

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM RADIOLOGIA**

JOICE MONALIZA VERNINI

**EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL À RADIAÇÃO IONIZANTE: REQUISITOS
BÁSICOS DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA E LEGISLAÇÕES VIGENTES**

Botucatu-SP

Junho – 2015

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM RADIOLOGIA

JOICE MONALIZA VERNINI

**EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL À RADIAÇÃO IONIZANTE: REQUISITOS
BÁSICOS DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA E LEGISLAÇÕES VIGENTES**

Orientador: Prof. Ms. Leandro Bolognesi

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à FATEC- Faculdade de
Tecnologia de Botucatu, para obtenção do
título de Tecnólogo no Curso Superior de
Radiologia.

Botucatu-SP

Junho - 2015

DEDICATÓRIA

À Deus, por amparar-me nos momentos difíceis, dar-me força interior para superar as dificuldades, mostrar os caminhos nas horas incertas e suprir-me em todas as minhas necessidades.

*A toda minha grande família, em especial aos meus Pais, **Amarildo e Cirlene**, a minha irmã **Maria Luiza** e ao meu namorado **Anderson** pelo apoio incondicional e exemplo de força e dignidade. Vocês me transmitiram os valores mais importantes: a bondade, o perdão, a honestidade, a persistência, a consideração e principalmente, a paciência. Mostraram que até os dias mais difíceis são superados com carinho, trabalho, luta constante! Obrigada por me ensinarem a aproveitar todas as oportunidades que a vida oferece, a ouvir e a valorizar o próximo.*

AGRADECIMENTOS

*A todos os professores do curso de Radiologia, que fizeram parte diretamente desta minha trajetória acadêmica e pelos ensinamentos, em especial ao meu orientador **Leandro** por acreditar no meu trabalho, pela paciência e pelos ensinamentos.*

*A todos os meus colegas da 10ª turma do curso de Radiologia, em especial à **Regielly, Poliana, Daia, Stefany e Cleiton** pela amizade e companheirismo que desenvolvemos ao longo dessa jornada. Obrigada pelo carinho e pelos bons momentos que passamos juntos.*

*Ao pessoal da VAN, pelo bom convívio e animação de todos os dias. Às colegas **Evaniele, Karla e Michele** por todos os conselhos, e aos motoristas **Paulão, Júlio, Paulo e Gustavo-Cuié**, que sempre nos conduziram em segurança para a faculdade e nossas casas.*

*A todos os profissionais da Unesp, pela ajuda e contribuição para o meu conhecimento, em especial à **Marley, Cleiton, Bruno, Webber e Keuller**.*

*Às minhas filhas de quatro patas, **Princesa, Ravena e Chanty**, por toda alegria.
"Animais são anjos disfarçados, mandados a terra por Deus para mostrar ao homem o que é fidelidade".*

E enfim, a todos aqueles não citados, mas que de alguma forma, tornaram possível a realização deste trabalho. Muito obrigada, sem a ajuda de todos, nada seria possível!!!

“Sabemos como é a vida: num dia dá tudo certo e no outro as coisas já não são tão perfeitas assim. Altos e baixos fazem parte da construção do nosso caráter. Afinal, cada momento, cada situação, que enfrentamos em nossas trajetórias é um desafio, uma oportunidade única de aprender, de se tornar uma pessoa melhor. Só depende de nós, das nossas escolhas...”

Albert Einstein

RESUMO

O ambiente hospitalar é tipicamente insalubre e expõe seus profissionais a diversos riscos ocupacionais próprios do trabalho, principalmente os que envolvem o uso de radiações ionizantes. Esse tipo de radiação é insalubre para a saúde, pois possui a capacidade de causar alterações físico-químicas intracelulares no organismo e desencadear efeitos adversos, como câncer, riscos genéticos e risco ao feto. Desde a descoberta das radiações ionizantes e o conhecimento dos seus efeitos nocivos à saúde do ser humano, muito se tem dedicado para o desenvolvimento de equipamentos, técnicas e procedimentos para controlar os níveis de radiação e reduzir a exposição desnecessária à radiação para pacientes e trabalhadores. Com isso, o objetivo desse trabalho foi abordar, através de uma revisão de literatura, os requisitos básicos de proteção radiológica e as legislações que regulamentam a atividade profissional dos indivíduos ocupacionalmente expostos à radiação ionizante na área da saúde. Os resultados da pesquisa mostraram que é de extrema importância que medidas de proteção radiológicas sejam adotadas, pois estas visam a proteger a saúde do ser humano contra possíveis efeitos indesejados causados pela radiação ionizante. Para garantir a saúde dos trabalhadores, existem algumas medidas de proteção radiológica e legislações com esse propósito. Assim, é importante que todos os profissionais dessa área estejam informados sobre a referida legislação, bem como reivindiquem adequadas condições de trabalho, exercendo seu papel enquanto trabalhadores e cidadãos, que cumprem com seus deveres e reafirmam seus direitos, principalmente aquele de trabalhar com segurança.

Palavras chave: Exposição ocupacional. Gestação. Legislação. Proteção radiológica

LISTA DE FIGURA

Figura 1 Equipamentos de proteção.....	20
Figura 2 Avisos de sinalização.....	22

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 Efeitos determinísticos esperados em função da exposição.....	17
Quadro 2 Limites dose anuais.....	24

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
1.1 Objetivo.....	12
1.2 Justificativa.....	12
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1 A descoberta do raio X e o trabalho com radiação ionizante.....	13
2.2 Radiação.....	14
2.2.1 Atividade.....	15
2.2.2 Exposição.....	15
2.2.3 Dose absorvida.....	16
2.2.4 Dose efetiva.....	16
2.3 Efeitos biológicos da radiação ionizante.....	17
2.4 Efeitos da radiação ionizante na gestação.....	18
2.5 Fatores de radioproteção.....	18
2.6 Proteção de profissionais nos setores de radiodiagnóstico.....	19
2.6.1 Classificação do ambiente.....	19
2.6.2 Monitorização individual.....	20
2.6.3 Equipamentos de proteção individual.....	21
2.7 Legislações.....	22
2.7.1 Diretrizes básicas de proteção radiológica - CNEN NN 3.01.....	22
2.7.2 Portaria n° 453, de 1 de junho de 1998, do Ministério da Saúde.....	25
2.7.3 Norma regulamentadora 32 - NR 32.....	26
2.7.4 Atribuições do técnico e tecnólogo.....	27
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	29
4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	30

1. INTRODUÇÃO

Antigamente, entre os profissionais da área de saúde, pouco se discutia sobre os riscos pertinentes ao profissional em relação às possibilidades de adoecer em decorrência de suas atividades laborais (BEJGEL; WANIR, 2001). Porém, essa situação começou a mudar somente a partir da década de 80, quando os profissionais de saúde, começaram a discutir sobre os riscos ocupacionais relacionados com suas atividades profissionais (BEJGEL; BARROSO, 2001).

Nesse contexto, o ambiente hospitalar é sugestível para encontrar diversos tipos de riscos capazes de provocarem o aparecimento de enfermidades ocupacionais (FERNANDES; CARVALHO; AZEVEDO, 2005). Desse modo, a área em que o profissional está envolvido deve ser levado em consideração, pois cada ambiente apresenta uma característica específica (CHRISTOFOLETTI; PINTO; VIEIRA, 2008).

Entre as diferentes áreas médicas, podemos citar os setores radiodiagnósticos, que exercem suas atividades utilizando radiações ionizantes, que apesar de possuírem benefícios imensos no diagnóstico e tratamento de algumas patologias ao ser humano, esses certamente excedem os riscos que lhe possam estar associados (FERNANDES; CARVALHO; AZEVEDO, 2005; AMIS, 2007).

O efeito da radiação ionizante no tecido, influencia na ação dos átomos e moléculas, promovendo sua divisão em íons, ou seja, átomos ou grupos de átomos com sinais elétricos contrários, o que indica que os tecidos podem sofrer alterações em sua estrutura química (SANTOS, 2008).

No organismo humano essa ação acontece prioritariamente sobre os cromossomos com rupturas, perda ou com recombinações anormais, e seus efeitos

manifestam-se durante a divisão celular, causando assim a processo anormal ou a morte celular (SANTOS, 2008).

Assim, a exposição à radiação pode causar sérios perigos à equipe médica tais como câncer, catarata, riscos genéticos e riscos ao feto durante a gravidez (DOUGLAS et al., 1998). Sendo este último diretamente relacionado com o nível de exposição e estágio de desenvolvimento fetal (STREFFER *et al.*, 2003; WILLIAMS; FLETCHER, 2010), e os efeitos adversos decorrente da exposição incluem óbito intrauterino, malformações, efeitos mutagênicos, distúrbios do crescimento e desenvolvimento (BRENT, 2000).

Desta forma, é de extrema importância que os trabalhadores ocupacionalmente expostos sigam as normas de proteção radiológica afim de minimizar o surgimento de efeitos deletérios das radiações, pois as normas, além de fornecer condições seguras para as práticas que envolvem o uso das radiações também contribuem para as condições básicas de segurança que devem ser observadas no exercício profissional (SILVA et al., 2013).

1.1 Objetivo

Abordar os requisitos básicos de proteção radiológica e as legislações que regulamentam a atividade profissional dos indivíduos ocupacionalmente expostos à radiação ionizante na área da saúde.

1.2 Justificativa

A proteção radiológica é um conjunto de medidas que visa proteger o ser humano contra possíveis efeitos indesejáveis causados pela radiação ionizante. Desse modo, desde a descoberta das radiações ionizantes e o reconhecimento dos seus efeitos nocivos à saúde do ser humano, muito se tem trabalhado, dedicado e feito para o desenvolvimento de equipamentos, técnica e procedimentos para controlar os níveis de radiação e reduzir a exposição desnecessária à radiação para público e trabalhadores.

Assim, é de extrema importância ao profissional conhecer e adotar as medidas de proteção, pois o conhecimento e a prática visam proteger o ser humano contra possíveis efeitos indesejáveis causados pela radiação ionizante.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A Descoberta do raio X e o trabalho com radiação ionizante

Historicamente as atividades com radiação ionizante se iniciaram em 8 de novembro de 1895, através do pesquisador alemão Wilhelm Conrad Roentgen que em 1901, recebeu o primeiro prêmio Nobel de Física pela descoberta dos raios X, técnica esta, que permitia obter imagens do interior do corpo (BUSHONG, 2010a).

A descoberta dos raios X contribuiu para evolução das práticas de medicina, por meio da qual, atualmente, podemos notar que grande parte dos diagnósticos realizados atualmente ocorrem por meio da interpretação de imagens radiográficas (MELO, 2013).

Ainda que houvesse grande desconhecimento naquela época sobre os efeitos colaterais advindos dessa descoberta, essa se disseminou rapidamente pelo mundo (SOARES; LOPES, 2006).

Desse modo, a ausência de proteção na época da descoberta dos raios X contribuíram para o aparecimento de efeitos prejudiciais à saúde do ser humano, desenvolvidas pelo uso da radiação ionizante (SOARES; LOPES, 2006).

Os primeiros relatos dos efeitos adversos ao uso da radiação geraram muita polêmica, seus efeitos se relacionavam à queda de cabelo e queimaduras, porém os efeitos adversos da radiação só convenceram os médicos de que os raios X eram fatais após se correlacionarem com mortes causadas por radiodermites (FLÔR, 2010).

Em virtude dos fatos ocorridos, notou-se a necessidade de mudança, em especial no contexto da proteção radiológica (FLÔR, 2010), pois até mesmo baixas doses de radiação, segundo dados na literatura, contribuem para a incidência de efeitos nocivos

ao organismo, incluindo o feto no início da gravidez. Desse modo, a proteção se faz necessária tanto para pacientes quanto para os profissionais ocupacionalmente expostos (BUSHONG, 2010a; SOARES; LOPES, 2006).

2.2 Radiação

A radiação faz parte do nosso meio ambiente e encontra-se livremente na natureza desde a criação do planeta (RATNAPALAN; BENTUR; KOREN, 2008).

Inicialmente, era proveniente somente de fontes naturais, como radiação cósmica e material radioativo proveniente do corpo, rochas, solo e ar (MOREIRA, 2011), e após algum tempo, por fontes artificiais proveniente de equipamentos radiológicos (UNSCEAR, 2010).

Desse modo, a radiação consiste no transporte de energia através do espaço, que pode se dar na forma de ondas eletromagnéticas (calor, luz visível, raio ultravioleta, raios X, raios gama) ou partículas (raio alfa, raios beta, nêutrons, prótons, elétrons) (MOURÃO; OLIVEIRA, 2009; JARDIM, 2012). Dependendo da quantidade de energia, uma radiação pode ser descrita como não ionizante ou ionizante (BIRAL, 2002).

As radiações não ionizantes possuem relativamente baixa energia, nessa categoria estão: a luz visível, raio ultravioleta, micro-ondas, ultrassom e rádio frequência (RATNAPALAN; BENTUR; KOREN, 2008; WILLIAMS; FLETCHER, 2010).

Já, a radiação ionizante corresponde ao transporte de energia realizado na forma de ondas eletromagnéticas ou de partículas subatômicas que possuem a capacidade de produzir ionização da matéria, gerando energia, ou seja, são aquelas radiações que, ao atravessar a matéria, interagem com os átomos, ionizando-os (BETTENCOURT, 1998; FLÔR, KIRCHHOF, 2006). Esse tipo, incluem as partículas beta, alfa, raios gama e os raios X (WILLIAMS; FLETCHER, 2010).

Porém, apesar de possuir capacidade de atravessar a matéria e interagir com os átomos, ionizando-os, seus efeitos dependerão da quantidade e da qualidade da radiação incidente e da natureza do material com o qual está interagindo (BETTENCOURT, 2009; FLÔR, KIRCHHOF, 2006).

Desse modo, é de extrema importância o profissional conhecer quais são os efeitos provocados pela radiação ionizante sobre os diferentes tecidos, assim também

como perceber que esses efeitos estão relacionados com a quantidade de radiação que o tecido está exposto (DA CRUZ, 2013).

Assim, para compreender os efeitos relacionados à exposição à radiação ionizante devem-se definir as grandezas físicas utilizadas para quantificá-las, entre elas (BITELLI,2006): Atividade (A), Exposição (X), Dose Absorvida (D), Dose Equivalente (H), Dose Efetiva (E).

2.2.1 Atividade (A)

Corresponde a atividade de um material radioativo, expressa pelo quociente entre o número médio de transformações nucleares espontâneas e o intervalo de tempo decorrido. Uma das unidades inicialmente utilizadas para descrever essa grandeza inicialmente foi o Curie (Ci), porém, no ano de 1975 a International Commission on Radiological Protection (ICRU) recomendou o uso do Becquerel (Bq) como unidade de atividade no SI (Sistema Internacional de Unidades) (JARDIM,2012).

Assim:

$$1\text{Ci} = 3,7 \times 10^{10}\text{Bq}$$

2.2.2 Exposição (X)

Definida como a soma da carga por unidade de massa de ar, mede a capacidade dos raios X e gama de produzir ionização no ar. Tradicionalmente, a unidade de exposição é o Roentgen (R) (UNIVERSITY OF CALIFORNIA,2000; JARDIM, 2012).

2.2.3 Dose absorvida (D)

Expressa a energia absorvida em um determinado ponto. Mostra a relação entre a energia absorvida e a massa do volume de material atingido pela radiação (MOURÃO; OLIVEIRA, 2009). Desse modo, a dose absorvida de radiação é a energia depositada por quilograma de tecido expressa em “rad” (*radiation absorbed dose* - dose de radiação absorvida) (D’IPPOLITO; MEDEIROS, 2005).

Logo:

$$D = dE/dm$$

D: Dose absorvida

dE: Energia média

dm: Unidade de massa

2.2.4 Dose equivalente (H)

Unidade representada pelo Sievert (Sv) no SI, caracterizada por mostrar a capacidade de uma determinada radiação ionizante em provocar efeitos biológicos.

Para determinar dose equivalente é necessário multiplicar a dose absorvida por um fator de ponderação ou qualidade específico estabelecido pela ICRP (BRANCO,2013).

Logo:

$$H = D \cdot Q$$

H: Dose equivalente

D: Dose absorvida

Q: Fator qualidade

2.2.5 Dose efetiva (E)

Definida como a soma das doses equivalentes ponderadas nos diversos órgãos e tecidos, caracterizando a probabilidade de ocorrência de efeitos estocásticos em um indivíduo irradiado. Também representado no SI pelo Sievert (Sv) (CABRAL,2015).

Logo:

$$E = \sum W_T \cdot H_T$$

E:Dose efetiva

H_T: Dose equivalente média do tecido/órgão

W_T: Fator de peso do tecido/órgão

Assim, como existem várias causas para a exposição de um indivíduo ou grupo, é usual classificar as exposições à radiação em três tipos (TILLY JUNIOR, 2010a; CHRISTOVAM, 2013):

- Exposição Médica: Exposição a que são submetidos pacientes, acompanhantes e voluntários em programas de pesquisa científica.

- Exposição do Público: Exposição de membros da população a fontes de radiação ionizante.
- Exposição Ocupacional: Exposição de um indivíduo em decorrência de seu trabalho em práticas autorizadas.

2.3 Efeitos biológicos da radiação ionizante

Após o descobrimento das radiações ionizantes, muitos foram os avanços tecnológicos no processo de otimização do uso dos raios X e dos efeitos adversos causado à saúde do homem (NAVARRO et al., 2008).

Os efeitos causados à saúde do ser humano decorrentes do uso das radiações ionizantes dependem de vários fatores, como a dose recebida pelo paciente, da radiosensibilidade do tecido a ser irradiado, sendo que os mais sensíveis são os tecidos hematopoiéticos, gônadas, medula óssea, baço e trato gastrointestinal e a idade do indivíduo (LEITE,1996; NAVARRO et al., 2008).

Uma das principais preocupações, sobre a exposição à radiação, é o possível risco que esta pode causar ao organismo humano. Esse risco é temido, pois a radiação quando em contato com a célula do organismo é capaz de ionizar os átomos que a compõem. Desse modo um átomo ionizado será quimicamente diferente de um átomo eletricamente neutro, isto pode causar problemas dentro da célula viva (KUROIVA,2000).

Além disso, a radiação pode acometer as células por mecanismos direto e indireto. O mecanismo direto é caracterizado pela interação da radiação com os átomos da cadeia da molécula de DNA (WILLIAMS; FLETCHER, 2010; USNR, 2011). Essa relação pode comprometer a capacidade das células de se reproduzir e, portanto, de sobreviver. Logo, a morte celular pode ocorrer quando a radiação ionizante for capaz de provocar alteração importante sobre a informação cromossômica (USNR, 2011).

Já o mecanismo indireto, ocorre quando a radiação incide na molécula de água (radiólise da água), produzindo nesse evento componentes reativos, como os radicais livres que irão transferir a energia de ionização para a molécula de DNA, provocando ruptura de ligações e produzindo dessa forma, pontos de lesão (OKUNO; YOSHIMURA,2010).

Além disso, os efeitos biológicos decorrentes da exposição à radiação podem ser divididos em determinísticos ou estocásticos. Os efeitos determinísticos apresentam um

limiar de dose, cuja gravidade aumenta com o aumento da dose recebida (JARDIM,2012). Os sintomas desse efeito incluem: eritema, descamação, queimaduras de pele, catarata, leucopenia, atrofia de órgãos e esterilidade (BIRAL,2002). Assim, ao ultrapassar o limiar, a gravidade do dano é diretamente proporcional à dose, podendo ou não ser reversível, esses efeitos estão descritos no Quadro 1.

Quadro 1: Efeitos determinísticos esperados em função da dose

DOSE	EFEITO DETERMINÍSTICO ESPERADO
250 mSv	Sem efeito
500 mSv	Ligeiras alterações sanguíneas
1 Sv	Astenia, náuseas, alterações sanguíneas
3 Sv	Síndrome aguda – náuseas e vômitos no primeiro dia; anorexia, astenia e diarreia; recuperação, em cerca de 3 meses, exceto em caso de complicações
4 Sv	Síndrome aguda grave – morte praticamente certa
6 Sv	Síndrome aguda grave – morte praticamente certa
6 a 20 Sv	Síndrome aguda acelerada – perturbações gastrointestinais
20 Sv	Síndrome aguda fulminante – destruição do sistema nervoso central

Fonte: adaptado de Bettencourt (1998)

Já os efeitos estocásticos são aqueles relacionados a baixas doses de radiação capazes de provocar no organismo humano alterações genéticas e câncer (CHRISTOVAM, 2013). São decorrentes de exposições frequentes às quais os profissionais estão sujeitos nos setores de radiodiagnósticos, sendo seus efeitos não visíveis imediatamente, podendo se manifestarem meses ou anos após a exposição, o que dificulta estabelecer uma relação de “causa e efeito” (BIRAL,2002).

2.4 Efeitos da radiação na gestação

No período anterior à gravidez, a preocupação é a interrupção da fertilidade, nesse caso sua interrupção está associada aos efeitos imediatos causados por altos níveis de radiação. Já os efeitos da radiação durante a gestação estão associados aos possíveis efeitos congênitos nos recém-nascidos, enquanto no período pós-gravidez as

preocupações estão voltadas às suspeitas de efeitos genéticos (BUSHONG,2010b). Nos ovários, doses muito baixas (100 mGy) em mulheres adultas podem ser suficiente para suprimir a menstruação. Doses de 2 Gy estão associadas à infertilidade temporária e a esterilidade permanente a doses de aproximadamente 5Gy (BUSHONG,2010e).

Na gestação, o período gestacional pode ser dividido em três fases: pré-implantação, organogênese e crescimento fetal. A fase de pré-implantação ocorre desde a fertilização até o início da implantação do óvulo no útero, que, geralmente, ocorre em 8 dias. O período de organogênese ocorre da quarta à oitava semana do desenvolvimento embrionário e a fase de crescimento fetal se inicia a partir da 9ª semana até o nascimento (MOREIRA,2011; CABRAL, 2015). Desse modo, o dano causado devido a exposição à radiação ao embrião/feto será diferente para cada período gestacional, pois a ocorrência dos efeitos adversos dependerá da dose de radiação absorvida e da idade gestacional (ICRP,2000; VELUDO, 2011).

Os efeitos da radiação *in útero* incluem morte pré-natal, morte neonatal, anormalidades congênitas, malignidade, crescimento comprometido, efeitos genéticos e retardo mental (BUSHONG, 2010b).

Na fase de pré-implantação, o embrião é mais sensível aos efeitos da radiação ionizante, durante este período se o embrião for exposto à radiação poderá permanecer intacto ou será abortado (BRENT, 1989; PAULA; MEDEIROS, 2001; RUSSEL; RUSSEL ,2002).

Durante a organogênese, o dano no embrião pode ser decorrente de morte celular induzida pela radiação, distúrbio na migração e na proliferação celular, também de anormalidades no sistema nervoso central, que está em formação (BENTUR,1994; VELUDO,2001; D'IPPLITO; MEDEIROS, 2005).

Entre a 8ª à 25ª semana pode ocorrer uma diminuição do quociente de inteligência se o feto for exposto a doses superiores a 100 mGy (ICRP, 2000; VELUDO,2001). Durante 16ª e a 30ª semana, os riscos de defeitos nos tubos neurais diminuem, porém ainda há riscos, como microcefalia, retardo mental e retardo do crescimento (D'IPPOLITO; MEDEIROS, 2005; ARDENGHI; BAYARDO; OLIVEIR , 2003; LINS et al., 2008).

A partir da 32ª semana de gestação os riscos de má-formação diminuem, porém aumenta o risco do feto vir a desenvolver neoplasias malignas e leucemia durante a infância e adolescência, sendo que este risco pode ocorrer em qualquer fase da gestação,

mesmo a baixas doses de radiação (20 mGy) (D'IPPOLITO; MEDEIROS, 2005; ARDENGHI; BAYARDO; OLIVEIR, 2003; LINS et al., 2008).

2.5 Fatores de radioproteção

Nas áreas de radiodiagnósticos as atividades de proteção radiológica são aplicadas com a finalidade de minimizar a exposição à radiação dos indivíduos, sejam pacientes ou trabalhadores (MAZZILLI et al, 2002; BUSHONG, 2010c).

Para que isso aconteça, alguns princípios devem ser adotados afim de minimizar os efeitos decorrentes da exposição à radiação ionizante. Desse modo, o controle da exposição à radiação, e a garantia do atendimento aos requisitos estabelecidos em normas de radioproteção, fundamenta-se em três princípios (BUSHONG, 2010b):

- **Tempo:** Manter o tempo de exposição às radiações tão breve quanto possível, a fim de que o indivíduo não receba dose acima dos limites da tolerância estabelecida.
- **Distância:** A distância entre o indivíduo ocupacionalmente exposto e a fonte de radiação deve ser sempre a maior possível, pois a intensidade da radiação diminui com o inverso do quadrado da distância da fonte. Assim, a medida que a distância entre a fonte de radiação e o indivíduo aumenta, a exposição à radiação diminui.
- **Blindagem:** Para reduzir o nível de exposição à radiação, blindagens devem ser colocadas entre a fonte de radiação e a pessoa ou ambiente a ser protegido. Geralmente, nesses casos, o material utilizado na radiologia diagnóstica é o chumbo, apesar de materiais de construção também serem utilizados. O uso de vestimentas protetoras, como os aventais de chumbo, também é considerado como exemplo de blindagens.

2.6 Proteção de profissionais nos setores de Radiodiagnóstico

2.6.1 Classificação ambiente

O ambiente de trabalho nos setores de radiodiagnósticos é delimitado e classificado de acordo com as atividades desenvolvidas em: áreas controladas, supervisionada e áreas livres. Nos locais de área controlada (sala de exames), o

trabalhador segue parâmetros relacionados ao controle das exposições, nesses locais devem ser adotadas medidas de proteção e segurança para controlar as exposições normais e prevenir ou limitar a extensão de exposições potenciais (BRASIL,1998a; TILLY JUNIOR,2010b). Além disso, esses tipos de áreas devem apresentar sinalizações com o símbolo internacional de radiação ionizante, acompanhados de texto descrevendo o tipo de material, equipamento ou uso relacionado à radiação ionizante conforme figura 1(CNEN, 2014).

Figura 1: Avisos de Sinalização



Fonte: PRO-RAD (2016)

Já, nas áreas onde as condições de exposição ocupacional são mantidas sob supervisão, mesmo que medidas de proteção e segurança específicas não sejam normalmente necessárias, são classificadas como áreas supervisionadas (CNEN, 2014). E aquela na qual não são necessários procedimentos especiais são denominadas livres (TILLY JUNIOR, 2010b).

2.6.2 Monitoração Individual

No setor de radiodiagnóstico a monitorização individual deve ser utilizada por todos os profissionais que trabalham em áreas controladas, exceto aqueles onde é possível prever doses efetivas anuais menores que 1 mSv (TILLY JUNIOR, 2010b).

A Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) é responsável pelo serviço de monitorização individual, porém, a contratação do serviço é de obrigação do empregador e cabe a este informar as instruções de uso e manter um controle de doses dos funcionários (TILLY JUNIOR,2010b).

A monitorização individual é realizada através do uso do dosímetros, desse modo, todos os profissionais durante a sua jornada de trabalho devem utilizar dosímetros enquanto permanecerem em área controlada e durante a ausência do usuário devem ser mantidos em ambiente seguro (BRASIL,1998a).

O dosímetro é um equipamento de uso individual e intransferível, deve ser utilizado na região mais exposta do tronco e durante a utilização de avental plumbífero deve ser colocado sobre o avental (BRASIL,1998a). No caso de profissionais gestantes, um monitor de radiação adicional deve ser posicionado sob o avental de proteção na altura da cintura (BUSHONG,2010d).

Após transcorrido o período de uso os dosímetros serão substituídos e encaminhados para um laboratório credenciado pela CNEN para adquirir o relatório das doses individuais (TILLY JUNIOR,2010b).

2.6.3 Equipamentos de proteção individual

Os equipamentos de proteção individual (EPIs) são definidos como dispositivos utilizados individualmente pelos trabalhadores com o propósito de protegê-los dos riscos susceptíveis de ameaçar a sua integridade física, desse modo, o seu uso é indispensável (BRASIL,1978c).

Além disso, conforme a NR 6 os EPIs devem obter o Certificado de Aprovação (CA) concedido pelo Ministério do Trabalho e do Emprego (MTE) visando verificar a qualidade dos mesmos (SOUZA; SOARES,2008; BRASIL, 1978c).

Na maioria das vezes, o termo EPI pode ser encontrado nas literaturas como: vestimenta de proteção radiológica, vestimenta plumbífera e por equipamentos de proteção radiológica (ERP) (FLOR,2010).

Conforme demonstrado na figura 2, os equipamentos de proteção utilizados nos serviços de radiologia são: os aventais feitos à base de chumbo e borracha, ou vinil, protetores de gônadas, de tireoide, luvas para proteção das mãos e óculos (SOUZA; SOARES, 2008).

Figura 2: Equipamentos de proteção



Fonte: Adaptado de Pereira; Vergara (2015)

Visando a proteção dos indivíduos ocupacionalmente expostos à radiação, a utilização de EPI pode ser considerada uma maneira simples, eficaz e de baixo custo para proteção desses indivíduos (PEREIRA; SOARES, 2010).

Assim, cabe ao serviço de radiodiagnóstico fornecer gratuitamente aos funcionários os equipamentos de proteção e em boas condições de uso. E ao profissional zelar pelo correto uso e armazenamento desses dispositivos (BRASIL, 2005b).

2.7 Legislações

2.7.1 Diretrizes básicas de proteção radiológica - CNEN N° 3.01

É uma norma de caráter geral considerada a mais importante em proteção radiológica, por apresentar os principais conceitos e diretrizes. Aborda as Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica, onde tem como objetivo principal estabelecer as condições básicas de proteção radiológica das pessoas em relação à exposição à radiação ionizante, além de apresentar as responsabilidades gerais de proteção radiológica dos diferentes profissionais de uma instalação, incluindo empregadores e os indivíduos ocupacionalmente expostos (IOEs).

Em relação aos responsáveis pela aplicação dessa norma, esta fica incumbida aos titulares (responsável legal pela instituição) e empregadores. E cabe ao titular submeter à aprovação da CNEN um Plano de Proteção Radiológica. Logo, os titulares são os responsáveis por determinar e elaborar as medidas técnicas e organizacionais fundamentais para assegurar a segurança das fontes sob sua responsabilidade e a

proteção radiológica em exposições ocupacionais, exposições médicas e exposições do público.

Sobre os requisitos básicos de radioproteção, a norma se baseia em três princípios fundamentais, entre eles:

1. Justificação: Esse princípio regulamenta que, em qualquer lugar onde houver atividade envolvendo exposição à radiação ionizante esta deve ser justificada, com o objetivo de estabelecer benefícios aos indivíduos expostos e para a sociedade. Retrata que o exame radiológico deve ser justificado individualmente verificando a necessidade de exposição e as particularidades de cada indivíduo envolvido.

2. Otimização: Nesse princípio, toda a dose no indivíduo exposto à radiação ionizante deve ser menor possível. Esta segue a filosofia ALARA (As Low As Reasonably Achievable), que significa tão baixa quanto razoavelmente exequível, com a finalidade de reduzir a dose nos pacientes e nos indivíduos ocupacionalmente expostos (CNEN,2014). Isso significa que as exposições médicas de pacientes devem ser otimizadas ao valor mínimo necessário para obtenção do objetivo radiológico (diagnóstico e terapêutico), compatível com os padrões aceitáveis de qualidade de imagem (DANIEL et al., 2009).

3. Limitação de dose individual: Nesse caso, as doses individuais de trabalhadores e de indivíduos do público não devem exceder os limites anuais. Assim, a exposição ao indivíduo deve ser restringida de tal modo que nem a dose efetiva e nem a dose equivalente nos órgãos ou tecidos de interesse ultrapassem os limites estabelecidos. Sendo esses:

Quadro 2: Limites de doses anuais

Limites de Dose Anuais [a]			
<i>Grandeza</i>	<i>Órgão</i>	<i>Indivíduo ocupacionalmente exposto</i>	<i>Indivíduo do público</i>
<i>Dose efetiva</i>	Corpo inteiro	20 mSv ^[b]	1 mSv [c]
<i>Dose equivalente</i>	Cristalino	20 mSv ^[b]	15 mSv
	Pele [d]	500 mSv	50 mSv
	Mãos e pés	500 mSv	...

[a] Para fins de controle administrativo efetuado pela CNEN, o termo dose anual deve ser considerado como dose no ano calendário, isto é, no período decorrente de janeiro a dezembro de cada ano.

[b] Média aritmética em 5 anos consecutivos, desde que não exceda 50 mSv em qualquer ano.

[c] Em circunstâncias especiais, a CNEN poderá autorizar um valor de dose efetiva de até 5 mSv em um ano, desde que a dose efetiva média em um período de 5 anos consecutivos, não exceda a 1 mSv por ano.

[d] Valor médio em 1 cm² de área, na região mais irradiada.

Os valores de dose efetiva se aplicam à soma das doses efetivas, causadas por exposições externas, com as doses efetivas comprometidas (integradas em 50 anos para adultos e até a idade de 70 anos para crianças), causadas por incorporações ocorridas no mesmo ano.

Fonte: Diretrizes básicas de proteção radiológica - CNEN NN 3.01_Resolução 164/14

Sobre a exposição ocupacional, a norma esclarece que os titulares e empregadores de IOE são responsáveis pela proteção desses indivíduos em atividades que envolvam exposições ocupacionais e para os IOE, cabe seguir as regras e procedimentos aplicáveis à segurança e proteção radiológica.

Para as mulheres ocupacionalmente expostas, a norma esclarece que ao tomar conhecimento da gravidez, essa deve notificar imediatamente ao seu empregador. A notificação da gravidez não deve ser considerada um motivo para excluir uma mulher ocupacionalmente exposta do trabalho com radiação, entretanto o titular ou empregador, deve tomar conhecimento das medidas necessárias para assegurar a proteção do embrião ou feto.

Uma mulher ocupacionalmente exposta, ao tomar conhecimento da gravidez, deve notificar imediatamente este fato ao seu empregador. Nesse caso, o feto não deve receber uma dose efetiva superior de 1 mSv durante o resto do período de gestação, isso a partir da notificação da gravidez, assim suas tarefas devem ser controladas de maneira que isso não aconteça.

Assim, os procedimentos aplicáveis à segurança e proteção radiológica não devem ser contrariados afim de garantir a segurança de todos contra as radiações ionizantes.

2.7.2 Portaria SVS/MS nº 453, de 1 de junho de 1998

Em 1998, o Ministério da Saúde, por meio da Portaria nº 453, estabeleceu diretrizes específicas, relacionadas aos aspectos de biossegurança e saúde ocupacional visando garantir a segurança de pacientes e profissionais, bem como a qualidade dos exames de raios X.

Desse modo, todo território nacional deve adotar esse regulamento e compete aos órgãos de Vigilância Sanitária dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios o licenciamento dos estabelecimentos que empregam os raios X diagnósticos, assim como sua fiscalização.

Sobre os princípios básicos que regem este regulamento a justificção da prática e das exposições médicas individuais estabelecem que nenhuma prática ou fonte adscrita a uma prática deve ser autorizada a menos que produza suficiente benefício para o indivíduo exposto ou para a sociedade, de modo a compensar o detrimento que possa ser causado.

Na otimização da proteção radiológica são estabelecidos que as instalações e as práticas devem ser planejadas, implantadas e executadas de modo que a magnitude das doses individuais, o número de pessoas expostas e a probabilidade de exposições acidentais sejam tão baixos quanto razoavelmente exequíveis, levando-se em conta fatores sociais e econômicos, além das restrições de dose aplicáveis.

Quando se referem à prevenção de acidentes, esse princípio norteia que projetos e operação de equipamentos incluindo as instalações devem ser voltados, afim de minimizar a probabilidade de ocorrência de acidentes (exposições potenciais). Além disso, é responsável por desenvolver e implementar ações necessárias para minimizar a contribuição de erros humanos que levem à ocorrência de exposições acidentais.

Em relação ao limite de dose, esse tópico aborda que as exposições ocupacionais, devam ser controladas de modo que os valores estabelecidos pela CNEN não sejam excedidos.

E no caso de gravidez, algumas medidas devem ser consideradas de modo a proteger o embrião ou feto, entre elas:

- Notificação ao titular do serviço tão logo seja constatada a gravidez;
- Condições de trabalho devem ser revistas para garantir que a dose na superfície do abdômen não exceda 2 mSv durante todo o período restante da gravidez, tornando pouco provável que a dose adicional no embrião ou feto exceda cerca de 1 mSv neste período.

2.8.3 Norma regulamentadora 32 (NR 32): Segurança e Saúde no trabalho em Serviços de Saúde

A NR-32 estabelece diretrizes básicas para a implementação de medidas de proteção à segurança e à saúde dos trabalhadores dos serviços de saúde, bem como daqueles que exercem atividades de promoção e assistência à saúde em geral (BRASIL, 2005b).

Seu objetivo é prevenir os acidentes e o adoecimento causado pelo trabalho nos profissionais da saúde, eliminando ou controlando as condições de risco presentes nos Serviços de Saúde. Assim, essa norma recomenda que para cada situação de risco deva ocorrer a adoção de medidas preventivas e a capacitação dos trabalhadores para garantir um trabalho seguro.

Entretanto, o atendimento das exigências desta NR-32, com relação às radiações ionizantes, não desobriga o empregador de observar as disposições estabelecidas pelas normas específicas da Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN e da Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA, do Ministério da Saúde.

No caso em que os trabalhadores realizem atividades em áreas onde existam fontes de radiações ionizantes, esses devem:

- Permanecer o menor tempo possível nesses locais durante a realização do procedimento;
- Possuir conhecimento dos riscos radiológicos associados ao seu trabalho;
- Usar os EPI adequados para a minimização dos riscos;
- Estar sob monitoração individual de dose de radiação ionizante, nos casos em que a exposição seja ocupacional;

- Estar capacitado inicialmente e de forma continuada em proteção radiológica.

Em relação a monitorização individual e de área, a NR-32 aborda que todas as instalações radioativas devem dispor dessa monitorização. Com isso, os dosímetros individuais devem ser obtidos, calibrados e avaliados exclusivamente em laboratórios de monitoração individual creditados pela CNEN.

A monitoração individual externa, de corpo inteiro ou de extremidades, deve ser feita através de dosimetria com periodicidade mensal e levando-se em conta a natureza e a intensidade das exposições normais e potenciais previstas. Na ocorrência ou suspeita de exposição acidental, os dosímetros devem ser encaminhados para leitura no prazo máximo de 24 horas.

Para trabalhadoras grávidas a NR-32 determina que após a confirmação da gravidez, a gestante seja afastada das atividades envolvendo radiação ionizante, devendo ser remanejada para atividades compatíveis com seu nível de formação.

2.7.4 Atribuições do técnico e tecnólogo em radiologia nos diversos setores de radiodiagnóstico

O Conselho Nacional de Técnicos em Radiologia (CONTER) é responsável por instituir e normatizar as atribuições dos profissionais técnico e tecnólogos em radiologias nos diversos serviços de radiodiagnóstico.

As resoluções do Conter N° 003/06, N° 012/05, N° 002/02 e N° 010/01 dispõem sobre as atribuições desse profissional nos seguintes setores: hemodinâmica, medicina nuclear, ressonância magnética e radioterapia.

No geral, cabe ao profissional desses setores:

- Operar os diversos equipamentos e sistemas utilizados no processo de aquisição das imagens;
- Selecionar o protocolo técnico adequado em cada procedimento ou, se necessário, ajustar os parâmetros visando a melhor técnica aplicável
- Verificar as condições de funcionamento e operacionalidade do equipamento;

- Atuar de forma integrada às equipes multiprofissionais respeitando as atribuições individuais;
- Zelar pela qualidade das imagens;
- Realizar o processamento e a documentação das imagens adquiridas;
- Zelar pela biossegurança;
- Atuar em todos os processos de proteção radiológica aplicáveis ao paciente, aos profissionais e aos indivíduos do público.

Assim, indiferente do setor que o profissional for trabalhar, compete a ele sempre utilizar uma técnica radiológica com coerência, levando em consideração as normas legais de proteção radiológica, bem como o código de ética profissional.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar do benefício gerado pelo uso das radiações ionizantes, sabe-se que a interação da radiação com o tecido biológico pode produzir efeitos nocivos à saúde do ser humano, seja essa decorrente das exposições médicas, do público ou ocupacionais. E que no caso de mulheres, o problema pode ser mais grave, pois se a exposição ocorrer durante uma gravidez, o feto também pode ser comprometido por essa exposição.

Para isso, é de extrema importância que medidas de proteção radiológicas sejam adotadas, pois essas visam proteger a saúde do ser humano e de seus descendentes contra possíveis efeitos indesejados causados pela radiação ionizante. Então para garantir a saúde dos trabalhadores, existem algumas medidas de proteção radiológica e legislações com esse propósito.

Entre as legislações existentes, a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) é o órgão superior que estabelece normas e regulamentos em radioproteção, esta é quem licencia, fiscaliza e controla a atividade nuclear no Brasil. Para a proteção radiológica em setores de radiodiagnóstico temos a Portaria 453 do Ministério da Saúde que busca garantir a segurança de pacientes e profissionais, bem como a qualidade dos exames. O Ministério do Trabalho através da Norma Regulamentadora - NR 32 é quem estabelece as diretrizes básicas para a implementação de medidas de proteção à segurança e à saúde dos trabalhadores dos serviços de saúde.

Assim, é extremamente importante que todos os profissionais dessa área estejam informados sobre a referida legislação, bem como reivindiquem adequadas condições de trabalho, exercendo seu papel enquanto trabalhadores e cidadãos, que cumprem com

seus deveres e reafirmam seus direitos, principalmente aquele de trabalhar com segurança.

REFERÊNCIAS

AMIS, E.S; Butler P.F; Applegate, K.E; Birnbaum, S.B; Brateman, L.F; Hevezi, J.M, Mettler, F.A; Morin, R.L; Pentecost, M.J; Smith, G.G; Strauss, K.J; Zeman, R.K– American College of Radiology white paper on radiation dose in medicine. **Journal of American College of Radiology**. v. 4, n. 5, p. 272-284, 2007. Disponível em: < [http://www.jacr.org/article/S1546-1440\(07\)00108-1/fulltext](http://www.jacr.org/article/S1546-1440(07)00108-1/fulltext)>. Acessado em: 24 maio 2016.

ARDENGHI, T. M.; BAYARDO, R. A.; OLIVEIR, J. X. Estimativa de risco biológico das radiações ionizantes na Medula Óssea, glândula tireoide e glândulas salivares: considerações sobre pacientes infantis. **J. Bras. Odontopediatr. Odontol. Bebê**, v. 6, n. 32, p. 339-343, 2003. Disponível em: < <http://www.dtscience.com/wp-content/uploads/2015/11/Estimativa-de-Risco-Biol%C3%B3gico-das-Radia%C3%A7%C3%B5es-Ionizantes-na-Medula-%C3%93ssea-Gl%C3%A2ndula-Tire%C3%B3ide-e-Gl%C3%A2ndulas-Salivares-Considera%C3%A7%C3%B5es-sobre-Pacientes-Infantis.pdf>>. Acesso em: 31 mar. 2016.

BEJGEL, I. B.; WANIR, J. O trabalhador do setor saúde, a legislação e seus direitos sociais. **Bol. Pneumol. Sanit.**, v. 9, n. 2, p. 69-77, 2001. Disponível em: <http://scielo.iec.pa.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103460X2001000200011&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 27 jan. 2006.

BENTUR Y. Ionizing and nonionizing radiation in pregnancy. *In*: Koren G, editor. **Maternal-fetal toxicology**. 2nd ed. New York: Marcel Dekker, 1994; 515

BETTENCOURT, A. O. Radiações ionizantes: a protecção contra radiações e seus fundamentos. Fundação Calouste Gulbenkian. **Rev. Cult. Cientif.**, n. 22, p. 29-42, 1998. Disponível em:< <http://hdl.handle.net/123456789/247>>. Acesso em: 05 jan. 2016.

BIRAL, A. R. **Radiações ionizantes para médicos, físicos e leigos**. Florianópolis: Insular, 2002. p. 232.

BITELLI, T. **Física e dosimetria das radiações**. 2. Ed. São Paulo: Atheneu, 2006.

BRANCO, I. S. L. **Avaliação da taxa de exposição em exames radiológicos realizados em procedimentos cirúrgicos**: minimização dos riscos em indivíduos ocupacionalmente expostos. 2013. 44 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado Física Médica) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Instituto de

Biociências de Botucatu, 2013. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/122956>>. Acesso em: 28 mar. 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria SVS MS 453. Diretrizes de proteção radiológica e radiodiagnóstico médico e odontológico do Ministério da Saúde. **Diário Oficial da União**, 1998a. Disponível em: <<http://www.tecnologiaradiologica.com/introducao.htm>>. Acesso em: 11 abr. 2016.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria GM n.º 3.214. NR-6: Equipamento de Proteção Individual (EPIs). Brasília (DF); 1978c. Disponível em: <<http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr6.htm>>. Acesso em: 14 maio 2016.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria MTE nº 485NR-32. Segurança e saúde no trabalho em estabelecimentos de assistência à saúde. **Diário Oficial da União**, 11 nov. 2005b. Disponível em: <http://www.mte.gov.br/legislacao/Portarias/2005/p_20051111_485.pdf>. Acesso em: 01 abr. 2015.

BRENT RL. The effect of embryonic and fetal exposure to X-ray, microwaves, and ultrasound: counseling the pregnant and nonpregnant patient about these risks. **Semin Oncol**. 1989;16(5): 347–68.

BRENT, R. L. The effects of embryonic and fetal exposure to x-rays and isotopes. In: BARRON, W. M.; LINDHEIMER, M. D. **Medical disorders during pregnancy**. 3. ed. St. Louis: Mosby Yearbook, 2000. p. 586-610.

BUSHONG, S. C. Efeitos imediatos da radiação. In: _____. **Ciência radiológica para tecnólogos: física, biologia e proteção**. 9. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010e. cap. 35, p. 540-553.

BUSHONG, S. C. Efeitos tardios da radiação. In: _____. **Ciência radiológica para tecnólogos: física, biologia e proteção**. 9. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010b. cap. 36, p. 554-573.

BUSHONG, S. C. Física radiológica. In: _____. **Ciência radiológica para tecnólogos: física, biologia e proteção**. 9. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010a. cap. 1, p. 2-72.

BUSHONG, S. C. Gerenciamento da dose ocupacional. In: _____. **Ciência radiológica para tecnólogos: física, biologia e proteção**. 9. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010d. cap. 40, p. 616-632.

BUSHONG, S. C. Proteção radiológica. In: _____. **Ciência radiológica para tecnólogos: física, biologia e proteção**. 9. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010c. cap. 37, p. 574-583.

CABRAL, M. O. M. **Desenvolvimento de um modelo computacional de exposição para uso em avaliações dosimétricas em gestantes**. 2015. 93 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015. Disponível em: <http://repositorio.ufpe.br/bitstream/handle/123456789/14027/DEFESA_ManuelaOhanamonteiroCabral_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 28 mar. 2016.

CHRISTOFOLETTI, G.; PINTO, S. M. C.; VIEIRA, A. N. Análise das condições físico-mentais de funcionários do setor de pediatria do hospital das clínicas de Goiânia. **Rev. Movimenta**, v. 1, n. 1, p. 7-10, 2008. Disponível em: <<http://www.nee.ueg.br/seer/index.php/movimenta/article/viewFile/33/56>>. Acesso em: 30 mar. 2016.

CHRISTOVAM, A. C. M. Proteção radiológica. In: _____. **Manual de física e proteção radiológica**. Rio de Janeiro: Difusão, Senac, 2013. cap. 4, p. 127-130.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. **Norma CNEN NN 301: diretrizes básicas de proteção radiológica**. Resolução 164/14. Belo Horizonte, 2014. p. 22. Disponível em: <<http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm301.pdf>>. Acesso em: 11 abr. 2016.

CONSELHO NACIONAL DE TÉCNICOS EM RADIOLOGIA. **Resolução nº 002, de 14 de janeiro de 2002**. Institui e normatiza as atribuições do técnico e tecnólogo em radiologia na especialidade de diagnóstico por imagem em ressonância magnética nuclear e dá outras providências. Disponível em: <http://www.conter.gov.br/uploads/legislativo/n_022002.pdf>. Acesso em: 02 abr. 2016.

CONSELHO NACIONAL DE TÉCNICOS EM RADIOLOGIA. **Resolução nº 10, de 25 de abril de 2001**. Institui e normatiza as atribuições do técnico e tecnólogo em radiologia na especialidade de radioterapia e dá outras providências. Disponível em: <http://www.conter.gov.br/uploads/legislativo/n_102001.pdf>. Acesso em: 02 abr. 2016.

CONSELHO NACIONAL DE TÉCNICOS EM RADIOLOGIA. **Resolução nº 12, de 20 de setembro de 2005**. Institui e normatiza as atribuições do técnico e tecnólogo em radiologia com habilitação em medicina nuclear e dá outras providências. Disponível em: <http://www.conter.gov.br/uploads/legislativo/n_122005.pdf>. Acesso em: 02 abr. 2016.

CONSELHO NACIONAL DE TÉCNICOS EM RADIOLOGIA. **Resolução nº 3, de 23 de maio de 2006**. Institui e normatiza as atribuições do técnico e tecnólogo em radiologia na especialidade de diagnóstico no setor de hemodinâmica e dá outras providências. Disponível em: <http://www.conter.gov.br/uploads/legislativo/n_032006.pdf>. Acesso em: 02 abr. 2016.

D'IPPOLITO, G.; MEDEIROS, R. R. Exames radiológicos na gestação. **Radiol. Bras.**, v. 18, n. 6, p. 442-450, 2005. Disponível em: <http://www.rb.org.br/detalhe_artigo.asp?id=1474&idioma=Portugues>. Acesso em: 31 mar. 2016.

DA CRUZ, G. P. R. **Radiação na gravidez**: abordagem da mulher grávida exposta a radiação ionizante. 2013. 32 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Ciências Biomédicas de Abel Salazar, Universidade do Porto, Porto, 2013. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/71950/2/93377.pdf>>. Acesso em: 02 dez. 2015.

DANIEL, M.; FUNARI, M.; KAY F; LEE, H; SILVA, E; SILVA, M; Radvany, J; Tachibana, A. Diretrizes Assistenciais – **Radiação Ionizante nos Estudos Radiológicos**. Hospital Israelita Albert Einstein. 2009. Disponível em: <http://www.saudedireta.com.br/docsupload/1340229646radiacao_ionizante_estudos_radiologicos.pdf>. Acessado em 19 maio 2016.

DOUGLAS, P. S.; FAXON, D. P.; FISHER, J. D.; GIBBONS, R. J.; HUTTER JUNIOR, A. M.; KAUL, S.; SKORTON, D. J.; WEINTRAUB, W. S.; WINTERS, W. L.; WOLK, M. J. Radiation safety in practice of cardiology. **J. Am. Coll. Cardiol.**, v. 31, n. 4, p.896-898, 1998. Disponível em: <<http://www.besancon-cardio.org/recommandations/radiation.pdf>>. Acesso em: 30 mar. 2016.

FERNANDES, G. S.; CARVALHO, C. P.; AZEVEDO, A. C. P. Avaliação dos riscos ocupacionais de trabalhadores de serviços de radiologia. **Radiol. Bras.**, v. 38, n. 4, p. 279-281, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010039842005000400009&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 30 mar. 2016.

FLÔR, R. C. **O trabalho da enfermagem em hemodinâmica e o desgaste dos trabalhadores decorrente da exposição à radiação ionizante**. 2010. 231 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências da Saúde, Florianópolis, 2010.

FLOR, R. C.; KIRCHHOF, A. L. C. Uma prática educativa de sensibilização quanto à exposição a radiação ionizante com profissionais de saúde. **Rev. Bras. Enferm.**, v. 59, n. 3, p. 274-278, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_

arttext&pid=S0034-71672006000300005&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 31 mar. 2016.

International Commission on Radiological Protection. (2000). Pregnancy and Medical Radiation. **Annals of the ICRP Publication 84**. Disponível em: http://www.icrp.org/docs/P084_Spanish.pdf Acessado em: 18 maio 2016

JARDIM, V. Biossegurança em diagnóstico por imagem. In: NOBREGA, A. I. **Tecnologia radiológica e diagnóstico por imagem**: guia para ensino e aprendizado. 5. ed. São Caetano do Sul: Difusão Editora, 2012. v. 2, p. 331.

KUROIVA, A. M. **Avaliação das condições de radioproteção em consultórios odontológicos da cidade de Bauru, Estado de São Paulo**: estudo comparativo de dez anos. 2000. 136 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia de Bauru, Bauru, 2000.

LEITE, M. A. A. **Caracterização da conduta dos cirurgiões dentistas de Belo Horizonte frente aos procedimentos de controle de infecção cruzada**: uma perspectiva epidemiológica. 1996. 254 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1996.

LINS, L.; GOMES, L.; TRINDADE, M.; DIAS, L.; BRAGANÇA, R.; PIMENTE, R. Efeitos de baixas doses de radiação-X no desenvolvimento do sistema nervoso central: estudo experimental em ratos. **Radiol. Bras.**, v. 41, n. 1, p. 45-47, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010039842008000100012&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 31 mar. 2016.

MAZZILLI, B. P.; ROMERO FILHO, C. R.; KODAMA, Y.; SUZUKI, F. F.; DELLAMANO, J. C.; MARUMO, J. T.; SANCHES, M. P.; VICENTE, R.; BELLINTANI, S. A. Princípios de proteção radiológica. In: _____. **Noções básicas de proteção radiológica**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, 2002. p. 23-25. Disponível em: <<http://www.engeworks.com.br/arquivos/PROTE%C3%87%C3%83O%20RADIOL%C3%93GICA.pdf>>. Acesso em: 31 mar. 2016.

MELO, J. A. C. **Competências de enfermeiros (as) e técnicos (as) em enfermagem no processo de trabalhos em tecnologias radiológicas**. 2013. 148 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências da Saúde, Florianópolis, 2013.

MOREIRA, J. V. A. **Radiobiologia**: efeito das radiações ionizantes na célula e formas de proteção das radiações ionizantes. 2011. 113 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Da Beira Interior, Ciências da Saúde, 2011. Disponível em:

<<http://ubibliorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/987/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20Mestrado%20Final%20Jo%C3%A3o%20Moreira.pdf>>. Acesso em: 21 abr. 2014.

MOURÃO, A.P; OLIVEIRAS,F.A. Biofísica das radiações. In:_____ **Fundamentos de radiologia e imagem**. São Caetano do Sul, SP: Difusão editora, ed.1, 2009,p374.

NAVARRO, M. V. T.; LEITE, H. J. D.; ALEXANDRINO, J. C.; COSTA, E. A. Controle de riscos à saúde em radiodiagnóstico: uma perspectiva histórica. **Hist. Cienc. Saude-Manguinhos**, v. 15, n. 4, p. 1039-1047, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-59702008000400009&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 14 mar. 2016.

PAULA, L. C.; MEDEIROS, R. B. Exposição à radiação no período pré-natal. **Folha Méd.**, v. 120, p. 213-219, 2001.

PEREIRA, A. G.; SOARES, F. A. P. Desenvolvimento de Teste de Integridade para vestimenta de proteção radiológica. **Cad. Publ. Acad.**, v. 2, n. 2, p. 25, 2010. Disponível em: <<http://periodicos.ifsc.edu.br/index.php/publicacoes/article/view/190/135>>. Acesso em: 14 maio 2016.

PEREIRA, A.G; VERGARA, L.G.L. Aspectos ergonômicos da vestimenta de proteção radiológica. In. **X Congresso Regional Latinoamericano IRPA de Protección y Seguridad Radiológica**. “ Radioprotección: Nuevos Desafios para um mundo em Evolución. Buenos Aires, 2015.

RATNAPALAN, S.; BENTUR, Y.; KOREN, G. Doctor, will that x-ray harm my unborn child?. **CMAJ**, v. 179, n. 12, p. 1293-1296, 2008. Disponível em: <<http://www.cmaj.ca/content/179/12/1293.full>>. Acesso em: 31 mar. 2016.

RUSSELL, L. B.; RUSSELL, W. L. The effect of radiation on the preimplantation stages of the mouse embryo. Proceedings of a scientific seminar held in Luxembourg on 5 November 2001. **Anatomical Record**, vol. 108, 2002, 78 p.

SANTOS, G. C. **Manual de radiologia: fundamentos e técnicas**. São Caetano do Sul, SP: Yendis, 2008.

SILVA, N. O. et al. Incentivando a prática da radioproteção. In. IX LATIN AMERICAN IRPA REGIONAL CONGRESS ON RADIATION PROTECTION AND SAFETY, 9. 2013, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2013. p. 15-19. 2013. Disponível em: <<http://www.sbpr.org.br/irpa13/AnaisdoIRPA2013/Educacionentrenamientoyformacionespecifica/3701.pdf>>. Acesso em: 2 dez. 2015.

SOARES, F. A. P.; LOPES, H. B. M. **Radiodiagnóstico: fundamentos físicos**. 2. ed. Florianópolis: Insular, 2006. p. 31.

SOUZA, E.; SOARES, J. P. M. Correlações técnicas e ocupacionais da radiologia intervencionista. **J. Vasc. Bras.**, v. 7, n. 4, p. 341-350, 2008.

STREFFER, C.; SHORE, R.; KONERMANN, G.; MEADOWS, A.; UMA DEVI, P.; PRESTON WITHERS, J.; HOLM, L. E.; STATHER, J.; MABUCHI, K. Biological effects after prenatal irradiation (embryo and fetus). A report of the International Commission on Radiological Protection. **Ann ICRP**, v. 33, n. 1-2, p. 5-206, 2003.
Disponível em:
<https://www.researchgate.net/publication/10576964_Biological_effects_after_prenatal_irradiation_embryo_and_fetus_A_report_of_International_Commission_on_Radiological_Protection>. Acesso em: 15 out. 2015.

TILLY JUNIOR, J. G. A estrutura conceitual da proteção radiológica. In: _____. **Física radiológica**. 2. ed. Rio de Janeiro, RJ: Guanabara Koogan, 2010a. cap. 18, p. 159-161.

TILLY JUNIOR, J. Go. Proteção radiológica. In: _____. **Física radiológica**. 2. ed. Rio de Janeiro, RJ: Guanabara Koogan, 2010b. cap. 20, p. 169-182.

UNIVERSITY OF CALIFORNIA. Units of Measurement. In: _____. **Radiation safety fundamentals workbook**. 4. ed. Santa Cruz: University of California, 2000. cap. 4, p. 8-9. Disponível em: <<http://www.besancon-cardio.org/recommandations/radiation.pdf>>. Acesso em: 30 mar. 2016.

USNR. Biological effects of radiation. In: UNITED STATES NUCLEAR REGULATORY COMMISSION. **Protecting people and the environment**. United States: Fact Sheet Office of Public Affairs, 2011. p. 1-4. Disponível em: <<http://pbadupws.nrc.gov/docs/ML0333/ML033390088.pdf>>. Acesso em: 01 mar. 2016.

VELUDO, P.C. **Efeitos da radiação X e níveis de exposição em exames imagiológicos: inquéritos a clínicos gerais**. 2011. 68f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra. Coimbra, 2011. Disponível em: <<https://estudogeral.sib.uc.pt/bitstream/10316/20124/1/Efeitos%20da%20Radia%C3%A7%C3%A3oX%20e%20Niveis%20de%20Exposi%C3%A7%C3%A3o%20em%20Exames%20Imagiol%C3%B3gicos.pdf>> Acessado em: 18 maio 2016.

WILLIAMS, P. M.; FLETCHER, S. Health effects of prenatal radiation exposure. **Am. Fam. Physician**, v. 82, n. 5, p. 488-493, 2010. Disponível em: <<http://www.aafp.org/afp/2010/0901/p488.html>>. Acesso em: 30 mar. 2016.

Botucatu 08 de junho de 2016

TERMO DE ORIENTAÇÃO

Joice Monaliza Vernini

Ciente e de acordo

Prof. Ms. Leandro Bolognesi

Vivian Toledo Santos Gambarato
(Coordenadora do curso de radiologia)