pelo contrário, a alta qualidade das imagens e o bom desempenho dos sistemas de informática criados especificamente para uso clínico foram enfatizados pela literatura e pelos participantes da pesquisa. O acesso simultâneo aos exames por mais profissionais, inclusive de departamentos diferentes, permite uma maior

discussão sobre os achados anatômicos e patológicos dos exames, contribuindo para a eficácia dos laudos radiográficos.

Conclusão

A Radiologia digital está presente desde 2006 nos departamentos imaginológicos de Joinville e vem sendo inserida gradativamente desde então. Como a implantação desse sistema é um evento recente no Brasil e não foram encontrados, durante a execução da pesquisa, levantamentos específicos de órgãos como o IBGE sobre o número de hospitais e clínicas que dispõe de equipamentos radiográficos digitais, não foi possível utilizar os dados obtidos, por meio dos questionários respondidos, de forma comparativa com outras regiões do Estado e do país.

Ao contrário do que foi mostrado em anos anteriores, hoje em dia o número de vantagens supera o de obstáculos na Radiologia digital, de modo a torna-la realidade em grande parte dos setores de radiodiagnóstico e o estudo minucioso de suas características, riscos e benefícios se fez necessário para que a transição sugerida esteja pautada em dados concretos acerca de sua qualidade, ao invés de suposições e expectativas.

REFERÊNCIAS

1. RODGERS, Lee F. PACS: Radiology in the Digital World. **American Journal of Roentgenology**, v. 177, p. 499, 2001.
2. WILSON, Anthony J. Filmless Musculoskeletal Radiology: Why Is It Taking So Long? **American Journal of Roentgenology**, v. 165, p. 105-107, 1995.
3. PANEPENTO, Peter. X-Ray Vision. **Computerworld**, v. 34, n. 43, p. 65, 2000.
4. AZEVEDO-MARQUES, Paulo Mazzoncini; CARITÁ, Edilson Carlos; BENEDICTO, Alexander Antonio; SANCHES, Pablo Rodrigues. Interação RICS/PACS no Hospital das Clínicas de Ribeirão Preto: uma solução baseada em “web”. **Radiologia Brasileira**, São Paulo, v. 38, n. 1, p. 37-43, 2005.

5. FREITAS, Aguinaldo de; ROSA, José Edu; SOUZA, Icléo Faria. **Radiologia Odontológica**. 6. ed. São Paulo: Editora Artes Médicas, 2004.
6. FERNANDES, Geraldo Sérgio; AZEVEDO, Ana Cecília Pedrosa; CARVALHO, Antônio Carlos Pires; PINTO, Maria Lúcia Couto. Análise e gerenciamento de efluentes de serviços de radiologia. **Radiologia Brasileira**, São Paulo, v. 38, n. 5, p. 355-358, 2005.
7. BURBRIDGE, Brent; BELL, Cliff. The digital readiness of imaging facilities in Saskatchewan. **Canadian Association of Radiologists Journal**, v. 55, n. 5, p. 311-314, 2004.
8. WHITE, Faber A.; ZWEMER, Frank L.; BEACH, Christopher; WESTESSON, Per-Lennart; FAIRBANKS, Rollin J.; SCIALDONE, Gary. Emergency Department Digital Radiology: Moving From Photos To Pixels. **Academic Emergency Medicine**, v. 11, n. 11, p. 1213-1222, 2004.
9. AZEVEDO-MARQUES, Paulo Mazzoncini; TRAD, Clóvis Simão; ELIAS JUNIOR, Jorge; SANTOS, Antonio Carlos. Implantação de um Mini-PACS (Sistema de Arquivamento e Distribuição de Imagens) em Hospital Universitário. **Radiologia Brasileira**, São Paulo, v. 34, n. 5, p. 221-224, 2001.
10. GERALDELI, Flávio E.; CARVALHO, Antonio Carlos P.; KOCH, Hilton A.; AZEVEDO, Ana Cecília P. Produção de Material Institucional para o Ensino de Radiologia por meio da digitalização de imagens. **Radiologia Brasileira**, São Paulo, v. 35, n. 1, p. 27-30, 2002.
11. FELÍCIO, Célia Maria Ferreira; RODRIGUES, Vitor Manuel Costa Pereira. A adaptação do técnico de Radiologia às novas tecnologias. **Radiologia Brasileira**, São Paulo, v. 43, n. 1, p. 23-28, 2010.
12. PERSLIDEN, Jan; BECKMAN, K. W.; GEIJER, H.; ANDERSSON, T. Dose-image optimization in digital radiology with a direct digital detector: an example applied to pelvic examinations. **European Radiology**, v. 12, p. 1584-1588, 2002.
13. AZEVEDO, Ana Cecília Pedrosa de; MOHAMADAIN, Kouther Elhaj Mohamed; OSIBOTE, Otolorin Adelaja; CUNHA, Arnaldo Levy Lassance; PIRES FILHO, Antonio. Estudo comparativo das técnicas radiográficas e doses entre o Brasil e a Austrália. **Radiologia Brasileira**, São Paulo, v. 38, n. 5, p. 343-346, 2005.