

# Exposição ocupacional de profissionais da medicina veterinária em exames de raios X de animais de pequeno porte

Monique França e Silva  
Faculdade de Engenharia Elétrica  
Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Biomédica Universidade  
Federal de Uberlândia  
Uberlândia, Brazil  
ORCID: 0000-0001-6305-9526

Thays Maria Pereira Machado  
Faculdade de Engenharia Elétrica  
Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Biomédica Universidade  
Federal de Uberlândia  
Uberlândia, Brazil  
ORCID:0000-0002-1612-7810

Alessa Maschio  
Instituto de Física  
Universidade Federal de Uberlândia  
Uberlândia, Brazil  
ORCID: 0000-0001-9033-0051

Ana Paula Perini  
Instituto de Física  
Faculdade de Engenharia Elétrica  
Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Biomédica Universidade  
Federal de Uberlândia  
Uberlândia, Brazil  
ORCID: 0000-0003-3398-3165

Evelyn Lemos de Oliveira  
Faculdade de Engenharia Elétrica  
Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Biomédica Universidade  
Federal de Uberlândia  
Uberlândia, Brazil  
ORCID:0000-0001-6772-6584

Lucio Pereira Neves  
Instituto de Física  
Faculdade de Engenharia Elétrica-  
Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Biomédica Universidade  
Federal de Uberlândia  
Uberlândia, Brazil  
ORCID:0000-0001-9152-79

**Abstract**—The use of X-ray examinations in animals has increased in recent years in veterinary clinics and hospitals. Thus, professionals involved in the containment and positioning of the animal are exposed to ionizing radiation, often having their hands under the primary beam of radiation. The non-use of personal protective equipment (PPE) such as gloves, lead eyewear and thyroid protectors is a reality in these environments, even after studies have shown the significant dose reduction they provide. In this way, this study carries out a bibliographic search with the objective of investigating the effective and equivalent doses received by veterinary professionals when manually containing small animals during X-ray examinations. After analyzing the data, it is concluded that the doses received by professionals may be reduced by up to 98% with a position further away from the equipment and the patient, and that with the use of PPE, there is a dose reduction of 98% of the doses received by the professional.

**Keywords** — X-ray, veterinary, occupational exposure, animal, radiation.

**Resumo**—O uso de exames de raios X em animais aumentou nos últimos anos nas clínicas e hospitais veterinários. Assim, os profissionais envolvidos na contenção e posicionamento do animal são expostos à radiação ionizante, tendo muitas vezes suas mãos sob o feixe primário de radiação. A não utilização dos equipamentos de proteção individual (EPI), como luvas, óculos e protetores de tireoide é uma realidade nesses ambientes, mesmo após estudos mostrarem a significativa redução de dose que eles proporcionam. Desta forma, este estudo realiza uma busca bibliográfica com o objetivo de investigar as doses efetivas e equivalentes recebidas pelos profissionais da veterinária ao conter manualmente animais de pequeno porte durante exames de raios X. Após a análise dos dados, concluiu-se que as doses recebidas pelos profissionais podem ser reduzidas em até 98% com um posicionamento mais distante do equipamento e do paciente, e que com o uso dos EPI, há uma redução de dose de 98% das doses recebidas pelo profissional.

**Palavras chaves** — Raios X, veterinário, exposição ocupacional, animal, radiação

## I. INTRODUÇÃO

Em meados de 1960 houve as primeiras realizações de exames de raios X em animais de diferentes portes, mas principalmente animais domésticos como cães e gatos [1]. Os equipamentos que realizam os exames que utilizam radiação ionizante na medicina veterinária, na maioria das vezes, são os mesmos equipamentos voltados para a medicina humana. Dentre os diferentes tipos de exames, pode-se destacar o raios X, tomografia computadorizada, radiologia intervencionista e entre outros [2,3]. Esses exames têm o objetivo de obter imagens das estruturas internas do animal a fim de realizar o diagnóstico e/ ou tratamento (radiologia intervencionista) de diferentes doenças ou fraturas patológicas.

O uso de exames de raios X em animais aumentou nos últimos anos nas clínicas e hospitais veterinários [3-6]. Os estudos de Chen *et al.* (2019) [6] e Shirangi *et al.* (2007) [7] apontaram que entre 78 a 90% dos exames de raios X realizados em animais de pequeno porte são em cães. Também, Chen *et al.* (2019) [6], relataram que durante 42 dias, 472 animais foram radiografados mais de duas mil vezes, tendo uma média de aproximadamente quatro radiografias por animal. Dependendo do tipo de radiografias, parâmetros de varredura e o tamanho do cão, as doses de entrada na superfície da pele do animal variam de 0,43 mGy a 4,22 mGy [8]. Por se tratar de um exame que utiliza radiação ionizante, a exposição pode ocasionar diferentes efeitos biológicos no animal [3,8]. Gregorich *et al.* (2018) [4] relataram que 60% dos radiologistas e veterinários não acreditavam que as doses recebidas pelo animal ocasionavam um risco de ocorrência de câncer fatal no animal.

Também, durante o exame de raios X, profissionais da radiologia, médicos e alunos veterinários, e o tutor do animal, são expostos à radiação ionizante durante a contenção manual e posicionamento do animal [2,5,9-13], uma vez que é necessário que ele fique imóvel para a obtenção das imagens com a melhor qualidade e nitidez, o que pode ser afetado quando há movimentações durante o disparo de raios X, criando artefatos e borrões na imagem. A contenção manual nos animais ocorre em mais de 94% dos exames [10-13] e em algumas situações pode acontecer a exposição direta do feixe

de raios X nas mãos do profissional ou tutor [10]. Além disso, as doses recebidas pelos profissionais advêm da radiação espalhada pelo animal e a maca, e com isso outros órgãos mais radiosensíveis, como cristalino, tireoide e gônadas sexuais, são expostos à radiação ionizante [3-6].

Os primeiros relatos de efeitos biológicos visuais ocasionados pela exposição à radiação em profissionais da medicina veterinária foi no ano de 1970, com lesões nas mãos dos profissionais [15]. Posteriormente, estudos [2-4,7] apontaram diferentes efeitos biológicos após a exposição à radiação, como catarata, leucemia e câncer. Shirangi *et al.* (2007) [7] e Shirangi *et al.* (2008) [16] apontaram sobre o risco de ocorrência de abortos espontâneos e efeitos congênitos em descendentes de veterinárias grávidas e expostas a radiações ionizantes. Desta forma, as doses recebidas pelos profissionais podem ser minimizadas com os meios de proteção à radiação referente ao tempo de exposição, distância e blindagem [17], e princípios de proteção radiológica, com a otimização nos protocolos dos exames de forma que as doses devem ser “tão baixas quanto razoavelmente exequível”[18].

De acordo com as Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP) [19] e Agência Nacional de Vigilância Sanitária do Brasil [20], os profissionais e tutores devem utilizar os equipamentos de proteção individual (EPI) durante o exame. Estudos [2,10,14] apontaram a importância da utilização dos EPI e a eficiência deles na blindagem da radiação X. A utilização do avental plumbífero reduz até 90% das doses recebidas pelo profissional, e as luvas blindam aproximadamente 99% da radiação nas mãos [2,14]. Os óculos e protetor de tireoide podem reduzir aproximadamente 81% na dose nos olhos e 53% na tireoide [2].

Porém, Yusuf *et al.* (2020) [21] relataram que não há disponibilidade de alguns EPI nas clínicas e hospitais veterinários, como o protetor de tireoide, luvas e óculos. Além disso, mesmo com a disponibilidade dos EPIs, estudos [7,10-12,14,22] apontaram que os profissionais não os utilizam durante o exame de raios X no animal. Shirangi *et al.* (2007) [7] e Epp *et al.* (2012) [13] relataram que aproximadamente 12% e 37%, respectivamente, dos profissionais não utilizaram nenhum EPI durante o exame de raios X. Já o protetor de tireoide não era usado em 12% [22] e 47% [7] dos profissionais. Também, aproximadamente 57% dos profissionais não utilizam as luvas e mais de 97% não utilizam os óculos plumbíferos na realização da contenção do animal durante o exame de raios X [7,10-12,14,22].

Colgan *et al.* (2008)[23] relataram que por não conhecer e não seguir as orientações e normas de proteção radiológica, um profissional da veterinária recebeu uma dose efetiva de aproximadamente 16 mSv enquanto segurava o chassi radiográfico de exame de raios X portátil. Desta forma, é recomendado treinamentos de segurança e de proteção radiológica para todos os profissionais e pessoas expostas à radiação ionizante [19,20], a fim de evitar acidentes radiológicos e exposição excessiva e desnecessária. Entretanto, na medicina veterinária, estudos [4,5] apontaram carência de treinamentos e falta de conhecimento dos médicos e estudantes veterinários sobre a radiação ionizante, os efeitos biológicos e a proteção radiológica.

Portanto, o objetivo deste trabalho é investigar as doses efetivas e equivalentes recebidas pelos profissionais da veterinária ao conter manualmente animais de pequeno porte

durante o exame de raios X, por meio de levantamentos bibliográficos de trabalhos dosimétricos na área. Por meio deste trabalho será possível conhecer o cenário dosimétrico da medicina veterinária de pequeno porte e responder os seguintes questionamentos: (i) Quais as doses efetivas recebidas pelos profissionais? (ii) Como que a variação de exames e protocolos podem afetar as doses nos profissionais? e (iii) Quais são as doses equivalentes nos tecidos e órgão mais radiosensíveis?

## II. METODOLOGIA

### A. Busca, coleta e Seleção de dados

Para alcançar o objetivo de investigar as doses efetivas e equivalentes recebidas pelos profissionais da veterinária ao conter manualmente animais de pequeno porte, durante o exame de raios X, foi utilizada a metodologia de pesquisa exploratória de levantamento e coleta de dados [24,25]. As buscas foram realizadas nas plataformas de artigos científico e trabalhos acadêmicos: *Google Scholar*, *PubMed* e *Semanticscholar*, com o idioma inglês.

O primeiro critério geral de busca foi estabelecer apenas artigos científicos voltados para a radiologia veterinária de pequenos animais, e assim estabelecer a seguinte frase de busca utilizada na pesquisa: “*Occupational exposure in small animal veterinary professionals*”, e refinamento com palavras chaves: “*radiation exposure*”, “*effective dose*”, “*equivalent dose*”, “*x-ray*”. Com isso, os resultados encontrados foram *Google* (82), *Pubmed* (5) e *Semanticscholar* (14), tendo alguns resultados em comuns entre as plataformas.

Com o critério de seleção e análise foram desconsiderados dissertações e trabalhos em congressos. Foram selecionados artigos científicos que tinham os valores de doses efetivas e/ou equivalentes recebidas pelos profissionais da veterinária, principalmente durante a contenção de animais de pequeno porte no exame de raios X, resultando em 7 artigos. Desta maneira, foi elaborado quatro tabelas apresentadas na seção III. Também, para uma complementação foi elaborada a Tabela II que apresenta as doses efetivas de profissionais da veterinária expostos à radiação ionizante [30-33] durante o atendimento e exames em diferentes tipos de animais.

## III. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### A. Dose efetiva dos profissionais veterinários

A Tabela I apresenta os dados obtidos de artigos científicos que relataram os parâmetros, equipamentos dosimétricos e as doses efetivas recebidas pelo profissional veterinário durante exames de raios X em animais de pequeno porte. Nas pesquisas de Ludewig *et al.* (2010) [26], Hupe *et al.* (2011) [27] e Canato *et al.* (2014) [28] foram utilizados dosímetros termoluminescentes (TLD) para a obtenção das doses. Já no trabalho de Stadlmann *et al.* (2019) [29] usaram câmara de ionização. Os exames foram realizados em animais de pequeno porte [28], como cães e gatos [26,27,29].

Analisando os dados encontrados na Tabela I, observa-se que os valores de doses efetivas variaram de acordo com os parâmetros utilizados, a espessura e região anatômica examinada, o tamanho do animal, e a distância do profissional em relação ao paciente e ao equipamento de raios X. Ludewig *et al.* (2010) [26], obtiveram uma redução de 98% nas doses quando o profissional estava a uma distância de 1,5 m do paciente e da fonte. Isso é justificado pelo fato de a dose ser inversamente proporcional ao quadrado da distância [17].

TABLE I. DOSES EFETIVAS DE PROFISSIONAIS VETERINÁRIOS DURANTE O EXAME DE RAIOS X DE ANIMAIS PEQUENO PORTE

Autores	Parâmetros de Varredura	Doses efetivas
Ludewig <i>et al.</i> (2010) [26]	Exame de abdome em um cão (espessura: 18 cm; 77 kVp, 20 mAs) e do crânio no gato (espessura: 6 cm; 55 kVp, 20 mAs).	Exame do abdome do cão os valores médios de dose variaram de 51,6 $\mu$ Sv (distância de 30 cm do animal) a 1,02 $\mu$ Sv (distância de 150 cm do animal). Exame de crânio do gato foram 0,98 $\mu$ Sv (distância de 30 cm do animal) e 0,02 $\mu$ Sv (distância de 30 cm do animal)
Hupe <i>et al.</i> (2011) [27]	Não Informado	Exame Cabeça e abdome no cão: 2 $\mu$ Sv e ~30 $\mu$ Sv, respectivamente; Exame do abdome do gato: 5 $\mu$ Sv
Canato <i>et al.</i> (2014) [28]	Tensão de 40 a 70 kVp e produto corrente-tempo 2 a 5 mAs	Dose anual – Veterinário (0,59 $\pm$ 0,22 mSv), assistente 1 (4,4 $\pm$ 0,87 mSv) e assistente 2 (11,5 $\pm$ 1,1 mSv)
Stadlmann <i>et al.</i> (2019) [29]	Tensão/ produto corrente-tempo: 79 kVp / 9 mAs, 70 kV / 18 mAs, 85 kVp / 9 mAs e 75 kVp / 18 mAs Posições da câmara de ionização: altura do chão (100 cm, 130 cm, 150 cm, 170 cm) e a três distâncias lateral do eixo da viga central (30 cm, 60 cm, 90 cm)	A dose média por exame 5 $\mu$ Sv

Também, Ludewig *et al.* (2010) [26] ao analisarem as doses efetivas recebidas pelo profissional durante os exames de abdome do cão e crânio do gato, observaram que as médias das doses efetivas do profissional durante o exame no cachorro foram maiores, sendo 51,6  $\mu$ Sv (distância de 30 cm) a 1,02  $\mu$ Sv (distância de 150 cm). Hupe *et al.* (2011) [27], obtiveram resultados semelhantes, por meio de TLD e Monte Carlo, com os maiores valores de doses efetivas recebidas quando o profissional acompanhava um cachorro, durante exames de cabeça e abdome.

Em seu trabalho, Hupe *et al.* (2011) [27] afirmaram que as doses efetivas do profissional variaram de 2  $\mu$ Sv a 30  $\mu$ Sv durante o exame de crânio e abdome no cachorro. Nota-se que o tamanho da área examinada do abdome é maior em relação ao crânio. Esse fator influencia no valor de dose recebido pelo profissional, pois quanto maior a área examinada, maior serão os parâmetros de varredura utilizados para obtenção das imagens. Também, maior será a quantidade de radiação espalhada e, por consequência, as doses recebidas pelo profissional.

Canato *et al.* (2014) [28] relataram que geralmente são necessários dois a três profissionais para segurar o equipamento de raios X portátil, realizar o posicionamento e a contenção manual de animais de pequeno porte durante o exame de raios X. Foi observado que as doses anuais nos profissionais auxiliares foram maiores em relação à dose no médico veterinário, sendo 4,4  $\pm$  0,87 mSv, 11,5  $\pm$  1,1 mSv, e 0,59  $\pm$  0,22 mSv, respectivamente. Um dos motivos para os assistentes receberem maiores valores de doses são a quantidade de exames acompanhados e o posicionamento durante o exame. Neste caso, os assistentes estavam mais próximos ao feixe primário e ao paciente, sendo assim mais expostos à radiação [28].

A Tabela II apresenta os valores de doses efetivas anuais recebidos pelos profissionais da veterinária expostos à radiação ionizante. Comparando as doses efetivas anuais relatadas por Canato *et al.* (2014) [28] em médicos veterinários de animais de pequeno porte, com as doses apresentadas na Tabela II, observa-se que os valores de doses efetivas anuais são próximos às doses dos profissionais da veterinária geral, estando na faixa de 0,15 a 0,82 mSv [30-33]. Já a dose anual de 4,4 mSv em um dos profissionais assistentes

é aproximadamente igual a dose coletiva anual de profissionais gerais da veterinária relatado no trabalho de Colgan *et al.* (2008) [28].

De forma geral, as doses efetivas anuais encontradas na literatura estão abaixo do limite de dose efetiva anual pelos profissionais expostos à radiação ionizante estabelecido pela ICRP [19]. Entretanto não se pode desconsiderar os efeitos estocásticos provenientes da radiação ionizante. Desta maneira, os profissionais expostos à radiação ionizante devem ser monitorados ao longo do ano com dosímetros individuais, para que haja o acompanhamento da exposição à radiação.

TABLE II. DOSES EFETIVAS DE PROFISSIONAIS VETERINÁRIOS EXPOSTOS À RADIAÇÃO

Trabalhos/Autores	Doses efetivas (mSv)
Colgan <i>et al.</i> (2008) [23]	Dose coletiva anual de 4,9 mSv
UNSCEAR (2008) [30]	Doses médias anuais nos anos de 1975 a 2002 foram de 0,52 a 0,15 mSv
Bašić <i>et al.</i> (2010) [31]	As doses médias anuais no período de 2004 a 2008 foram 0,82 mSv
Budzanowski <i>et al.</i> (2011) [32]	Doses médias coletivas anuais dos anos 2005 a 2009 foram 0,28 a 0,52 mSv.
Feuudent <i>et al.</i> (2013) [33]	Dose média anual de 0,54 mSv.

### B. Doses equivalentes dos profissionais veterinários

As Tabelas III, IV, V apresentam os dados obtidos de artigos científicos que relataram os parâmetros, equipamentos dosimétricos e as doses equivalentes recebidas pelo profissional veterinário durante exames de raios X em animais de pequeno porte.

Nos artigos encontrados foram utilizados TLD [11, 15, 28, 34] para a obtenção das doses nos órgãos e tecidos dos profissionais durante o exame de raios X em animais de pequeno porte.

#### (i) Doses equivalentes nos olhos

Um dos efeitos biológicos provenientes da radiação no cristalino é a catarata [2, 34, 35]. Preocupados com as doses recebidas nos olhos dos profissionais na veterinária, Bisgaard *et al.* (2021) [35], utilizaram dosímetros e um cadáver de cão

para simular exposições dos profissionais durante exames de raios X. Bisgaard *et al.* (2021) [35] afirmaram que a maior dose absorvida na região dos olhos foi de 1,39  $\mu$ Gy, quando aumentava a tensão (kVp) e a produto corrente-tempo (mAs). A Tabela III apresenta as doses equivalentes nos olhos dos profissionais durante o exame de raios X em animais de pequeno porte, principalmente cães e gatos.

Oh *et al.* (2018) [34] relataram que o profissional localizado ao lado do equipamento (cátodo- Posição A) e sem proteção, recebeu as maiores doses nos olhos correspondentes a 3,04 mSv. Já a 1 m de distância do equipamento (Posição C), a dose nos olhos foi 0,55 mSv, tendo uma redução de 82% se comparado ao profissional mais próximo. Também, Canato *et al.* (2014) [28] observou que as doses anuais são maiores nos olhos dos assistentes do que nos olhos do médico veterinário, pois os profissionais assistentes estavam próximos e/ou segurando o equipamento de raios X portátil.

Portanto, é recomendado o profissional ficar mais distante possível do feixe primário e do paciente, pois assim receberá menores valores de doses de radiação, principalmente nos órgãos radiosossíveis, como o cristalino do profissional.

Oh *et al.* (2018) [34] verificaram que com a proteção (óculos plumbífero), as doses nos olhos foram de 0,01 a 0,42 mSv, de acordo com a posição do profissional, em relação a proximidade do equipamento e ao paciente. Portanto, houve uma redução de 86% a 90% nos valores de doses nos olhos se comparado com as doses sem o uso de proteção. Também, Seifert *et al.* (2008) [11] relataram que a dose máxima recebida nos olhos foi de 0,04 mSv com o uso de óculos plumbíferos ou protetores oculares, para diminuição das doses recebidas nos olhos e da probabilidade de ocorrência de efeitos biológicos, como a carata proveniente da exposição à radiação [11,21,34].

TABLE III. DOSES EFETIVAS NOS OLHOS DOS PROFISSIONAIS VETERINÁRIOS DURANTE O EXAME DE RAIOS X DE ANIMAIS PEQUENO PORTE

Trabalhos/Autores	Exame/Parâmetros de Varredura	Doses equivalentes - Olhos
Seifert <i>et al.</i> (2008) [11]	Não informado	Dose máxima de 0,04 mSv (com proteção)
Canato <i>et al.</i> (2014) [28]	Tensão de 40 a 70 kVp e produto corrente-tempo 2 a 5 mAs	Doses Anuais Veterinário: 2,10 $\pm$ 0,59 mSv (olho direito) e 2,78 $\pm$ 0,25 mSv (olho esquerdo)
		Doses Anuais Assistente 1: 9,97 $\pm$ 0,67 mSv (olho direito) e 6,24 $\pm$ 0,84 mSv (olho esquerdo)
		Doses Anuais Assistente 2: 7,84 $\pm$ 0,31 mSv (olho direito) e 5,3 $\pm$ 1,0 mSv (olho esquerdo)
Oh <i>et al.</i> (2018) [34]	Tensão média 58,7 kVp e produto corrente-tempo médio de 11,4 mAs. Posições: A (lado do cátodo) e B (lado do ânodo), e um observador C (a 1 metro de distância da mesa de raios X) durante dois meses.	Posição A: 3,04 mSv (sem proteção) e 0,42 mSv (com proteção)
		Posição B: 2,29 mSv (sem proteção) e 0,17 mSv (com proteção)
		Posição C: 0,55 mSv (sem proteção) e 0,01 mSv (com proteção)

### (ii) Doses equivalentes na tireoide

Estudos relataram que muitos profissionais da veterinária não utilizam o protetor de tireoide [7, 14, 22, 36]. Barber *et al.* (2012) [36] utilizando objeto simulador antropomórfico (Rambo) e um cadáver de cão labrador (26 kg) realizaram várias simulações de tipos de exames de raios X no cadáver, e verificaram que os exames de tórax e abdome resultaram em maiores doses na tireoide do profissional. A Tabela IV apresenta das doses equivalente na tireoide de profissionais da veterinária durante exame de raios X em animais de pequeno porte.

A tireoide é um dos órgãos mais radiosensíveis [19], e Seifert *et al.* (2008) [11] e Oh *et al.* (2018) [34] observaram em seus trabalhos a importância do protetor de tireoide para a blindagem da radiação e por consequência na redução da dose recebida pelo profissional. Oh *et al.* (2018) [34] verificaram que com a protetor de tireoide houve uma redução de aproximadamente 99% das doses no órgão, sendo que sem a proteção as doses equivalentes variaram de 0,19 a 2,93 mSv, dependendo da posição do profissional na sala e dos parâmetros de varredura. Seifert *et al.* (2008) [11] relataram que durante o exame de raios X em cães e gatos a dose máxima na tireoide do profissional com o protetor de tireoide foi correspondente a 0,05 mSv.

TABLE IV. DOSES EFETIVAS NA TIREOIDE DOS PROFISSIONAIS VETERINÁRIOS DURANTE O EXAME DE RAIOS X DE ANIMAIS PEQUENO PORTE

Trabalhos/Autores	Exame/Parâmetros de Varredura	Doses equivalentes (mSv) - Tireoide
Seifert <i>et al.</i> (2008) [11]	Não informado	Dose máxima de 0,05 mSv (com proteção)
Oh <i>et al.</i> (2018) [34]	Tensão média 58,7 kVp e produto corrente-tempo médio 11,4 mAs. Posições: A (lado do cátodo) e B (lado do ânodo), e um observador C (a 1 metro de distância da mesa de raios X) durante dois meses.	Posição A: 2,93 mSv (sem proteção) e 0,01 mSv (com proteção)
		Posição B: 1,97 mSv (sem proteção) e 0,01 mSv (com proteção)
		Posição C: 0,19 mSv (sem proteção) e 0,01 mSv (com proteção)

(iii) Doses equivalentes nos membros das mãos e braços

Estudos [7,10-12, 14, 22] relataram que muitos profissionais da veterinária ao posicionar e conter o animal durante o exame de raios X não utilizam luvas de chumbo. Além disso, Mayer *et al.* (2019) [22] relataram que algumas vezes as mãos do profissional são expostas ao feixe primário da radiação, e com isso há relatos de lesões radioinduzidas nos dedos e mãos dos profissionais [15]. Desta forma, a Tabela V, apresenta as doses equivalentes nos dedos, mãos e braços dos profissionais da veterinária durante o exame de raios X em pequenos animais.

Wrigley *et al.* (1983) [15] verificaram as doses recebidas nos dedos dos profissionais durante o exame pélvico de um cachorro. Variando os valores de tensão e produto corrente-tempo, observaram que as doses nos dedos foram maiores, correspondente a 40 µSv, quando utilizaram 32 mAs, sem a luva de chumbo. Também afirmaram que com a proteção da luva houve uma redução de 99% das doses nos dedos dos profissionais.

Seifert *et al.* (2008)[11], relataram que as doses efetivas nas mãos dos profissionais de veterinária durante exames de raios X em cachorros e gatos foram menores que 2 µSv. Também Canato *et al.* (2014) [28] afirmaram que as doses anuais nas mãos dos profissionais da veterinária variaram de 8,3 a 22,48 mSv, dependendo da mão (direita ou esquerda), da posição do profissional, da quantidade de exames realizados e dos parâmetros utilizados.

Oh *et al.* (2018) [34] investigaram a eficiência dos EPI, dentre eles, o protetor de braço, durante os exames veterinários. Verificaram que sem a proteção as doses efetivas no braço variaram de 0,08 a 2,81 mSv, sendo o último valor para o profissional localizado próximo ao equipamento de raios X e do paciente. Também, perceberam que a eficiência da blindagem do protetor de braço variou de 49% a 99%, de acordo com a distância do profissional ao paciente e o equipamento.

TABLE V. DOSES EFETIVAS NOS MEMBROS DAS MÃOS E BRAÇOS DOS PROFISSIONAIS VETERINÁRIOS DURANTE O EXAME DE RAIOS X DE ANIMAIS PEQUENO PORTE

Trabalhos/Autores	Exame/Parâmetros de Varredura	Doses efetivas (mSv)- Braço, mão e dedo
Seifert <i>et al.</i> (2008) [11]	Não informado	Doses nas mãos foram menores que 2 µSv.
Wrigley <i>et al.</i> (1983) [15]	Pélvis – variando a tensão em 60, 90, 117kVp e produto corrente-tempo de 2,5 mAs, 5 mAs e 32mAs	Tensão 60 kVp e 32 mAs: Dose no dedo – 40 µSv (sem proteção)
		Tensão 90 kVp e 5 mAs: Dose no dedo - 16 µSv (sem proteção)
		Tensão 117 kVp e 2,5 mAs: Dose no dedo - 8,1 µSv (sem proteção)
Canato <i>et al.</i> (2014) [28]	Tensão de 40 a 70 kVp e produto corrente-tempo 2 a 5 mAs	Dose Anual Assistente 1: 22,48 ± 0,84 mSv (mão direita) e 14,22 ± 0,81 mSv (mão esquerda)
		Dose Anual Assistente 2: 8,3 ± 1,1 mSv (mão direita) e 13,97 ± 0,98 mSv (mão esquerda)
Oh <i>et al.</i> (2018) [34]	Tensão média 58,7 kVp e produto corrente-tempo médio de 11,4 mAs. Posições: A (lado do cátodo) e B (lado do ânodo), e um observador C (a 1 metro de distância da mesa de raios X) durante dois meses.	Posição A: Dose efetiva no braço - 2,81 mSv (sem proteção) e 1,43 mSv (com proteção)
		Posição B: Dose efetiva no braço - 1,17 mSv (sem proteção) e 0,01 mSv (com proteção)
		Posição C: Dose efetiva no braço - 0,08 mSv (sem proteção) e 0,01mSv (com proteção)

#### IV. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio deste trabalho de revisão da literatura sobre os valores de doses recebidos pelos profissionais veterinários durante o exame de raios X em animais de pequeno porte, conclui-se que os valores de doses efetivas e equivalentes variaram de acordo com os parâmetros utilizados, a espessura e região anatômica examinada, o tamanho do animal, e a distância do profissional entre o paciente e o equipamento de raios X.

Em relação à distância do profissional, nota-se que as doses recebidas podem ser reduzidas em até 98%, quando ele posiciona-se mais distante do paciente e do equipamento. Desta forma, é recomendado que o profissional fique o mais distante possível, de forma a não comprometer a saúde do animal e a obtenção das imagens.

Também, nota-se que as doses efetivas nos profissionais durante exames de crânio e abdome de cães e gatos variaram de 0,98 a 51 µSv. A faixa de variação das doses efetivas anuais corresponde a 0,59 a 4,4 mSv. Além disso, nota-se a importância do uso de EPI, como avental, óculos, protetor de tireoide e de braço, para a redução em até 98% das doses recebidas pelo profissional, principalmente no cristalino e na tireoide que são órgãos mais radiosensíveis. Por fim, é importante compreender o cenário dosimétrico na radiologia veterinária, de forma a compartilhar os resultados com os profissionais nos treinamentos em radioproteção, com o intuito de promover a conscientização sobre os princípios de proteção radiológica e sobre os efeitos biológicos provenientes da radiação.

## AGRADECIMENTOS

A autora A.M. agradece ao CNPq pela bolsa de Iniciação Científica (33427/2021-8). A autora T.M.P.M. agradece a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pela bolsa de mestrado. As autoras M.F.S. e E.L.O. agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível por suas bolsas (No. 88887.612310/2021-00 e No. 88887.713183/2022-00). Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelas bolsas de Produtividade em Pesquisa: 314520/2020-1 (L.P.N) e 312124/2021-0 (A.P.P); pelo Projeto UNIVERSAL 407493/2021-2 e projeto MAI/DAI (403556/2020-1), juntamente à M.R.A. - Indústria de Equipamentos Eletrônicos LTDA.

## REFERÊNCIAS

- [1] Schnelle GB. The history of veterinary radiology. *Vet. Radiol. Ultrasound.* 1968;9:5–10.
- [2] An J, Lim S, Lee S, et al. (2019) Evaluation of radiation exposure from fluoroscopic examination in small animal veterinary staff using thermoluminescent dosimeters. *Vet. Med.* 64(6):266–270.
- [3] Pentreath RJ. (2016) Radiological protection and the exposure of animals as patients in veterinary medicine. *J. Radiol. Prot.* 36:N42–N45
- [4] Gregorich SL, Sutherland-Smith J, Sato AF, et al. (2018) Survey of veterinary specialists regarding their knowledge of radiation safety and the availability of radiation safety training. *J Am Vet Med Assoc.* 252(9):1133–1140. doi: 10.2460/javma.252.9.1133.
- [5] Jensen M, Hewson J, Chalmers H, et al. (2022) Most students have experience making radiographs prior to veterinary school but have limited radiation safety training. *Vet Radiol Ultrasound.* 63(2):131–137. doi: 10.1111/vru.13065.
- [6] Chen KS, Chou YH, Wu RS, et al. (2019) Radiation dose distribution of a plain radiography room and computed tomography room in a veterinary hospital. *Radiat Prot Dosimetry.* 2019 187(2):243–248. doi: 10.1093/rpd/ncz158.
- [7] Shirangi A, Fritschi L, Holman CD. Prevalence of occupational exposures and protective practices in Australian female veterinarians. *Aust Vet J.* 2007 Jan-Feb;85(1-2):32-8. doi: 10.1111/j.1751-0813.2006.00077.x
- [8] Veneziani, G.R., Matsushima, L.C., Fernandez, R.M., Rodrigues, L.L., 2010. Thermoluminescence measurements of entrance surface skin dose in exams of dog's chest in veterinary radiology. *Radiat. Meas.* 45, 733–735.
- [9] Nemanic S, Nixon BK, Francis RA, et al. (2015) Decreased dose of radiation to dogs during acquisition of elbow radiographs using draped shielding. *Vet Rec.* 5.
- [10] Mayer MN, Koehncke NK, Belotta AF, et al. (2018) Use of personal protective equipment in a radiology room at a veterinary teaching hospital. *Vet Radiol Ultrasound.* 59(2):137–146.
- [11] Seifert H, Lüpke M, Niehaus H, et al. (2008) Radiation exposure of the staff during standardized radiography of dogs and cats. *Berl.Munch. Tierarztl. Wochenschr.* 121: 228–238.
- [12] Freitas FP, Koehncke NK, Waldner CL, et al. (2021) A 7-min video training intervention improves worker short-term radiation safety behavior during small animal diagnostic radiography. *Vet. Radiol. Ultrasound.* 62(1):27–36.
- [13] Epp T, Waldner C. (2012) Occupational health hazards in veterinary medicine: Physical, psychological, and chemical hazards. *Can Vet J.* 53:151–157.
- [14] Mayer MN, Koehncke NK, Sidhu N, et al. (2019) Effect of full versus open-palm hand shielding on worker radiation dose during manual restraint for small animal radiography. *Can J Vet Res.* 83(2):154–158.
- [15] Wrigley RH, Borak TB. (1983) The effect of kVp on the dose equivalent received from scattered radiation by radiography personnel. *Vet Radio* 24, 18 1-1 85.
- [16] Shirangi A, Fritschi L, Holman CD. (2008) Maternal occupational exposures and risk of spontaneous abortion in veterinary practice. *Occup Environ Med.* 65(11):719-25. doi: 10.1136/oem.2007.035246
- [17] Okuno E, Yoshimura, Elisabeth M. Física das radiações. Oficina de Textos; 2010.
- [18] ICRP 26. International Commission On Radiological Protection. “The ALARA principle”, Publication n° 26, 1977.
- [19] ICRP. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. *Ann. ICRP* 37(2–4).2007.
- [20] RDC, Resolução da Diretoria Colegiada. Ministério da Saúde. Agência Nacional De Vigilância Sanitária - Ministério da Saúde. Resolução n.330, Brasília, 2019
- [21] Yusuf SD, Bukar IUAI, Idris MM. (2020) Assessment of the Knowledge and Attitude to Radiation Safety Standards of the Radiological Staff in Damaturu, Yobe State, Nigeria. *Asian Journal of Medical Principles and Clinical Practice,* 3(3), 1-7.
- [22] Mayer MN, Koehncke NK, Taherian AC, et al. (2019) Self-reported use of x-ray personal protective equipment by Saskatchewan veterinary workers. *J Am Vet Med Assoc.* 254(3):409–417. doi: 10.2460/javma.254.3.409
- [23] Colgan PA, Currihan L, Fenton D. (2008) An assessment of annual whole-body occupational radiation exposure in Ireland (1996–2005), *Radiation Protection Dosimetry,* 128(1):12–20. doi:10.1093/rpd/nem235
- [24] J. C. Koche. Fundamentos de metodologia científica: teoria da ciência e prática da pesquisa. 15 ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 1997.
- [25] S. C. Vergara. Projetos e relatórios de pesquisa em administração. 3ed. São Paulo: Atlas, 2000.
- [26] Ludewig E, Gensler A, Oechtering G, et al. (2010) Ergebnisse dosimetrischer Untersuchungen in der Kleintierpraxis: Welchen Einfluss haben der Abstand und die Position des Untersuchers zum Patienten? *Berl Munch Tierarztl Wochenschr.* 123(11-12):506-15.
- [27] Hupe O, Ankerhold U. (2011) Determination of the dose to persons assisting when X-radiation is used in medicine, dentistry and veterinary medicine, *Radiation Protection Dosimetry* 144(4): 478–481. doi:10.1093/rpd/ncq351
- [28] Canato GR, Drummond LF, Paschuk SA, et al. (2014). Occupational exposure assessment in procedures of portable digital veterinary radiology for small size animals. *Radiation Physics and Chemistry,* 95: 284–287. doi:10.1016/j.radphyschem.2013.05.042
- [29] Stadlmann N. Untersuchungen zur Strahlenexposition von Haltepersonen bei HD-Aufnahmen des Hundes. Dissertation, Vet. Med. Univ. Wien, pp. 35.
- [30] UNSCEAR, United Nations Scientific Committee on the Effect of Atomic Radiation. Sources and Effects of Ionizing Radiation. UNSCEAR 2008 Report, 2008.
- [31] Bašić B, Beganović A, Samek D, et al. (2010) Dez anos de monitoramento da exposição ocupacional à radiação na Bósnia e Herzegovina, *Radiation Protection Dosimetry* 139(3):400–402. doi:10.1093/rpd/ncq006
- [32] Budzanowski M, Kopeć R, Obryk B, et al. (2011) Dose levels of the Occupational Radiation Exposures in Poland com base nos resultados do serviço de dosimetria credenciado no IFJ PAN, Cracóvia, *Radiation Protection Dosimetry* 144(4):107–110. doi:10.1093/rpd/ncq502
- [33] Feuardent J, Scanniff P, Crescini D, et al. (2013) Occupational external exposure to ionising radiation in France (2005–2011), *Radiation Protection Dosimetry* 157(4):610–618. doi:10.1093/rpd/nct165
- [34] Oh H, Sung S, Lim S, et al. Restraint exposure to scatter radiation in practical small animal radiography measured using thermoluminescent dosimeters. *Vet Med (Praha)* 2018;63:81–86.
- [35] Bisgaard M, McEvoy FJ, Nielsen DH, et al. (2021) Collimation and Exposure Parameter Influence Image Quality and Potential Radiation Dose to the Eye Lens of Personnel in Computed Radiography of the Canine Pelvis. *Front Vet Sci.* 8:684064. doi: 10.3389/fvets.2021.684064.
- [36] Barber J, McNulty JP. (2012) Investigation into scatter radiation dose levels received by a restrainer in small animal radiography. *J Small Anim Pract.* 53(10):578-85. doi: 10.1111/j.1748-5827.2012.01257.x.