

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

FERNANDA EMILIANO TONINI

**Princípios e Importância da Proteção Radiológica em Medicina
Veterinária**

São Paulo
2022

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

FERNANDA EMILIANO TONINI

Princípios e Importância da Proteção Radiológica em Medicina
Veterinária

Monografia apresentada à Comissão de
Residência Uniprofissional da Faculdade de
Medicina Veterinária e Zootecnia da
Universidade de São Paulo, como requisito
parcial para conclusão da residência em
Diagnóstico por Imagem.

Orientadora: Prof^a Dr^a Carla Aparecida
Batista Lorigados.

São Paulo

2022

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Nome: TONINI, Fernanda Emiliano

Título: Princípios e Importância da Proteção Radiológica em Medicina Veterinária

Monografia apresentada à Comissão de Residência Uniprofissional da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, como requisito parcial para conclusão da residência em Diagnóstico por Imagem.

Orientadora: Prof^a Dr^a Carla Aparecida Batista Lorigados.

Aprovado em:

Banca Examinadora:

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família, minha mãe, irmãos, pai e avós (*in memoriam*), tias e primos que me acompanharam desde sempre, e possibilitaram que eu estivesse aqui hoje;

Ao meu namorado Alan, que me deu todo suporte durante a permanência no HOVET, trazendo leveza e alegria aos dias de exaustão;

Às amigas que levo da faculdade para a vida, que tantas vezes deram forças para continuar na nossa profissão, que por mais gratificante que seja também é desafiadora, em especial Gabi, Mari, Emy, Lê, Lari e Vivi, e às amigas de infância que comemoraram comigo essa fase, Dani, Dryca, Bella e Rapha;

Aos professores da graduação que acreditaram que eu conseguiria entrar no programa de residência, e em especial às que cultivaram em mim o amor pelo diagnóstico por imagem, Ana Paula e Talissa, e aos professores Ayrton, Paulo e Tiago, por sempre me incentivarem a buscar *mais*;

Às minhas R-parças da imagem, Aline, Livia, Camilla, Natinha e Natona, pela companhia, aprendizado e risadas, e a todos os residentes que acompanharam esse período caótico que passamos juntos: sem vocês não teria conseguido sobreviver à nossa rotina com todos meus neurônios intactos;

Aos professores, veterinários e técnicos do DI, pelos ensinamentos, incentivo, paciência, conselhos e puxões de orelha quando necessários: Stefano, Carla, Silvana, Marcio, Reginaldo, Carina, Rafael e José;

Aos veterinários do HOVET, por todo suporte, discussões de casos, e principalmente no cuidado dos meus próprios animais (Magali que o diga), em especial MV Bruna, Prof^a Fernanda e Prof^a Júlia.

Aos meus pets: Magali, Banguela, Danoninho, Luvinha, Lindinha, Tricolor, Cinzinha, James, Hipácia, Klaus (*in memoriam*), que me incentivaram e continuam incentivando a ser cada dia melhor na profissão;

E a todos que contribuíram, direta ou indiretamente, para que eu me tornasse uma boa imaginologista e uma veterinária melhor, meu muito obrigada!

RESUMO

A radiologia veterinária é uma área em constante expansão, devido à sua importância para a condução e conclusão de casos clínicos; no entanto, as particularidades dos pacientes acabam por dificultar o trabalho quando em comparação à radiologia humana. Os raios-x fazem parte do espectro da radiação eletromagnética. São produzidos por um processo de aceleração e frenagem de elétrons. Suas propriedades fazem com que sejam invisíveis, não possam ser sentidos, e possam ionizar átomos, sendo chamados de radiação ionizante. Ionizações no DNA podem levar a mutações, aborto, anormalidades fetais, suscetibilidade a doenças, redução do tempo de vida, carcinogênese ou catarata, e por isso que é tão importante minimizar a exposição das pessoas que trabalham em um ambiente de radiação. O Decreto Federal 3048/99 classifica a radiação ionizante como um agente nocivo à saúde do trabalhador. A proteção radiológica é o conjunto de medidas que visam proteger o ser humano e seus descendentes contra possíveis efeitos indesejados causados pela radiação ionizante. A primeira legislação brasileira no tocante à proteção radiológica foi a Portaria 453, de 1998. A RDC 330, de 2019, substituiu a Portaria 453/98, sendo que, entre todas as mudanças provocadas pela nova RDC, a principal é que cada especialidade de diagnóstico por imagem ganhou Instruções Normativas de acordo com cada tecnologia. O principal objetivo da RDC 330 é regulamentar o controle das exposições médicas, ocupacionais e do público. Em 2022, a RDC 330 foi substituída pela RDC 611/2022. Em radiologia veterinária, os profissionais têm dificuldades em usar equipamentos de proteção individual, como luvas de chumbo. Em alguns casos, a radioproteção é negligenciada, e os trabalhadores se expõem desnecessariamente aos raios-x. Esse trabalho visa apresentar as legislações nacionais e internacionais a respeito da proteção radiológica, e discutir sobre a realidade dos serviços de diagnóstico radiológico veterinários.

Palavras-chave: Radiação ionizante, proteção radiológica, medicina veterinária

ABSTRACT

Veterinary radiology is an area in constant expansion, due to its importance for the conduction and conclusion of clinical cases; however, the particularities of the patients make the work harder when compared to human radiology. X-rays are part of the spectrum of electromagnetic radiation. They are produced by process of electrons accelerating and braking. Their properties make them invisible and undetectable to our senses, and it can ionize atoms, being called ionizing radiation. DNA ionizations can lead to mutations, miscarriage, fetal abnormalities, disease susceptibility, shortened lifespan, carcinogenesis, or cataracts, which is why it is so important to minimize the exposure of people who work in a radiation environment. Brazilian Federal Decree 3048/99 classifies ionizing radiation as an agent harmful to workers' health. Radiological protection is the set of measures that aim to protect human beings and their descendants against possible unwanted effects caused by ionizing radiation. The first Brazilian legislation regarding radiological protection was "Portaria 453", from 1998. The RDC 330, from 2019, replaced Portaria 453/98, and, among all the changes brought about by the new RDC, the main one is that each specialty of diagnostic imaging received "Instruções Normativas", according to each technology. The main objective of RDC 330 is to regulate the control of medical, occupational and public exposures. In 2022, RDC 611/2022 replaced RCD 330/2019. In veterinary radiology, the professionals have difficulties using personal protective equipment such as lead gloves. In some cases, radioprotection is neglected, and the workers are unnecessarily exposed to x-rays. This work aims to present national and international legislation regarding radiological protection and discuss the reality of veterinary radiological diagnostic services.

Keywords: Ionizing radiation, radiation protection, veterinary medicine

LISTA DE IMAGENS

Figura 1: Desenho esquemático de proteção radiológica ineficiente	21
Figura 2: Posicionamento radiográfico de abdômen de um cão sem contenção manual, utilizando sacos de areia.	22
Figura 3: Posicionamento de um gato para radiografia sem contenção manual, com saco de areia e tira elástica.....	23
Figura 4: Representação de método de contenção de aves para radiografia de cavidade celomática.....	23
Figura 5: Radiografia de um equino fora da sala de radiografia, com aparelho portátil e suporte de braço para cassete. Note a placa na porta da baia indicando um procedimento com radiação ionizante.....	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Fatores de ponderação de radiação	15
Tabela 2: Fatores de ponderação de órgãos ou tecidos	16
Tabela 3: Limite de doses anuais segundo a resolução 164.....	32

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
C/Kg	Coulombs por quilograma de ar
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear
EPI	Equipamento de Proteção Individual
Gy	Gray
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
IOE	Indivíduo Ocupacionalmente Exposto
Kg	Quilogramas
kVp	Quilovoltagem
LTCAT	Laudo Técnico de Condições Ambientais do Trabalho
mA	Miliamperagem
mSv	Milímetros de Sievert
mmPb	Milímetros de chumbo
OSL	Optically Stimulated Luminescence
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
RT	Responsável Técnico
SI	Sistema Internacional de Unidades
SPR	Supervisor de Proteção Radiológica
Sv	Sievert
TL	Termoluminescência
TPLO	Tibial Plateau Leveling Osteotomy

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVOS.....	11
3. REVISÃO DE LITERATURA	12
3.1. RADIAÇÃO IONIZANTE	12
3.1.1. Grandezas radiológicas	13
3.1.1.1. Exposição	13
3.1.1.2. Dose Absorvida.....	13
3.1.1.3. Dose Equivalente.....	14
3.1.1.4. Dose Efetiva	15
3.1.2. Efeitos biológicos.....	16
3.1.2.1. Efeitos Determinísticos	16
3.1.2.2. Efeitos Estocásticos.....	16
3.2. LEGISLAÇÃO	17
3.2.1. Justificação.....	18
3.2.2. Legislação na Medicina Veterinária	18
3.3. ESTRUTURA FÍSICA.....	24
3.3.1. Exame radiográfico fora do serviço de radiologia	27
3.4. PROTEÇÃO INDIVIDUAL	31
3.4.1. Dosimetria	35
3.4.2. Gestão de pessoal e programa de educação permanente...	37
4. DISCUSSÃO	40
5. CONCLUSÃO	44
6. REFERÊNCIAS	45

1. INTRODUÇÃO

Os raios-X foram descobertos em 8 de novembro de 1895, por Wilhelm Conrad Roentgen, um físico alemão, através de experimentos com o tubo de Crookes. Foram usados rapidamente para fins médicos, e muitas aplicações sofisticadas logo foram criadas. Mais de 120 anos após sua descoberta, a imagem usando raios-x é um dos testes diagnósticos mais importantes e amplamente utilizados em pessoas e animais (Bellon, 2021; Thrall, 2015).

A radiologia veterinária é uma área em constante expansão, devido à sua relevância para a condução e conclusão de casos clínicos. O uso da radiação X permite a avaliação estática de órgãos e estruturas internas dos pacientes, realizando a identificação, acompanhamento ou mesmo indicando possíveis processos patológicos dos sistemas cardíaco, respiratório, urinário, digestório e osteoarticular. No entanto, as particularidades dos pacientes acabam por dificultar o trabalho quando em comparação à radiologia humana, uma vez que há grande variação de espécies, portes e temperamentos, e os pacientes muitas vezes precisam ser contidos física ou quimicamente para permitir o exame radiográfico.

2. OBJETIVOS

Os objetivos deste trabalho são rever os princípios da radiação X, expor as principais legislações nacionais e internacionais sobre o assunto e as formas de radioproteção na medicina veterinária, e discutir sobre a forma como os exames são conduzidos na prática dos serviços.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. RADIAÇÃO IONIZANTE

Os raios X fazem parte do espectro da radiação eletromagnética. São formados quando elétrons em alta velocidade atingem metais: na radiologia, isso ocorre em um tubo de raios-X (Thrall, 2015). Os raios-X são produzidos através de um processo de aceleração e frenagem de elétrons. O tubo é constituído de um cátodo e um ânodo, onde uma fonte de alta tensão gera uma Diferença de Potencial. No cátodo há um filamento, que por processo termiônico libera elétrons que são acelerados em direção ao ânodo, onde há um alvo de material metálico com alto número atômico e ponto de fusão (comumente Tungstênio ou molibdênio). Os elétrons acelerados, ao se chocarem com os átomos do alvo, transferem sua energia de 3 principais maneiras: convertendo-a em calor, sendo este o motivo do alvo ter um alto ponto de fusão; na produção de raios X de freamento (Bremsstrahlung), e em raios X característicos (Bellon, 2021). O número de elétrons liberados está diretamente relacionado à quantidade de corrente elétrica que passa pelo filamento, que é, por sua vez, regulada pelo controle de miliamperagem (mA) no painel de controle do aparelho de raios X, enquanto a diferença de potencial entre o filamento e o alvo é ajustada com o controle de pico de quilovoltagem (kVp) no painel de controle do aparelho de raios X. Aumentando o kVp, aumenta a diferença de voltagem entre o filamento e o alvo, e os elétrons são então acelerados a velocidades mais altas e têm mais energia ao atingir o alvo, permitindo a produção de raios X de alta energia (Thrall, 2015).

As propriedades dos raios X são: não possuir massa nem carga, viajar na velocidade da luz em linha reta, invisíveis, não podem ser sentidos nem desviados por campos magnéticos, podem fazer substâncias fluorescerem, podem expor emulsões fotográficas, tem algum grau de penetração em todo tipo de matéria, e podem ionizar átomos. A ionização ocorre quando um elétron é ejetado do átomo, nesse caso por raios X: isso cria um par de íons, consistindo em um elétron com carga negativa, e um átomo com carga positiva. Quando os raios X atingem uma pessoa, eles podem resultar em ionizações no DNA, levando a mutações, aborto ou anormalidades fetais, suscetibilidade a doenças e redução do tempo de vida, carcinogênese ou catarata. É por isso que é tão importante minimizar a exposição dopessoal que trabalha em um ambiente de radiação (Thrall, 2015).

3.1.1. Grandezas radiológicas

Dois conceitos relacionados devem ser entendidos antes que as unidades de radiação sejam consideradas. Primeiro, a exposição à radiação e a absorção de radiação não são a mesma coisa. Alguns tecidos absorvem a radiação de forma mais eficaz do que outros, o que significa que a exposição à mesma quantidade de radiação pode resultar em diferentes doses absorvidas nesses tecidos. Em segundo lugar, o efeito biológico da mesma dose absorvida também pode ser diferente, sendo função tanto do tipo de radiação quanto da energia. Um fator de ponderação numérico ou fator de qualidade foi derivado para estimar a diferença na eficácia biológica de váriostipos de radiação (Thrall, 2015).

3.1.1.1. *Exposição*

A exposição à radiação é baseada na quantidade de ionização no ar que a radiação produz, e é quantificada pela quantidade de carga elétrica resultante da ionização do ar produzida pelo fluxo de radiação. A exposição à radiação é expressa no Sistema Internacional de Unidades (SI) como coulombs por quilograma de ar (C/kg). Um coulomb é a unidade de carga elétrica transferida por uma corrente constante de 1 ampere em 1 segundo. O termo de exposição anterior, o *roentgen*, ainda é usado: um *roentgen* equivale a uma carga de 2,58 C/kg no ar (Thrall, 2015).

3.1.1.2. *Dose Absorvida*

A dose absorvida pode ser explicada como a grandeza física que caracteriza a quantidade de energia depositada em qualquer meio por qualquer tipo de radiação (Bellon, 2021).

A eficiência da absorção de raios X em diferentes materiais pode variar muito. Por exemplo, o chumbo é um absorvedor muito mais eficiente do que a água. Portanto, a dose de radiação em tecidos com diferentes eficiências de absorção será diferente quando expostos à mesma quantidade de radiação. A unidade SI para dose absorvida é o Gray (Gy). Um gray é a quantidade de radiação que leva à absorção de 1 joule/kg de tecido. Antes da aceitação das unidades SI, a unidade de

dose absorvida era o rad, que é igual a 100 ergs/g de tecido. O termo rad é obsoleto, mas está tão arraigado no léxico da radiologia que não foi substituído universalmente pelo Gy. Um Gy é igual a 100 rad. A absorção diferencial de raios X entre vários tecidos é a base da formação da imagem radiográfica, e sem essa diferença não seria possível fazer uma radiografia significativa (Thrall, 2015).

3.1.1.3. Dose Equivalente

A mesma dose absorvida, em Gy, de diferentes tipos de radiação pode não produzir o mesmo efeito biológico. Isso está relacionado a diferenças na densidade de ionização para diferentes tipos de radiação. Uma grande partícula fortemente carregada, como uma partícula alfa, cria muitas ionizações que estão próximas umas das outras, em comparação com uma pequena partícula levemente carregada, como um elétron ou um raio X, onde as ionizações são muito mais espaçadas. Quanto mais próximas as ionizações estiverem umas das outras, ou seja, maior densidade de ionização, mais danos biológicos resultarão de uma determinada dose. Portanto, a deposição de 1 Gy de uma partícula alfa causa mais danos biológicos do que a deposição de 1 Gy de um raio-x. A diferença no dano biológico da mesma dose absorvida de vários tipos de radiação é estimada pelo fator de ponderação. No sistema SI, a unidade de equivalência de dose é o sievert (Sv); o Sv é derivado do produto da dose absorvida em Gy e o fator de ponderação. Antes de as unidades do SI serem aceitas, a unidade de equivalência de dose era o equivalente de radiação em homem, ou *rem*. O rem foi derivado do produto da dose absorvida em rads e o fator de ponderação, pois $1 \text{ Gy} = 100 \text{ rads}$, $1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$ (Thrall, 2015). Os fatores de ponderação podem ser visualizados na tabela 1.

Tabela 1: Fatores de ponderação de radiação

TIPOS DE RADIAÇÃO	FATOR DE PONDERAÇÃO
Raios X	1
Raios Gama	1
Partículas Beta (elétron)	1
NEUTRONS	
<10 keV	5
10 - 100 keV	10
100 keV - 2MeV	20
Partículas Alfa	20

Fonte: Thrall, 2015.

3.1.1.4. Dose Efetiva

A grandeza de proteção dose efetiva serve para estabelecer limites de exposição para todo o corpo à radiação. Ela se dá pela soma das doses equivalentes nos tecidos ou órgãos, multiplicada por um fator de ponderação tecidual ou do órgão em questão. Sua unidade é o Sievert (Sv). Os fatores de ponderação de tecido ou órgão são relacionados com a sensibilidade de um dado tecido ou órgão à radiação. São baseados em estudos epidemiológicos de indução ao câncer e mortalidade por exposição à radiação (Bellon, 2021).

Tabela 2: Fatores de ponderação de órgãos ou tecidos

Tecido	Fator de ponderação tecidual
Gônadas	0,2
Medula óssea vermelha,	0,12
Cólon	0,12
Pulmão	0,12
Estômago	0,12
Bexiga	0,5
Mama	0,5
Fígado	0,5
Esôfago	0,5
Tireoide	0,5
Pele	0,1
Superfície óssea	0,1
Tecidos remanescentes ^[a]	0,5

[a] Tecidos remanescentes: Adrenais, Região extratorácica, Vesícula biliar, Coração, Rins, Músculo, Pâncreas, Intestino delgado, Baço, Timo, útero

Fonte: Bellon, 2021.

3.1.2. Efeitos biológicos

3.1.2.1. Efeitos Determinísticos

Segundo a Portaria nº 453, de 1998, efeitos determinísticos “*são aqueles para os quais existe um limiar de dose necessário para sua ocorrência e cuja gravidade aumenta com a dose*”. Também chamados de efeitos agudos, os efeitos determinísticos são reações teciduais (Ferrante et al, 2015). A gravidade do efeito é em função à dose, ou seja, quanto maior a dose, mais severo se torna o efeito, levando a falência reprodutiva das células, alterações fibróticas e morte celular. Existe um limiar de dose para o surgimento das reações teciduais. Esse tipo de efeito ocorre para doses muito mais altas que os limites de doses recomendados pelos órgãos nacionais e internacionais (Bellon, 2021).

3.1.2.2. Efeitos Estocásticos

De acordo com a Portaria nº 453, de 1998, “São aqueles para os quais não existe um limiar de dose para sua ocorrência e cuja probabilidade de ocorrência é uma função da dose. A gravidade destes efeitos é independente da dose”. São alterações que surgem nas células normais, sendo os principais o efeito

cancerígeno e o hereditário. Diferentes das reações teciduais onde há a necessidade de uma alta dose, não há um limiar para a aparição dos efeitos, eles podem surgir com qualquer dose, tanto baixa quanto alta. Eles são probabilísticos, ou seja, quanto maior a dose, maior a probabilidade da ocorrência do efeito estocástico. Estes efeitos são sempre tardios, apresentando um período de latência que pode ser de vários anos. Em alguns cânceres o período de latência pode variar de 2 a 10 anos(Bellon, 2021).

3.2. LEGISLAÇÃO

O Decreto Federal 3048/99, em seu anexo IV, classifica a radiação ionizante como um agente nocivo à saúde do trabalhador (ProRad, [data desconhecida]). A proteção radiológica é o conjunto de medidas que visam proteger o ser humano e seus descendentes contra possíveis efeitos indesejados causados pela radiação ionizante (CNEN, 2014).

A Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) 330, de 2019, substituiu a Portaria 453, de 1998, sendo que, entre todas as mudanças provocadas pela nova RDC, a principal é que cada especialidade de diagnóstico por imagem ganhou Instruções Normativas de acordo com cada tecnologia. O principal objetivo da RDC 330 é regulamentar o controle das exposições médicas, ocupacionais e do público (Fagundes, 2021). Em 2022, a RCD 330 foi substituída pela RDC 611/2022.

A RDC 611/2022 tem como objetivos estabelecer os requisitos sanitários para organização dos serviços de radiologia, regulamentar o controle das exposições médicas, ocupacionais e do público, aplicando-se a todas as pessoas, físicas ou jurídicas, do direito público ou privado, civis ou militares, envolvidas com:

- Prestação de serviços radiológicos
- Fabricação e comercialização de equipamentos de radiologia, assim como seus componentes e acessórios; e
- Utilização de radiação em atividades de pesquisa e ensino em saúde humana.

3.2.1. Justificação

A Portaria 453, de 1998, estabelecia o princípio básico da justificação, reforçando que o uso da radiação ionizante deve ser adotado somente quando necessário e justificável. Quando publicada, seu intuito era garantir que os benefícios gerados no uso da radiologia superassem os riscos. Nesse sentido, a proteção radiológica é o que vai permitir que os profissionais denominados IOEs (indivíduos ocupacionalmente expostos) tenham as mesmas condições de saúde depois de uma semana, um mês ou após uma vida toda trabalhando com serviços radiológicos. Trabalhos feitos na área de medicina discutem a adequada justificativa de exames de imagem, assim como os erros mais comuns que podem levar a solicitação desnecessária de exames. Um dos principais erros de propedêutica é relacionado com a coleta de dados, na qual a anamnese e exame físico, muitas vezes, estão incompletos ou equivocados (Ferrante et al, 2015).

Na medicina veterinária, nota-se um número elevado de solicitações para exames radiográficos, que podem ser questionados quanto a sua justificação. A solicitação de exames radiográficos da região torácica tem muitas recomendações, pois envolve dois grandes sistemas (cardiovascular e respiratório) que podem ser pesquisados por meio desta técnica. Ressalta-se ainda que o exame radiográfico como única forma de avaliação da silhueta cardíaca não é capaz de especificar o tipo de cardiopatia, necessitando de exames adicionais para o diagnóstico definitivo (como por exemplo o ecocardiograma). O exame radiográfico tem uma grande importância na prática médica e veterinária, porém, o princípio de justificação para a solicitação dos exames não deve ser negligenciado (Ferrante et al, 2015).

3.2.2. Legislação na Medicina Veterinária

A proteção radiológica na veterinária tem que ser tratada com o mesmo cuidado da medicina. Primeiro porque é uma norma e precisa ser seguida; segundo porque na veterinária é preciso criar estratégias para evitar que o profissional se exponha à radiação, tanto primária, quanto secundária (Froes, 2021). As legislações, portarias e normas disponibilizadas pelos Ministérios do Trabalho e da Saúde e pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) abordam a proteção do ambiente e segurança dos trabalhadores em radiologia

sem abordar a radiologia veterinária especificamente (Neves et al, 2020).

A RDC 611/2022, em seu artigo 3º, parágrafo VII, define procedimento radiológico como “exame diagnóstico ou utilização intervencionista de radiações em seres humanos”, mas ressalta que serviços de radiologia veterinária devem atender ao disposto nesta resolução, no tocante à proteção dos trabalhadores e de indivíduos do público.

Como regras básicas de proteção radiológica na medicina veterinária, o exame deve ser justificado pela necessidade clínica, sendo que o posicionamento do paciente, a operação do aparelho e as técnicas de obtenção de imagem devem ser adequados para evitar ao máximo a repetição do estudo radiográfico, a carta técnica otimizada considerando-se a preservação da qualidade final do exame, e deve-se utilizar de anestesia ou tranquilização para contenção química do paciente sempre que possível (Ferrante et al, 2015).

Em radiologia veterinária, os profissionais têm dificuldades em usar equipamentos de proteção individual, como luvas de chumbo. Pacientes podem ser muito pequenos ou muito agitados, não permitindo que o trabalhador o contenha apropriadamente usando as luvas, forçando-os a realizar o exame sem elas. Para a radiologia veterinária, conhecimento sobre radioproteção é extremamente importante, devido à peculiaridade de trabalhar com animais que precisam ser contidos. Em alguns casos, a radioproteção é negligenciada, e os profissionais se expõem desnecessariamente aos raios-x. A imobilização dos animais nos exames de raios-x é feita pelos próprios profissionais, deixando-os perto do raio primário, expondo principalmente as mãos. Em 1930, danos às mãos de veterinários que trabalhavam com fluoroscopia foram observados, e em 1970 lesões radioinduzidas eram comuns em veterinários que realizavam exames de raios-x (Sousa et al, 2021). Outro método de imobilização utilizado para substituir a imobilização física seria a sedação, mas não é muito utilizada pelo custo financeiro apropriado e risco ao animal (Neves et al, 2020).

Há vários códigos de proteção internacionais que já se atentam à utilização de sedação e anestesia ao invés da imobilização física: os códigos do Reino Unido “*Management of Radiation Protection in defence: part 2 guidance* (JSP 392), Chapter 27: *veterinary diagnostic x-ray machines*”, Canadense “*Radiation*

Protection In Veterinary Medicine - Recommended Safety Procedures For Installation And Use Of Veterinary X-ray Equipment - Safety Code 28” e Australiano “*Code of Practice & Safety Guide - Radiation Protection in Veterinary Medicine*”, endossam a sedação e a utilização de aparatos de contenção em detrimento da contenção física sempre que possíveis, este sendo utilizado apenas se há um motivo clínico que impossibilite a sedação e/ou anestesia (Bellon, 2021).

Os níveis de dose de cada exposição ao operador frequentemente não são elevados, mesmo nas mãos, que muitas vezes estão próximas ao feixe primário; mas estes podem ser significativos se considerarmos uma alta frequência de exames e o não uso das roupas de proteção radiológicas. Ainda é comum hoje observar a exposição das mãos dos operadores nas imagens sem o uso de luvas de chumbo. Além disso, a proximidade do operador ao feixe primário causa problemas com a radiação espalhada, que no futuro podem causar danos biológicos, especialmente no cristalino e na tireoide, pois esses órgãos têm alta radiosensibilidade (Rosa; Barros; Costa, 2017). Em trabalho retrospectivo, Rosa e Barros [data desconhecida] identificaram que, do total de 2552 imagens, 271 apresentavam a presença das mãos do operador quando retirada a edição do sistema de pós-processamento. Concluiu-se que é necessário reforçar o entendimento dos trabalhadores sobre os riscos ocupacionais da exposição das mãos ao feixe primário, e a necessidade do desenvolvimento de métodos de blindagem mais ergonômico para as extremidades, uma vez que as luvas plumbíferas, apesar de eficazes no quesito de blindagem, atrapalham na rotina de imobilização.

Mesmo sem a adoção de luvas, uma maneira em que o profissional de radiologia protege as extremidades do feixe primário nas práticas é através da correta colimação, e acuidade individual em evadir o feixe o máximo possível, enquanto garante a qualidade de imagem. É importante notar que mesmo que as extremidades não sejam expostas à radiação primária durante as projeções radiográficas, a ausência do uso do EPI deixará as mãos do operador expostas a radiação secundária, o que não é o ideal. Isso também ocorre durante procedimentos em que o trabalhador apenas cobre as mãos com as luvas para tentar protegê-las do feixe primário. A radiologia digital CR e DR permite o uso de ferramentas de edição de imagem, e este permite recortar extremidades da

radiografia pós-processamento, visto que isso embeleza e despolui a imagem, pois não há real interesse radiográfico nas suas extremidades (Bellon, 2021). Contudo, há interesse do ponto de vista de proteção radiológica (Figura 1).

Figura 1: Desenho esquemático de proteção radiológica ineficiente



Fonte: Thrall, 2015.

Existem códigos de condutas, como o “*Code of Practice for Radiation Protection in Veterinary Medicine, RPII – 02/3* (Irlanda, 2002), que pedem que a imagem das bordas do dispositivo de limitação do feixe seja visível na radiografia, ou seja, não é permitido recortar as bordas da radiografia. Se houver exposição de extremidades, isso não deve ser removido pós-processamento da imagem.

A sedação e anestesia são um fator que podem reduzir erros de repetição gerados pela agitação do animal, pois estas superam a necessidade de contenção, facilitando posicionamento e manuseio e permitindo utilização de ferramentas

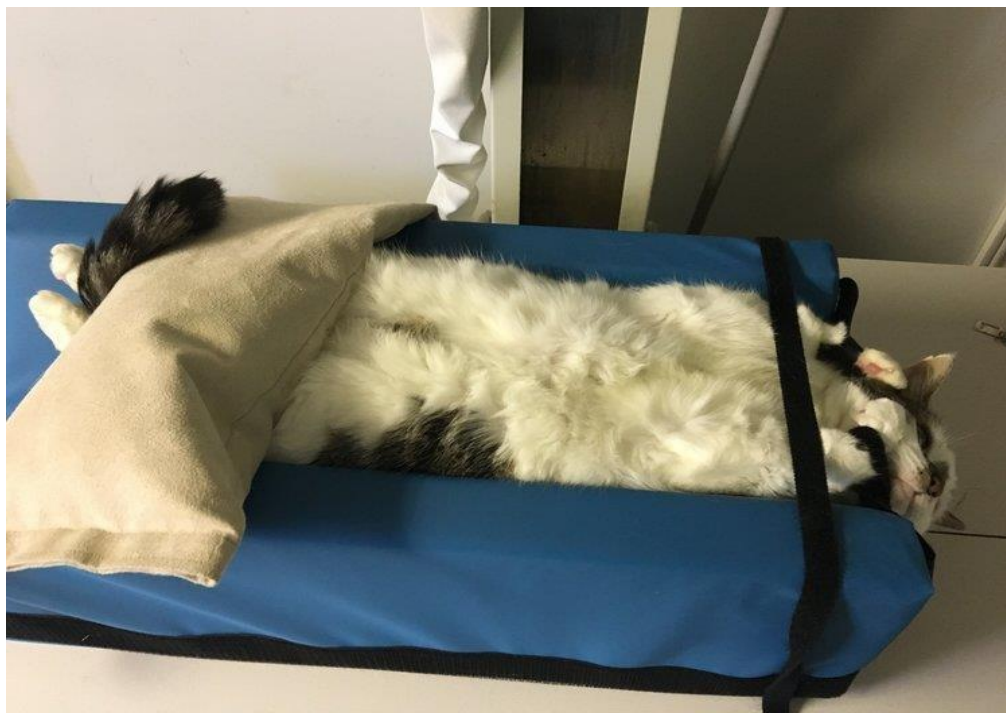
adicionais de posicionamento (abridor de boca e travesseiros de espuma) (Figuras 2, 3 e 4). Mesmo assim, foi observado que elas não excluem a necessidade da presença do profissional e dos tutores da sala de raios-x durante os disparos. A baixa frequência de procedimentos com sedação é um indicador de que a técnica é subutilizada. Há pressão econômica em não adotar a anestesiologia, muitos tutores não podem lidar com o custo adicional do serviço, e têm medo de uma possível complicação de saúde do animal em decorrência da sua utilização. Há também uma pressão imediatista sobre os profissionais da radiologia na obtenção das imagens: a conduta de reagendamento dos procedimentos radiográficos solicitando sedação perante animais difíceis de posicionar é encarada negativamente pelos tutores (Bellon, 2021).

Figura 2: Posicionamento radiográfico de abdômen de um cão sem contenção manual, utilizando sacos de areia.



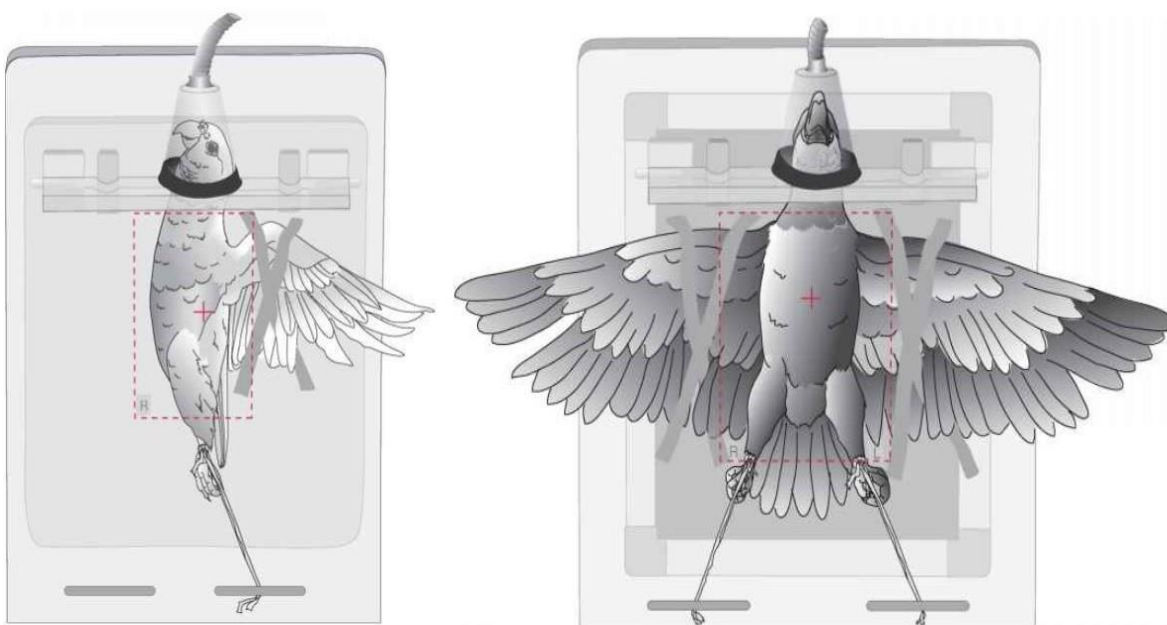
Fonte: International Atomic Energy Agency, 2021.

Figura 3: Posicionamento de um gato para radiografia sem contenção manual, com saco de areia e tira elástica



Fonte: Bitan, [data desconhecida].

Figura 4: Representação de método de contenção de aves para radiografia de cavidade celomática



Fonte: Silverman; Tell, 2010.

3.3. ESTRUTURA FÍSICA

A portaria 453 também estabeleceu as primeiras normatizações relacionadas ao setor de radiologia ou a sala onde os aparelhos de radiologia ficam, que deveriam ser implantadas ainda no projeto na planta. Dessa maneira, os ambientes das instituições que utilizam a radiação deveriam ser construídos seguindo as recomendações da portaria, respeitando as determinações relacionadas às áreas controladas e áreas livres, e estabeleceu protocolos para os profissionais que estão diariamente e repetidas vezes operando os aparelhos de radiação, recomendando a aferição dos níveis de radiação por meio do dosímetro.

A RDC 611 determina os requisitos sanitários básicos para os serviços de radiologia diagnóstica e intervencionista. Dentre os requisitos específicos de infraestrutura, está previsto o projeto básico de arquitetura, contendo:

- Relação dos equipamentos, componentes e acessórios
- Planta baixa, apresentando:
 - Leiaute das salas de exames e de procedimentos
 - Leiaute das salas de controle
 - Posicionamento dos equipamentos
 - Painel de controle
 - Visores ou sistema de visualização da sala de equipamento;
 - Janelas;
 - Mesas e mobiliário relevante;
- Descrição dos dispositivos de segurança a serem utilizados, atendendo ao gerenciamento dos riscos inerentes a cada modalidade;

Ainda segundo a RDC 611/2022, dentre os requisitos específicos de infraestrutura para instalações que utilizam aparelhos de radiologia, está prevista a apresentação de projeto de blindagem elaborado e assinado por profissional legalmente habilitado, aprovado e assinado por responsável legal, e que este deve preceder a análise de demais itens do projeto de arquitetura apresentado à vigilância sanitária. No entanto, ficam dispensados da aprovação do projeto de

blindagem os serviços de radiologia que disponham apenas de equipamentos móveis, serviços de densitometria, serviços de ultrassonografia e serviços de odontologia que disponham apenas de equipamento de radiografia intraoral. Qualquer modificação nas instalações, no tipo de equipamento ou inclusão de novo equipamento de radiologia diagnóstica ou intervencionista, assim como a modificação de quaisquer parâmetros utilizados para os projetos de blindagem, devem ser aprovadas pela autoridade sanitária competente antes da sua efetivação. A regulamentação prevê ainda que a iluminação da sala de interpretação e laudos deve ser planejada de modo a não prejudicar a avaliação da imagem.

O serviço de radiologia deve possuir sala com, no mínimo, 25 m², com paredes baritadas ou com revestimento de chumbo, com portas blindadas com chumbo, com avisos de funcionamento e luz vermelha para aviso de disparo de Raios-X (ProRad, [data desconhecida]).

Todo ambiente que for utilizar equipamentos de raios x geradores de radiação ionizante deverá conter barreiras para proteção do público, paciente e operadores dos equipamentos de raios-x. Hoje no mercado existem materiais comercializados para este fim, como por exemplo: argamassa baritada, lençol de chumbo, portas radiológicas e vidros plumbíferos (GRX, 2020).

Segundo Vilson [data desconhecida], quando se realiza a blindagem da sala de radiologia, deve-se entender que não se trata apenas do ambiente interno; a blindagem da sala de radiologia deve ser feita principalmente devido ao risco de vazamento de radiação para as adjacências. As salas de raios-x devem dispor de paredes, piso, teto, visor e portas radiológicas, e a altura mínima para a blindagem da sala de radiologia é 210 cm a partir do piso. Para que a blindagem da sala de radiologia seja eficaz e atenda os padrões mínimos para funcionamento dentro da legalidade, é imprescindível um projeto de blindagem. As cabines de comando onde o operador do aparelho atua também devem estar protegidas, garantindo assim sua integridade física; existem também biombo radiológicos, que fazem parte do projeto de blindagem da sala de radiologia, onde fica o operador do aparelho. Tanto a cabine quanto o biombo devem permitir ao operador o manuseio do aparelho e a visualização do paciente durante o exame radiológico, e ambos

devem estar posicionados de forma que qualquer indivíduo que entre no ambiente seja visto. Além da blindagem da sala de radiologia, o ambiente deve ter sinalização externa, a fim evitar a entrada de outros indivíduos na sala durante a realização dos exames: essa sinalização deve ser vermelha e visível do lado externo da sala de radiologia, e deve estar acesa enquanto o exame radiológico estiver acontecendo. Além da blindagem e da sinalização da sala de radiologia, deve-se levar em consideração a proteção individual de cada indivíduo envolvido no procedimento.

O tipo de material utilizado na blindagem, bem como sua quantidade e espessura, tem a função de proteger tanto a equipe envolvida no exame quanto pessoas do público, que não estão envolvidas no exame, mas podem estar próximas à sala de exames durante a emissão de raios-x. A disposição da sala e o posicionamento do equipamento são fatores importantes para a sua funcionalidade e influenciam diretamente na quantidade de blindagem necessária. Assim, um estudo apurado, realizado durante a elaboração do projeto, tem a finalidade de tornar a sala mais funcional e trazer benefícios econômicos através da redução do material utilizada na blindagem (CARP, 2020).

Para fins de gerenciamento da proteção radiológica, os titulares devem classificar as áreas de trabalho com radiação X em áreas controladas, áreas supervisionadas ou áreas livres, conforme apropriado: uma área deve ser classificada como área controlada quando for necessária a adoção de medidas específicas de proteção e segurança para garantir que as exposições ocupacionais normais estejam em conformidade com os requisitos de otimização e limitação de dose, bem como prevenir ou reduzir a magnitude das exposições potenciais, e devem estar sinalizadas com o símbolo internacional de radiação ionizante, acompanhando um texto descrevendo o tipo de material, equipamento ou uso relacionado à radiação ionizante. Uma área deve ser classificada como área supervisionada quando, embora não requeira a adoção de medidas específicas de proteção e segurança, devem ser feitas reavaliações regulares das condições de exposições ocupacionais, com o objetivo de determinar se a classificação continua adequada. As áreas supervisionadas devem ser indicadas como tal, em seus acessos.

Com a RDC 330/2019, a área de exames conhecida como comando fora da sala deixou de ser considerada uma área controlada caso não apresente níveis de dose no levantamento radiométrico compatível com a definida no Plano de Proteção Radiológica (Fagundes, 2021).

Segundo a RCD 611/2022, após montagem do equipamento de raio-x na sala, é realizado o “Teste de aceitação”, que consiste em um conjunto de medidas e verificações realizadas para atestar a conformidade com as características de projeto e de desempenho declaradas pelo fabricante, bem como requisitos da resolução 611/2022 e das demais normativas vigentes. Também deve ser realizado o “Teste de Constância”, que se refere à avaliação rotineira dos parâmetros técnicos e de desempenho de instrumentos e equipamentos de determinada instalação. Os instrumentos utilizados para avaliação dos equipamentos e das instalações devem estar calibrados em laboratórios credenciados pelos órgãos competentes, rastreáveis até a rede nacional ou internacional de metrologia, conforme periodicidade recomendada pelos fabricantes. Caso não haja recomendação do fabricante do instrumento quanto à periodicidade de calibração do equipamento, esta deve ser realizada conforme estabelecido pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro).

3.3.1. Exame radiográfico fora do serviço de radiologia

Um exame radiográfico não deve ser realizado fora de uma sala ou área de raios X definida, a menos que não seja possível trazer o animal para essa sala ou área. O “Code of Practice & Safety Guide - Radiation Protection in Veterinary Medicine” (Austrália, 2009), define regras para as radiografias realizadas fora das salas de radiologia: quando a radiografia for realizada fora de uma sala ou área de raios X definida, o médico veterinário responsável pelo procedimento radiológico deve garantir que:

- Sejam utilizados todos os equipamentos de segurança fornecidos pela pessoa responsável;
- Número de assistentes seja reduzido ao mínimo necessário para o procedimento;

- A natureza do procedimento e os cuidados a serem observados são explicados aos assistentes antes das exposições radiográficas;
- Sejam tomadas as precauções adequadas para proibir o acesso de pessoas não autorizadas à área durante a radiografia. Por exemplo, pela exibição de sinais de alerta;
- Sejam utilizados suportes adequados para montagem do emissor de raios X e cassetes;
- O feixe de raios-x esteja corretamente alinhado ao cassete; e
- O feixe de raios-x seja colimado em uma área igual ou menor que o cassete.

A radiografia de animais fora de salas ou áreas de raios-x definidas (em outras partes das instalações, ou em visitas a fazendas, estábulos ou canis) pode aumentar os riscos de radiação pelas seguintes razões: o equipamento auxiliar e de proteção usual pode não estar disponível; é provável que seja mais difícil imobilizar o Animal; as pessoas disponíveis para ajudar podem não ser treinadas ou desconhecer os perigos da radiação; é provável que seja mais difícil evitar a presença de pessoas não autorizadas durante a radiografia; há maior risco de irradiação de pessoas em áreas próximas; e o feixe de luz do colimador pode ser ineficaz.

Quando a radiografia for realizada fora de uma sala ou área de raios X definida:

- Cassetes com suporte de chumbo ou suportes de cassete devem ser fornecidos;
- Equipamentos de proteção individual (EPIs) suficientes devem estar disponíveis para todas as pessoas participantes; e
- Suportes adequados para o conjunto do tubo de raios X e cassetes devem ser fornecidos.

Segundo o “Code of Practice & Safety Guide - Radiation Protection in Veterinary Medicine” (Austrália, 2009), a radiografia de grandes animais geralmente requer o uso de fatores de exposição consideravelmente maiores, aumentando assim o risco tanto do feixe primário quanto da radiação espalhada.

Para um exame radiográfico de uma região de um animal de grande porte que não as extremidades, o médico veterinário responsável pelo procedimento deve assegurar que:

- Seja utilizado equipamento de raios-x de alta potência em uma instalação fixa;
- Todos os assistentes usem roupas de proteção suficientes para oferecer proteção contra a fonte de radiação - por exemplo, pode ser necessário proteger as pernas;
- Todos os assistentes não imediatamente necessários para o procedimento permanecem o mais longe possível, a pelo menos 2 metros; e
- O animal é, sempre que possível, devidamente tranquilizado ou anestesiado antes da radiografia.

O “Radiation Protection In Veterinary Medicine - Recommended Safety Procedures For Installation And Use Of Veterinary X-ray Equipment - Safety Code 28” (Canadá, 1991) afirma que se necessário o animal deve ser sedado, ou usar dispositivos de contenção durante a radiografia. No entanto, se isso não for possível e uma pessoa precisar conter o animal, deve-se usar aventais, protetor de tireoide e luvas de proteção, e a irradiação pelo feixe primário de raios-X deve ser evitada. Os indivíduos devem evitar desempenhar essas funções regularmente. Segundo o *Guide ST 8.1* (Finlândia, 2012), a quantidade de radiação espalhada pode ser significativamente reduzida usando tamanhos de campo tão pequenos quanto possível para a realização do exame. Uma redução dos valores de imagem (tensão de imagem e corrente de imagem; não aumentar um enquanto reduz o outro) também leva a uma redução na radiação espalhada. Um aumento na distância entre o animal e a pessoa reduz significativamente a exposição da pessoa; dobrar a distância reduz a exposição da pessoa em aproximadamente um quarto. Portanto, a pessoa que segura o animal deve ficar o mais longe possível do animal durante a exposição. Se um cassete ou placa não puder ser colocado na mesa de tratamento ou em um suporte separado durante a radiografia, por exemplo, um cavalo, deve ser usado um suporte de cassete de braço de extensão (Finlândia, 2012). Chassis nunca devem ser segurados com as mãos (Figura 5) durante a exposição (Brasil, 1998)

Figura 5: Radiografia de um equino fora da sala de radiografia, com aparelho portátil e suporte de braço para cassete. Note a placa na porta da baia indicando um procedimento com radiação ionizante.



Fonte: International Atomic Energy Agency, 2021.

3.4. PROTEÇÃO INDIVIDUAL

O objetivo na radiologia diagnóstica é obter o máximo de informações diagnósticas, com exposição mínima à radiação do paciente, da equipe de radiologia e do público em geral. No entanto, como os raios X não podem ser vistos ou sentidos, é fácil desconsiderar o perigo potencial associado à exposição ocupacional aos raios X (Thrall, 2015). Todo ambiente que disponha de um equipamento de raios x também deverá conter EPIs (equipamento de proteção individual) para proteção do paciente, acompanhante e operador, como biombo de chumbo e aventais plumbíferos; estes acessórios radiológicos irão prevenir a exposição desnecessária à radiação secundária ionizante (GRX, 2020).

Segundo a ProRad ([data desconhecida]), o trabalhador que realize atividades em áreas onde existam fontes de radiações ionizantes deve:

- Permanecer nestas áreas o menor tempo possível para a realização do procedimento;
- Ter conhecimento dos riscos radiológicos associados ao seu trabalho;
- Estar capacitado inicialmente e de forma continuada em proteção radiológica;
- Usar os EPIs adequados para a minimização dos riscos; e;
- Estar sob monitoração individual de dose de radiação ionizante, nos casos em que a exposição seja ocupacional.

O decreto federal 3048 de 1999, em seu anexo IV, classifica a radiação ionizante como um agente nocivo à saúde do trabalhador, e define que a comprovação da efetiva exposição é feita através de formulário emitido pela empresa, com base no Laudo Técnico de Condições Ambientais do Trabalho (LTCAT). A comprovação do uso de dosímetro ou simples coleta de informações relacionadas às taxas de exposição à radiação, também conhecidas como “levantamento radiométrico”, não constitui um LTCAT (ProRad, [data desconhecida]). O levantamento radiométrico consiste na avaliação dos níveis de radiação nas áreas de uma instalação, e os resultados devem ser expressos para condições de carga de trabalho máxima semanal (BRASIL, 2019).

Segundo a portaria 453, de 1998, os limites de dose incidem sobre o indivíduo, considerando a totalidade das exposições decorrentes de todas as

práticas a que ele possa estar exposto; não se aplicam às exposições médicas; não devem ser considerados como uma fronteira entre "seguro" e "perigoso"; não devem ser utilizados como objetivo nos projetos de blindagem ou para avaliação de conformidade em levantamentos radiométricos; e não são relevantes para as exposições potenciais. Para exposições ocupacionais, a dose efetiva média anual não deve exceder 20 mSv em qualquer período de 5 anos consecutivos, não podendo exceder 50 mSv em nenhum ano, e a dose equivalente anual não deve exceder 500 mSv para extremidades e 150 mSv para o cristalino.

A resolução 164, de 2014, define a limitação de dose individual: a exposição normal dos indivíduos deve ser restringida de tal modo que nem a dose efetiva nem a dose equivalente nos órgãos ou tecidos de interesse, causadas pela possível combinação de exposições originadas por práticas autorizadas, excedam o limite de dose especificado na tabela a seguir, salvo em circunstâncias especiais, autorizadas pela CNEN.

Tabela 3: Limite de doses anuais segundo a resolução 164

Limites de Dose Anuais ^[a]			
Grandeza	Órgão	<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] <small>(Alterado pela Resolução CNEN 114/2011)</small>	15 mSv
	Pele ^[d]	500 mSv	50 mSv
	Mãos e pés	500 mSv	---

Fonte: CNEN, 2014.

Onde [a] é 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] 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; e [d] Valor médio em 1 cm² de área, na região mais irradiada.

Para mulheres grávidas ocupacionalmente expostas, suas tarefas devem ser controladas de maneira que seja improvável que, a partir da notificação da gravidez, o feto receba dose efetiva superior a 1 mSv durante o resto do período de gestação. Indivíduos com idade inferior a 18 anos não podem estar sujeitos a exposições ocupacionais (CNEN, 2014).

Qualquer indivíduo ocupacionalmente exposto (IOE) que possa receber uma exposição ocupacional sujeita a controle deve ser submetido à monitoração individual, sempre que adequada, apropriada e factível. Nos casos em que a monitoração individual não for aplicável, a avaliação da exposição ocupacional do IOE tomará como base os resultados da monitoração da área e as informações sobre as atividades do IOE na área. Os titulares e empregadores devem solicitar aconselhamento médico adequado sempre que qualquer IOE, em uma única exposição, vier a receber uma dose efetiva superior a 100 mSv ou dose absorvida superior ao limiar de efeitos determinísticos. Os limites de dose estabelecidos não se aplicam a exposições médicas de acompanhantes e voluntários que eventualmente assistem pacientes. As doses devem ser restritas de forma que seja improvável que algum desses acompanhantes ou voluntários receba mais de 5 mSv durante o período de exame diagnóstico ou tratamento do paciente. Os registros de dose para cada IOE devem ser preservados durante o período ativo do indivíduo. Esses registros devem ser preservados até os IOE atingirem a idade de 75 anos e, pelo menos, por 30 anos após o término de sua ocupação, mesmo que já falecido (CNEN, 2014).

A presença de acompanhantes durante os procedimentos radiológicos somente é permitida quando sua participação for imprescindível para conter, confortar ou ajudar pacientes: esta atividade deve ser exercida apenas em caráter voluntário e fora do contexto da atividade profissional do acompanhante, e é proibido a um mesmo indivíduo desenvolver regularmente esta atividade. Durante as exposições, é obrigatória aos acompanhantes a utilização de vestimenta de proteção individual compatível com o tipo de procedimento radiológico e que possua, pelo menos, o equivalente a 0,25 mm de chumbo. O conceito de limite de dose não se aplica para estes acompanhantes, entretanto, as exposições a que forem submetidos devem ser otimizadas com a condição de que a dose efetiva não exceda 5 mSv durante o procedimento (Brasil, 1998).

As roupas de chumbo são equipamentos de proteção individual que atenuam os feixes de radiação e devem ser usados sempre que o operador não estiver atrás de uma barreira física ou a menos de 2 metros da fonte de radiação. Os principais tipos de roupas de chumbo incluem aventais de chumbo, protetores de tireoide, luvas de chumbo e óculos de chumbo, com 0,25 mmPb e 0,5 mmPb. O uso da roupa de chumbo reduz a dose ocupacional em até 75%, desde que a blindagem esteja intacta. No Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), a norma 453 e a NR32 do Ministério do Trabalho exigem o uso de vestimentas de chumbo para todas as instalações que operam com raios-x. Essas leis exigem que a integridade do chumbo da vestimenta seja verificada anualmente e armazenada adequadamente em um estande, pois o armazenamento inadequado pode causar quebras e rachaduras na borracha de chumbo e perda de integridade, dando a falsa sensação de segurança. Além disso, devem ser dispostos em quantidade suficiente para todos os usuários (Rosa; Barros; Costa, 2017). As vestimentas plumbíferas não devem ser dobradas. Quando não estiverem em uso, devem ser mantidas de forma a preservar sua integridade, sobre superfície horizontal ou em suporte apropriado (Brasil, 1998).

Recentemente, tem havido preocupação de que o uso de chumbo apresente segurança, mas também riscos de saúde a longo prazo para o pessoal médico. Por esse motivo, os equipamentos de proteção radiológica passam por avaliação radiográfica regular quanto a trincas e rachaduras, e aqueles considerados inaceitáveis são retirados de circulação. Como o chumbo é altamente tóxico e sua reciclagem é muito cara, a eliminação completa do chumbo dos locais de trabalho é desejada, e é incentivado o desenvolvimento de novos materiais sem chumbo. Polietileno, ácido polilático, epóxi, borracha bruta e borracha de silicone são comumente usados como matriz para fabricação de compósitos poliméricos contendo partículas de metal na composição em vez de chumbo. O tamanho das partículas de metal desempenha um papel importante na absorção de raios-x: quanto menores as partículas, maior a absorção pode ser alcançada, devido à proporção entre a área e o volume de uma partícula de alto número atômico. Elementos como o tungstênio e o bismuto são algumas das alternativas ao chumbo, pois se caracterizam pela baixa toxicidade entre os elementos de alto número atômico, são ecologicamente corretos, e são qualificados por sua leveza,

maleabilidade e capacidade de efetivamente atenuar a radiação, atraindo assim um interesse particular para aplicações na área médica (Adlienė, Gilys e Griškonis, 2020).

O chumbo tem sido empregado na proteção radiológica por muitos anos; porém, materiais de proteção contra radiação feitos de chumbo ou com equivalentes de chumbo não são flexíveis. Para superar esses problemas, alguns pesquisadores exploraram maneiras de fornecer proteção eficaz contra raios-x usando materiais alternativos. Em uma tentativa de reduzir o peso dos materiais de proteção, foram desenvolvidos materiais compostos equivalentes ao chumbo usando misturas de diferentes elementos, como chumbo, estanho, cobre, bismuto-antimônio e ítrio. O “papel funcional de tungstênio” (TFP: Toppan Printing Co., Ltd., Tóquio, Japão), é um papel com espessura de 0,3 mm e 80% de pó de tungstênio, e foi desenvolvido como uma alternativa de proteção radiológica sem chumbo. Tem as vantagens do papel, por ser fácil de cortar, dobrar e colar em outros materiais, e essas características o tornam particularmente flexível (Monzen et al, 2017).

3.4.1. Dosimetria

O monitoramento dos IOE é feito por meio da utilização de um monitor individual, ou dosímetro, composto por elementos detectores sensíveis à radiação. Os sistemas dosimétricos mais utilizados no Brasil para a monitoração dos IOE são baseados na técnica de termoluminescência (TL). Na técnica TL, os detectores previamente expostos à radiação são submetidos a um aquecimento controlado, emitindo um sinal luminescente com intensidade proporcional à dose absorvida pelo material detector. Outra técnica para monitoração individual, recente no Brasil, mas amplamente difundida em diversos países da comunidade Europeia e Estados Unidos, é a técnica de Luminescência Opticamente Estimulada (OSL – Optically Stimulated Luminescence). Assim como na técnica TL, no caso de sistemas dosimétricos baseados na técnica OSL, o material detector, previamente exposto à radiação, também emite um sinal luminescente proporcional à dose de radiação, porém o estímulo empregado para emissão luminescente é óptico ao invés de térmico. Embora apresente diversas vantagens em relação à técnica TL, como a

rapidez do processo de leitura e o não aquecimento do material, atualmente, somente um serviço de monitoração de IOE no país utiliza a técnica OSL (Neves et al, 2020).

Todo indivíduo que trabalha com raios-x diagnósticos deve usar, durante sua jornada de trabalho e enquanto permanecer em área controlada, dosímetro individual de leitura indireta, trocado mensalmente. Os dosímetros individuais destinados a estimar a dose efetiva devem ser utilizados na região mais exposta do tronco. Durante a utilização de avental plumbífero, o dosímetro individual deve ser colocado sobre o avental, aplicando-se um fator de correção de 1/10 para estimar a dose efetiva. Em casos em que as extremidades possam estar sujeitas a doses significativamente altas, deve-se fazer uso adicional de dosímetro de extremidade. Durante a ausência do usuário, os dosímetros individuais devem ser mantidos em local seguro, com temperatura amena, umidade baixa e afastados de fontes de radiação ionizante, junto ao dosímetro padrão, sob a supervisão do SPR. Se houver suspeita de exposição acidental, o dosímetro individual deve ser enviado para leitura em caráter de urgência. Os titulares devem providenciar a investigação dos casos de doses efetivas mensais superiores a 1,5 mSv (Brasil, 1998). A RDC 330/2019 mudou o limite de dose efetiva que tornava necessária investigação: o que antes era de 1,5 mSv passou a ser de 1.0 mSv (Fagundes, 2021).

Os dosímetros individuais devem ser obtidos, calibrados e avaliados exclusivamente em laboratórios de monitoração individual acreditados 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 (ProRad, [data desconhecida]).

Quando os valores mensais relatados de dose efetiva forem superiores a 100 mSv, os titulares devem providenciar uma investigação especial e, havendo uma provável exposição do usuário do dosímetro, devem submeter o usuário a uma avaliação de dosimetria citogenética. No caso de indivíduos que trabalham em mais de um serviço, os titulares de cada serviço devem tomar as medidas necessárias de modo a garantir que a soma das exposições ocupacionais de cada

indivíduo não ultrapasse os limites estabelecidos (Brasil, 1998).

A respeito do uso do dosímetro, fica a cargo do serviço decidir se o mesmo será utilizado sob ou sobre o avental de chumbo, tendo ainda a possibilidade de utilizar dois dosímetros aplicados para estimar a dose efetiva em um indivíduo (Fagundes, 2021).

3.4.2. Gestão de pessoal e programa de educação permanente

Vale destacar o que ainda segue igual a Portaria 453: a RDC 611 regulamenta que todos os IOE realizem treinamento de reciclagem em proteção radiológica anualmente. Tal exigência e orientações acerca do treinamento aparecem no Programa de Educação Permanente, que faz parte da RDC 611 (Fagundes, 2021). A RDC 611/2022 define que os serviços de radiologia devem implementar no mínimo os seguintes programas:

- Programa de Garantia de Qualidade
- Programa de educação permanente para todos os profissionais; e
- Programa de proteção radiológica, quando o serviço utilizar de radiações ionizantes.

O serviço de saúde deve possuir uma equipe multiprofissional dimensionada de acordo com seu perfil de demanda, e em conformidade com o estabelecido nas normativas aplicáveis. Deve possuir um responsável legal, que é a pessoa física investida de poderes legais para praticar atos em nome da pessoa jurídica, e este por sua vez deve definir um responsável técnico (RT), profissional legalmente habilitado para assumir a responsabilidade pelos procedimentos radiológicos de cada setor de radiologia. Cada RT deve ter substituto(s) legalmente habilitado(s) e formalmente designado(s) pelo responsável legal, para casos de ausência ou impedimento. O responsável legal também deve definir um membro da equipe para assumir a responsabilidade pelas ações relativas à proteção radiológica de cada serviço, denominado Supervisor de Proteção Radiológica, que também deve ter substitutos legalmente habilitados e formalmente designados pelo responsável legal para casos de seu impedimento ou ausência. O supervisor de proteção radiológica pode assessorar-se de consultores externos conforme necessidade e

porte do serviço, os quais devem estar alistados na equipe do serviço. Tanto o responsável técnico quanto o supervisor de proteção radiológica têm autoridade para interromper atividades inseguras no serviço de saúde pelo qual é responsável (Brasil,2022).

O serviço de radiologia diagnóstica ou intervencionista deve implementar Programa de Educação Permanente para toda a equipe, contemplando capacitação e treinamentos iniciais e periódicos, com frequência mínima anual; capacitações e treinamentos teóricos e práticos, baseados em abordagem de riscos, sempre que novos processos, técnicas ou tecnologias forem implementadas, ou antes de novas pessoas integrarem os processos; e metodologia de avaliação de forma a demonstrar a eficácia das ações de capacitação e treinamento. Tais capacitações e treinamentos periódicos devem contemplar, no mínimo:

- Normas, rotinas, protocolos e procedimentos operacionais;
- Segurança do paciente;
- Gerenciamento de riscos inerentes às tecnologias utilizadas;
- Programa de garantia de qualidade
- Programa de proteção radiológica, quando couber; e
- Normativas aplicáveis.

O responsável legal é o principal responsável pela aplicação da resolução 611/2022. Este deve garantir a segurança, a qualidade dos processos e a proteção dos pacientes, da equipe e do público em geral, devendo assegurar os recursos materiais e humanos e implementação das medidas necessárias para garantir o cumprimento da RDC 611/2022 e das demais normativas aplicáveis. No entanto, cada membro da equipe é responsável por informar ao responsável legal e ao supervisor de proteção radiológica qualquer evento que possa resultar em alterações dos níveis de dose ou em aumento do risco de ocorrência de acidentes, assim como qualquer outra circunstância que possa afetar a qualidade ou a segurança dos procedimentos, assim como fornecer as informações sobre suas atividades profissionais atuais e anteriores, de modo a permitir o controle adequado de saúde ocupacional, utilizar o dosímetro individual e equipamentos de

proteção individual, notificar o responsável legal sua gravidez confirmada ou suspeita, de modo a possibilitar a adequação dos processos de trabalho, e notificar à autoridade competente o descumprimento da resolução 611/2022.

4. DISCUSSÃO

Existem hoje diversas normativas e legislações, nacionais e internacionais, voltadas à proteção radiológica. No Brasil, a mais recente é a RDC 611/2022, que substituiu a RDC 330 de 2019. Estas foram as primeiras legislações sobre proteção radiológica a incluir a medicina veterinária em seus textos, porém ainda de maneira pouco específica: o artigo 2º, parágrafo único, da RDC 611/22 apenas refere que “serviços de radiologia veterinária devem atender ao disposto nesta resolução, no tocante à proteção dos trabalhadores e de indivíduos do público”, não entrando em detalhes quanto às peculiaridades dos pacientes e posicionamentos para obtenção de imagens. Enquanto isso, já existiam códigos internacionais mais antigos, como o finlandês de 2012, o australiano de 2009, o irlandês de 2002, e mesmo o canadense de 1991, que já orientavam práticas de proteção e métodos de contenção com o objetivo de diminuir a exposição humana à radiação durante procedimentos com animais, seja em clínicas e hospitais veterinários ou na obtenção de radiografias realizadas a campo. A RDC 611/22 também faz menção ao uso de aparelhos portáteis, como os utilizados nas radiografias a campo de grandes animais, e as regras são válidas tanto para medicina humana quanto para a veterinária: é proibido utilizar aparelhos móveis como fixos e é proibido segurar os dispositivos de registro de imagem com as mãos durante a exposição, sendo que esta segunda parte vai ao encontro à portaria federal 453, de 1998 e ao código de proteção radiológica australiano de 2009, que proíbe segurar o cassete com as mãos, indicando que todas as radiografias realizadas com aparelho portátil devem contar com suportes adequados para os equipamentos.

Na medicina veterinária, há outros desafios para a obtenção de imagens radiográficas quando comparado com a medicina humana: enquanto você pede para o paciente humano ficar em determinado posicionamento, se mover para determinado lado, e até prender a respiração quando necessário, na medicina veterinária há a necessidade de posicionar e conter os pacientes pelo tempo necessário até a captura da imagem. De forma geral, os pacientes podem ser contidos de forma mecânica ou química: na contenção mecânica, animais podem ser contidos manualmente, geralmente pelos tutores, ou por meio de calhas, tiras elásticas e sacos de areia. A contenção química envolve uma sedação ou

anestesia geral, dependendo do temperamento do paciente e das imagens a serem adquiridas, e geralmente é associada ao uso das calhas e sacos de areia. No Brasil, ainda não existe a cultura de solicitar a sedação para a realização de radiografias, por motivos variados, seja porque os animais não estão em um bom estado geral para passar por um procedimento anestésico, seja por limitação financeira dos proprietários, por desconhecimento ou receio de aplicar uma medicação no paciente, ou ainda limitação de pessoal especializado em anestesia. Por outro lado, também há a dificuldade dos tutores de realizar a contenção adequada para uma radiografia de um paciente acordado, pois alguns tutores têm medo que a contenção adequada possa machucar o animal, ou alegam que não conseguem segura-lo pois é “bravo” ou “muito forte”. Quando isso ocorre, a aquisição das imagens acaba sendo mais demorada, pois sem o posicionamento correto não é possível obter imagens de qualidade diagnóstica. Para contornar isso, e evitar atrasos na agenda e na liberação dos casos, os próprios profissionais de radiologia acabam se expondo e contendo os pacientes. Na Europa e Estados Unidos, é comum que cães sejam treinados desde filhotes para obedecer a comandos, facilitando que aceitem o posicionamento radiográfico, e até que sejam menos agressivos. Além disso, há a cultura de sedação, onde por vezes os pacientes são levados até a porta do setor de radiologia e entregues à equipe, que realiza todos os procedimentos com o mínimo de exposição humana, e depois são levados de volta para os tutores. Ao encontro disso, alguns centros diagnósticos no Brasil definem que determinados estudos radiológicos só sejam realizados com animal sedado ou anestesiado, principalmente quando envolvem planejamento cirúrgico, como radiografias para investigação de displasia coxofemoral ou de desvio angular, ou radiografias da articulação fêmoro-tíbio-patelar para planejamento da técnica de osteotomia e nivelamento do platô tibial (tibial plateau leveling osteotomy – TPLO), mas ainda contam com a contenção física realizada pelo tutor. Na rotina de um hospital-escola veterinário, é possível para os operadores de raios-X contarem com o auxílio de tutores para realizar o posicionamento, e, eventualmente, com residentes e funcionários de outros setores. Em clínicas particulares, durante o período de estágios na graduação, muitas vezes fui solicitada a auxiliar na contenção dos animais. A legislação determina que a contenção durante radiografias só pode ser realizada quando

estritamente necessária para posicionamento ou conforto do paciente, e que deve ser sempre em caráter voluntário, sendo que o mesmo voluntário não pode participar frequentemente de procedimentos radiológicos.

Quando se trata de radiografias de animais exóticos e silvestres, além das dificuldades apresentadas na contenção de cães e gatos, há ainda a limitação de tamanho e fragilidade dos pacientes: pensando em roedores ou pequenas aves, por exemplo, que inviabiliza a contenção manual com luvas plumbíferas, e ainda o agravante do estresse, que pode ser muito prejudicial, podendo inclusive levar ao óbito, ou ainda o risco para os trabalhadores da radiologia, pensando em animais peçonhentos. Para minimizar essas questões, aves e serpentes em sua grande maioria são sedadas ou anestesiadas para permitir posicionamento correto sem estressar o animal e sem riscos para o operador; quando o estado geral do paciente não permite uma sedação ou anestesia, podem ser utilizadas caixas de plástico transparentes, radiolúcidas, e o animal é radiografado sem necessitar de contenção manual, apesar de em alguns casos isso gerar sobreposições e dificultar ou impedir a avaliação radiográfica adequada. Pensando nos quelônios, podem ser utilizados raios horizontais, e o paciente posicionado acima de uma superfície radiotransparente, impedindo grandes movimentações. Além disso, tratando-se de animais menores, a técnica radiográfica e a colimação utilizadas tornam-se ainda mais importantes: evitam a superexposição e a subexposição, garantindo a qualidade da imagem, e diminuem a quantidade de radiação secundária espalhada no ambiente, e o risco de uma pessoa ser atingida pelo feixe primário quando realiza a contenção.

Quando se pensa na área de grandes animais, a situação é um pouco diferente, pois a grande maioria dos exames não é realizada em uma sala própria para radiologia, e sim a campo, dentro de baias ou troncos de contenção, devido à dificuldade de transporte dos animais até centros diagnósticos. Isso leva a uma maior dificuldade de controle da proteção radiológica, como citado no código australiano “Code of Practice & Safety Guide - Radiation Protection in Veterinary Medicine”, devido principalmente à dificuldade de imobilização do animal e manter afastadas pessoas não autorizadas. Geralmente os animais são contidos pelos próprios veterinários, que utilizam os aventais plumbíferos e protetores de tireoide, e podem ser sedados ou não, dependendo do temperamento do paciente e da

área a ser radiografada. Além disso, os exames a campo são realizados com aparelhos de raio-X portáteis, estes aparelhos geralmente têm uma menor potência de kVp, logo, liberam uma quantidade menor de radiação, sendo utilizados para extremidades, para alguns estudos de pacientes menores e mais leves, como potros e pequenos ruminantes. No entanto, geralmente os aparelhos portáteis e os detectores são segurados com as mãos, seja para ter agilidade em caso do paciente se mover, seja por não possuírem os suportes apropriados para o emissor e detector, ou mesmo por prática, ficando o veterinário com as mãos e rosto muito próximos do feixe primário, ou mesmo diretamente nele por trás da placa detectora, não aparecendo na imagem, mas recebendo a carga de radiação ionizante.

Quando se falando de hospitais-escola, há uma maior preocupação para que os exames sejam feitos da melhor forma possível, com a mínima exposição à radiação, e garantindo imagens com valor diagnóstico. Além de orientarem os tutores a utilizarem as vestimentas plumbíferas e quanto à melhor forma de conter os pacientes, é solicitado previamente que venham em duas pessoas adultas para realizar a contenção física, assim os profissionais não precisam se expor, além de contarem também com dispositivos como sacos de areia, faixas elásticas e colchões para posicionamento de animais calmos ou sedados, e a padronização de solicitar a contenção química para determinados estudos, ou quando percebem que o temperamento do paciente não vai permitir o posicionamento adequado. Esse tipo de conduta alinhada da equipe de radiologia garante que o princípio da justificação seja seguido, e acaba por partilhar com os demais serviços veterinários e com o público em geral os princípios da proteção radiológica. No entanto, na rotina de uma clínica, hospital ou centro diagnóstico, onde há uma agenda mais rígida a ser seguida, ou menor disponibilidade de voluntários para contenção, é comum que a mesma seja realizada pelos próprios profissionais ou estagiários.

5. CONCLUSÃO

Apesar da proteção contra radiação ionizante ser bastante conhecida na medicina humana, e apesar de já existirem legislações e orientações bem definidas para proteção radiológica veterinária em diversos países, a legislação brasileira voltada à essa área ainda precisa ser melhor desenvolvida, uma vez que métodos utilizados no exterior podem não se aplicar à rotina dos veterinários do país, e muitos profissionais aplicam na veterinária técnicas adaptadas para a nossa realidade. Profissionais comprometidos com a proteção radiológica se esforçam para evitar exposições desnecessárias à radiação, apesar de ainda haverem falhas.

É necessária uma conscientização da população em geral sobre as radiações ionizantes e os métodos de proteção disponíveis na hora da realização de exames radiográficos, assim como incentivar a contenção química quando necessário, visando a mínima contenção manual possível, tanto por parte da equipe de radiologia, quanto para os tutores e pacientes.

6. REFERÊNCIAS

Austrália. Code of Practice & Safety Guide - Radiation Protection in Veterinary Medicine. ARPANSA - Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency. Radiation Series nº 17, 2009

Adlienė, Diana; Gilys, Laurynas; Griškonis, Egidijus. Development and characterization of new tungsten and tantalum containing composites for radiation shielding in medicine. Nuclear Inst. and Methods in Physics Research B. [Lithuania], 2020.

Bellon, Arthur Marchi. Aspectos de Proteção Radiológica em uma Clínica de Radiodiagnóstico Veterinário. [Monografia]. São Paulo. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Instituto de Biociências – UNESP Botucatu; 2021.

Bitan, Julia. Hands-Free X-Rays: Reduce Radiation Exposure in Your Veterinary Hospital. New Vet Equipment. [Place unknow, date unknow]. Disponível em <https://newvetequipment.com/blog/hands-free-x-rays-reduce-radiation-exposure-in-your-veterinary-hospital>. Acesso em 19/11/2022.

Brasil. Norma CNEN NN 3.01, Resolução 164/14 - Diretrizes básicas para proteção radiológica. Comissão Nacional de Energia Nuclear, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Março/2014.

Brasil. Portaria Federal nº 453. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 1998.

Brasil. Resolução da Diretoria Colegiada RDC Nº 330. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Brasília, 2019.

Brasil. Resolução da Diretoria Colegiada RDC Nº 611. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Brasília, 2022.

Canada. Radiation Protection in Veterinary Medicine - Recommended Safety Procedures for Installation and Use of Veterinary X-ray Equipment - Safety Code 28. Health and Welfare Canada, 1991.

CARP. Cálculo de blindagens - projeto de barreiras e blindagens. Disponível em: <http://www.carp-rp.com.br/calculo-de-blindagens.html>. Acesso em 19/11/2022.

Fagundes, Robson. RDICOM - Radiologia na Nuvem. Entenda o que é RDC 330 e quais mudanças ela traz para as instituições radiológicas, 14/06/2021. Disponível em <https://rdicom.com.br/blog/rdc-330/>. Acesso em 19/11/2022.

Ferrante, Bruno; et al. Análise crítica da casuística de exames radiográficos de cães e gatos realizados em um Hospital Veterinário universitário durante o período de um ano: aspectos da proteção radiológica. Medvep - Revista Científica de Medicina Veterinária - Pequenos Animais e Animais de Estimação. [Local desconhecido], 2013.

Finlândia. Radiation Safety in Veterinary X-Ray Examinations, Guide ST 8.1. STUK – Radiation and Nuclear Safety Authority, 2012.

Froes, Tilde. Radiologia veterinária: dos riscos iminentes à proteção necessária. SaprLandauer, 28 de julho de 2021. Disponível em: <https://www.saprandauer.com.br/radiologia-veterinaria-dos-riscos-iminentes-protacao-necessaria/>. Acesso em 19/11/2022.

GRX, Grupo. Proteção Radiológica de Ambientes ou Blindagem sala de raio x

diagnóstico - 06/03/2020. Disponível em: <https://www.grupogrx.com.br/info-grx/protecao-radiologica-de-ambientes-ou-blindagem-sala-de-raio-x-diagnostico/>. Acesso em 19/11/2022.

International Atomic Energy Agency. Safety Reports Series nº 104 – Radiation Protection and Safety in Veterinary Medicine. Vienna – Austria, 2014.

Irlanda. Code of Practice for Radiation Protection in Veterinary Medicine, RPII – 02/3.RPII – Radiological Protection Institute of Ireland, 2002.

Monzen, Hajime; et al. A novel radiation protection device based on tungsten functional paper for application in interventional radiology. Journal of Applied Clinical Medical Physics;18:3:215–220 [Place unknow], 2017.

Neves, Isabela; et al. Estimativa de doses ocupacionais e de indivíduos do público em radiologia veterinária. Congresso Brasileiro de Metrologia das Radiações Ionizantes –CBMRI. [Local desconhecido], 2020.

ProRad. Legislação de Proteção Radiológica Trabalhista e Sanitária. Disponível em https://prorad.com.br/sis/storage/conteudos/146/9873_Legislacao_de_Protecao_Radiologica_Portaria_n%C2%B0453_98.pdf. Acesso em 19/11/2022.

Rosa, Paola da Costa; Barros, Frieda Saicla; Costa; Douglas Siqueira. Evaluation of the integrity of radiological protection clothing used in veterinary radiology. International Nuclear Atlantic Conference. [Place Unknow], 2017.

Rosa, Paola; Barros, Frieda. Exposição das mãos do operador em Radiologia Veterinária. Revista Brasileira de Física Médica. [Curitiba, data desconhecida].

Silverman, Sam; Tell, Lisa A. Radiology of birds: An atlas of normal anatomy and positioning. Elsevier Inc. Missouri, 2010.

Sousa, CHS; et al. A study to elaborate a technical manual of veterinary radioprotection. Journal of Physics: Conference Series. [Place unknow] 2021.

Thrall, Donald E. Diagnóstico de Radiologia Veterinária. Tradução da 6ª edição. Editora Elsevier Ltda. Rio de Janeiro, 2015.

Vilson - Blindagem da sala de radiologia. Data desconhecida. Disponível em <https://www.vilsonprotecaoradiologica.com.br/blindagem-sala-radiologia>. Acesso em 19/11/2022.