

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA**

MIRELLE DE MATOS PASQUARIELLO

**Dosimetria ocupacional de médicos veterinários do Hospital Veterinário
da Universidade Federal de Uberlândia durante a contenção de animais para a
realização de exames radiográficos**

**UBERLÂNDIA
2022**

MIRELLE DE MATOS PASQUARIELLO

**Dosimetria ocupacional de médicos veterinários do Hospital Veterinário da
Universidade Federal de Uberlândia durante a contenção de animais para a
realização de exames radiográficos**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à coordenação do curso de graduação em Medicina Veterinária da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito à aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II.

Orientadora: Profa. Dra. Vanessa Martins Fayad Milken

UBERLÂNDIA

2022

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFUcom
dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

P284
2022 Pasquariello, Mirelle de Matos, 1994-
Dosimetria ocupacional de médicos veterinários do
Hospital Veterinário da Universidade Federal de
Uberlândia durante a contenção de animais para a
realização de exames radiográficos [recurso eletrônico]
/ Mirelle de Matos Pasquariello. - 2022.

Orientadora: Vanessa Martins Fayad Milken .
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Uberlândia, Graduação em
Medicina Veterinária.

Modo de acesso: Internet.

Inclui bibliografia.

Inclui ilustrações.

1. Veterinária. I. , Vanessa Martins Fayad Milken,
1976-, (Orient.). II. Universidade Federal de
Uberlândia. Graduação em Medicina Veterinária. III.
Título.

CDU: 619

MIRELLE DE MATOS PASQUARIELLO

**Dosimetria ocupacional de médicos veterinários do Hospital Veterinário da
Universidade Federal de Uberlândia durante a contenção de animais para a
realização de exames radiográficos**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à coordenação do curso de graduação em Medicina Veterinária da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito à aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II.

Orientadora: Profa. Dra. Vanessa Martins Fayad Milken

Uberlândia, 31 de março de 2022

Banca Examinadora:

Profa. Dra. Vanessa Martins Fayad Milken

Profa. Dra. Ana Paula Perini

Prof. Dr. Lucio Pereira Neves

A meus pais Marluca e Geovane, e minha irmã
Michele.
Aos meus amigos e professores responsáveis
por eu estar onde estou, dedico.

Cada pessoa deve trabalhar para o seu aperfeiçoamento e, ao mesmo tempo, participar da responsabilidade coletiva por toda a humanidade.

(CURIE, 1921, p. 105)

RESUMO

A exposição ocupacional à radiação ionizante é um risco potencial para os médicos veterinários, uma vez que são, na maioria dos casos, os responsáveis pela imobilização e posicionamento dos pacientes. Dessa forma, esses profissionais são considerados Indivíduos Ocupacionalmente Expostos (IOEs), e torna-se importante quantificar a exposição deles à radiação ionizante, como forma de otimização da proteção radiológica. O objetivo do presente trabalho é conhecer as doses de radiação a que os médicos veterinários do Hospital Veterinário da Universidade Federal de Uberlândia (HOVET-UFU), estão expostos, uma vez que a contenção manual dos animais em todos os exames realizados é uma realidade brasileira. Além do mais, a análise do impacto frente às novas normas do setor, as quais estabelecem que, de acordo com a RDC 611/2022, todo IOE deve fazer uso do dosímetro individual durante sua jornada de trabalho e enquanto permanecer em área controlada. Foram convidados 24 (vinte e quatro) médicos veterinários residentes do HOVET-UFU, para monitoração da dose recebida de radiação ionizante, por meio de dosímetros a serem fixados no tórax, sobre o avental plumbífero dos profissionais. Os resultados da dosimetria passiva apresentaram doses nulas para 21 dos 24 residentes participantes, sendo os três residentes que trabalhavam com grandes animais apresentaram as doses equivalentes de 0,1 mSv, 0,5 mSv e 1,1 mSv, no período de 5 meses. Esses valores estão abaixo dos limites estabelecidos pela CNEN. Acredita-se que a rotatividade de indivíduos na contenção de pequenos animais foi o que contribuiu para todos os residentes terem apresentado dose nula, apesar da maior casuística ser nessa espécie. Ademais, esta prática ainda é nova no HOVET-UFU e os residentes podem não ter empregado os dosímetros em todos os exames. A dosimetria ativa levou a discussão quanto a importância dos EPIs para que a exposição à radiação espalhada seja a mínima possível respeitando, assim, protocolos de radioproteção proposto pela legislação ao médico veterinário.

Palavras-chave: Dose de radiação. Indivíduo Ocupacionalmente Exposto (IOE). Radiologia Veterinária. Radioproteção. Legislação.

ABSTRACT

Occupational exposure to ionizing radiation is a potential risk for veterinarians since they are in most cases responsible for immobilizing and positioning patients. Thus, these professionals are Occupationally Exposed Individuals (OEIs), and it is important to quantify their exposure to ionizing radiation to optimize radiological protection. The objective of the present work is to measure the radiation doses to the veterinarians at the Veterinary Hospital of the Federal University of Uberlândia (HOVET-UFU), since the manual restraint of animals in all examinations performed is very common in Brazil. Moreover, the analysis of the impact against the new legislation, which establish that, according to the RDC 611/2022, every IOE must use the individual dosimeter during their workday and while in a controlled area. Twenty-four (24) veterinary residents from HOVET-UFU were invited to monitor the dose received from ionizing radiation, through dosimeters to be fixed on the thorax, over the professionals' plumbiferous apron. The results of the passive dosimetry showed null doses for 21 of the 24 participating residents. The three residents who worked with large animals showed doses equivalent to 0.1 mSv, 0.5 mSv and 1.1 mSv over a 5-month period. These values are below the limits established by CNEN. It is believed that the rotation of individuals in the containment of small animals was what contributed to all the residents presenting a null dose, although the largest casuistry was in this species. Furthermore, as this is a new practice at the HOVET-UFU, we may not guarantee that all residents used dosimeters during the procedures. The active dosimetry led to the discussion about the importance of PPE so that the exposure to scattered radiation is the minimum possible, thus respecting the radioprotection protocols proposed by the legislation to the veterinarian.

Keywords: Radiation dose. Occupationally Exposed Individual (OIE). Veterinary Radiology. Radioprotection. Legislation.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	REVISÃO DE LITERATURA	10
2.1	Formação da imagem radiográfica	10
2.2	Os efeitos da radiação	12
2.3	Grandezas Dosimétricas	15
2.3.1	Exposição	15
2.3.2	Kerma	15
2.3.3	Dose Absorvida	15
2.3.4	Dose equivalente	15
2.3.5	Dose efetiva	16
2.4	Radioproteção na Medicina Veterinária	16
2.4.1	Dosimetria	16
2.4.2	Equipamentos de proteção individual	18
2.4.3	Equipamentos de posicionamento radiográfico	19
2.4.4	Distância	20
2.4.5	Tempo de exposição	21
2.5	Legislações acerca da radioproteção no mundo e no Brasil	22
2.6	Saúde ocupacional do médico veterinário	24
	MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1	Dosimetria passiva	25
3.2	Dosimetria ativa	26
3.3	Análise Estatística	28
4	RESULTADOS	29
4.1	Análise dosimetria ativa	29
4.2	Análise dosimétrica ativa	31
5	DISCUSSÃO	33
6	CONCLUSÃO	36
	REFERÊNCIAS	38

1 INTRODUÇÃO

A utilização dos raios X na medicina veterinária é uma das mais importantes modalidades de diagnóstico por imagem, possibilitando, através do exame, a resolução de condutas clínicas (CANATO et al., 2014). Diante disso, a crescente demanda pública por melhores práticas de cuidados com os animais está levando a um maior uso de equipamentos avançados no radiodiagnóstico veterinário. Ao mesmo tempo, existe uma escassez mundial de pessoas devidamente treinadas na área, podendo levar à maior exposição radiológica por parte dos profissionais atuantes (IAEA, 2021).

Por conseguinte, a exposição ocupacional à radiação ionizante permanece como um risco potencial para os médicos veterinários, uma vez que são, na maioria dos casos, os responsáveis pela imobilização e posicionamento dos pacientes (EPP, WALDNER, 2012). Esses profissionais são considerados, portanto, como Indivíduos Ocupacionalmente Expostos (IOEs), e torna-se importante quantificar a exposição destes à radiação ionizante, como forma de controle e otimização da proteção radiológica. Considerando a possibilidade de lesão biológica, a qual resulta da deposição de energia radioativa em um tecido ou órgão, ressalta-se a necessidade de controle no monitoramento dos níveis de radiação absorvida (ELSHAMI et al., 2020).

Os efeitos nocivos resultantes da absorção de baixas doses de raios X ao longo da vida do IOE são chamados de efeitos estocásticos e se manifestam meses ou anos após a exposição. Esse tipo de efeito não depende da dose de radiação, mas a probabilidade de sua ocorrência aumenta com a frequência de exposições (OKUNO, 2013). Para minimizar a probabilidade desses efeitos, como a carcinogênese e os danos genéticos, o emprego dos Equipamentos de Proteção Individual (EPIs), tais como aventais, luvas e óculos plumbíferos, além dos dosímetros, precisam ser postos em prática durante o exame radiográfico (MAYER et al., 2017).

A dosimetria permite quantificar a dose de radiação recebida por um IOE durante o procedimento radiológico. Dessa forma, auxilia a conduta do Titular da Instalação quanto à normatização das medidas adequadas para garantir que funcionários estejam efetivamente protegidos contra a exposição desnecessária à radiação durante a rotina de trabalho (MONTALVO, 2016; BRASIL, 2019).

A Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN, 1995) é o órgão responsável por regulamentar as Diretrizes Básicas para Proteção Radiológica no Brasil e atua juntamente com a ANVISA (BRASIL, 2022), com o objetivo de estabelecer uma política nacional de proteção radiológica. Percebe-se, todavia, que as normas brasileiras direcionadas à radioproteção para médicos veterinários estão atrasadas, além de pouco desenvolvidas, quando comparadas às internacionais (NEVES et al., 2020).

No Reino Unido, por exemplo, o *Guidance Notes for the Safe Use of Ionising Radiations in Veterinary Practice*, desde 2002, proíbe a contenção física animal sempre que possível, e recomenda o uso das metodologias “mãos-livres” baseado no uso de cordas (SANTANA et al., 2020). Outros países, como Irlanda (RPII, 2002), Austrália (ARPANSA, 2009) e Canadá (NHW, 1991) também possuem políticas mais rigorosas quanto à contenção manual dos animais durante o exame radiográfico e o uso de dosímetros.

Dessa forma, o objetivo do presente trabalho é conhecer os níveis dosimétricos que os médicos veterinários do Hospital Veterinário da Universidade Federal de Uberlândia (HOVET-UFU), estão sujeitos, uma vez que a contenção manual dos animais em todos os exames realizados, é uma realidade brasileira. Além do mais, a análise do impacto frente às novas normas do setor, as quais estabelecem que, de acordo com a RDC 611/2022, seção IV, art. 65º: “todo indivíduo ocupacionalmente exposto deve usar dosímetro individual durante sua jornada de trabalho e enquanto permanecer em área controlada” (BRASIL, 2022).

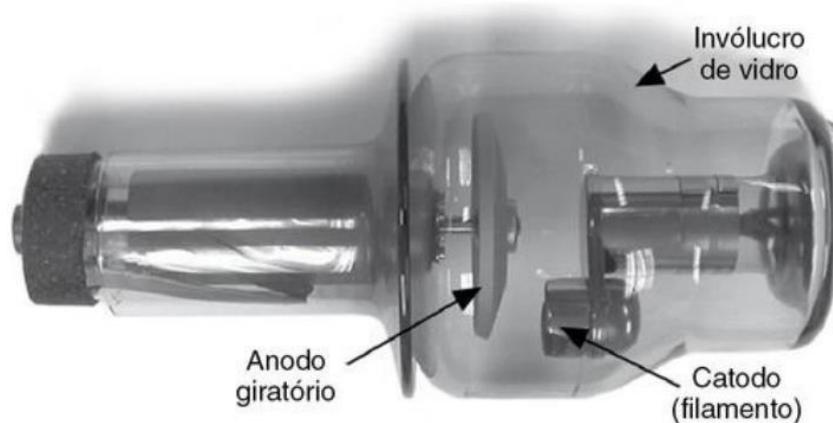
2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Formação da imagem radiográfica

Os raios X são uma forma de radiação eletromagnética com comprimentos de onda que variam de 0,01 a 10 nanômetros e se formam quando elétrons em alta velocidade atingem metais. Para a formação de uma imagem radiográfica, isto ocorre em um tubo de raios X (THRALL, 2015).

O tubo de raio X, com seus respectivos elementos colocados em vácuo (Figura 1), formam os componentes básicos da produção dos fótons de raios X: um alvo metálico carregado positivamente, o ânodo, e um filamento carregado negativamente, o cátodo, dentro de um envoltório de vidro. Com o objetivo impedir que doses muito altas de radiação sejam emitidas, a radiação passa apenas pela janela, uma vez que o restante do aparelho é revestido por metal, geralmente o chumbo (THRALL, 2015).

Figura 1 - Tubo de raios X com seus respectivos elementos: ânodo giratório e catódico colocados dentro de um envoltório de vidro.



Fonte: Thrall, (2015).

No processo de produção de raios X, os elétrons altamente energéticos, que estão presentes no filamento catódico, são acelerados e então ejetados para o alvo metálico através da aplicação de uma diferença de potencial (DDP) entre o filamento e o alvo. Sendo que a diferença de potencial entre o filamento e o alvo é ajustada no painel de controle do aparelho de raios X. Dessa forma, aumentando a tensão entre o filamento e o alvo, os elétrons são então acelerados a velocidades mais altas e têm mais energia ao atingir o alvo. Isso permite a produção de raios X de energias maiores (MCCOLLOUGH, 1997; THRALL, 2015).

Para a interpretação da radiografia, os detectores de imagens vêm na forma de filmes digitais e analógicos. Uma limitação dos sistemas analógicos é a faixa limitada de intensidades de exposição que ele pode detectar com precisão. Isso pode resultar na necessidade de múltiplas imagens tiradas para um estudo adequado e interpretável e, portanto, posteriormente levar ao aumento da exposição à radiação ao IOE. Os sistemas digitais permitem que o usuário corrija contraste e brilho e forneça maiores opções de processamentos (SEIBERT; BOONE, 2005; TAFTI; MAANI, 2022).

Além disso, existem diferenciações quanto aos tipos de aparelhos radiográficos. Os aparelhos fixos ou com mobilidade restrita são utilizados dentro de uma área controlada, enquanto os aparelhos portáteis, podem ser usados em áreas abertas e não excedem 50 kg. Os aparelhos móveis, mas não portáteis, podem ser deslocados de um lugar para outro por meio de dispositivos próprios (TAUHATA et. al., 2013).

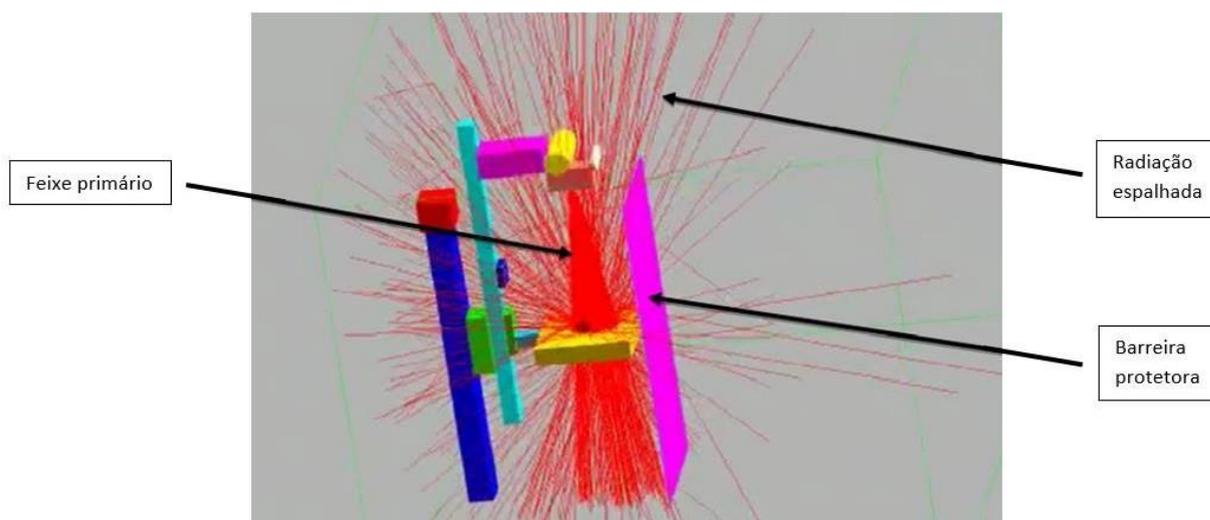
2.2 Os efeitos da radiação

Os efeitos nocivos da radiação ionizante foram notados pela comunidade científica, logo após Wilhelm Conrad Röntgen descobri-la, em 1895, assim que começaram a surgir as alterações na pele de pessoas expostas aos raios X, instigando cientistas a entender melhor atuação desses raios no organismo humano (SOARES; PEREIRA; FLÔR, 2011).

Dessa forma, ficou estabelecido que, apesar dos benefícios que a imagem radiográfica e o próprio uso da radiação ionizante proporcionavam aos campos da medicina e da ciência, existia consigo o perigo potencial para os envolvidos na exposição radiológica, os chamados riscos da radiação (AZEVEDO et al., 1999). Estes ocorrem, de acordo com Han e Hurd (2007): “quando as radiações ionizantes, provenientes do feixe primário ou da radiação espalhada, interagem com a matéria biológica, produzindo os efeitos maléficos”.

A radiação espalhada é aquela que resulta dos raios que desviam dos animais radiografados e da mesa de exame (HUPE; ANKERHOLD, 2011). Na radiografia veterinária, a radiação espalhada proveniente do animal e da mesa de exames pode viajar em direção ao tronco e à cabeça do operador (LAVIN, 2007). É considerada, para tanto, a principal fonte de dose de radiação recebida pelo radiologista e sua equipe e é o principal motivo para o uso dos EPIs (CARLTON; ADLER, 2006) (Figura 2).

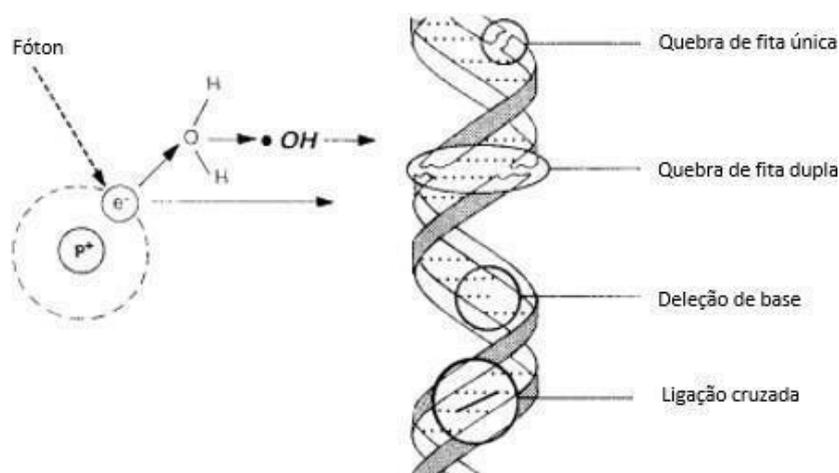
Figura 2 - Radiação espalhada a partir do feixe primário emitido pelo tubo de raios X. A barreira protetora evidencia a importância do uso de EPIs para evitar a absorção de radiação.



Fonte: Ilustração gentilmente cedida por MSc. Lucas Wilian Gonçalves de Souza – Laboratório de Instrumentação e Dosimetria, Instituto de Física, Universidade Federal de Uberlândia

Assim que entram em contato com o tecido, os fótons da radiação eletromagnética, responsáveis pela ionização dentro das células e moléculas, podem interagir de forma direta ou indireta com o organismo (Figura 3). No mecanismo direto, a radiação interage com as células de DNA quebrando suas ligações químicas, enquanto no mecanismo indireto, a radiação quebra moléculas de H_2O , acarretando a formação de radicais livres, os quais têm potencial para ionizar outras moléculas importantes. O radical livre de hidroxila ($OH\cdot$) é responsável pela maioria dos danos de DNA. Além disso, na presença de oxigênio, o radical livre peróxido (OH^2), um potente reagente, pode ser formado. Tanto os danos diretos como indiretos podem causar quebras de fitas simples e duplas, apagamentos de base e ligações cruzadas (LIMA et al., 2020; WIDMER; SHAW; THRALL, 1996).

Figura 3 - Ação direta e indireta de radiação no DNA.



Fonte: Adaptado de WIDMER, SHAW e THRALL, (1996).

Embora as células tenham sistemas de reparo mediados por enzimas, que na maioria das vezes combatem defeitos nucleares, erros podem ocorrer da duplicação do DNA. Quando os reparos não acontecem, surgem as possibilidades de morte celular, incapacidade de reprodução, ou ainda, a modificação celular permanente, devido à alteração das sequências gênicas responsáveis pelo controle da multiplicação celular normal. Essa transformação celular é a primeira de uma série de etapas que podem levar à formação de uma neoplasia (SEARES; FERREIRA, 2013).

De acordo com Okuno e Yoshimura (2010), essa interação da radiação ionizante com as células e moléculas pode vir a acarretar danos biológicos. Estes são ocasionados por danos bioquímicos e fisiológicos, como alterações morfológicas e funcionais de órgãos, que podem durar dias, semanas ou até anos. Os efeitos biológicos são classificados em reações teciduais (anteriormente conhecidos como efeitos determinísticos) e efeitos estocásticos (SEARES; FERREIRA, 2013).

As reações teciduais advêm da absorção de altas doses de radiação e somente

surtem quando um limiar de dose é ultrapassado. A morte celular é uma das principais consequências e quando uma grande quantidade de células de um órgão é morta há comprometimento morfofuncional. Consequentemente, quanto maior a dose absorvida, mais grave é o dano sofrido (LIMA et al., 2020).

Segundo Seares e Ferreira (2013), as reações teciduais podem ser a curto ou a longo prazo e, como dito, são proporcionais à dose. Como exemplos destas reações teciduais, têm-se: eritema (de 3 a 5 Gy), descamação úmida (20 Gy) e necrose (50 Gy). A morte celular após exposições agudas não ocorre com doses inferiores a 1 Gy.

As principais fontes de informações que o homem obtém sobre as reações teciduais são decorrentes de acidentes nucleares, como o ocorrido em Goiânia, pela contaminação radioativa por césio-137, em 13 de setembro de 1987, e o maior acidente nuclear da história, quando em 26 de abril de 1986, o reator 4 da usina nuclear de Chernobyl explodiu e lançou toneladas materiais radioativos na atmosfera, alcançando diversos países. Em ambos, houve exposição a doses extremamente altas de radiação (superiores a 10 Gy), causando danos sistêmicos em indivíduos afetados, podendo levar à morte em poucos dias (LIMA et al., 2020; OKUNO, 2013).

Diferente das reações teciduais, o chamado efeito estocástico se manifesta meses ou anos após a exposição. Estes efeitos são os que ocorrem, por exemplo, após anos de exposição a baixas taxas de dose. As pessoas afetadas são aquelas que recebem doses com mais frequência, como os IOEs (LIMA et al., 2020; NASCIMENTO, 2018).

Para baixas taxas de dose, com valores de dose menores do que 0,5 Gy, os efeitos estocásticos podem causar alterações somáticas. Assim, uma mudança aleatória no DNA de uma única célula, que por sua vez continua a replicar-se, tem probabilidade, mesmo que pequena, de desenvolver uma condição maligna. A deleção de pequenas regiões ou perda de fragmentos cromossômicos, pode levar, portanto, à perda de “genes supressores de tumores” (SEARES; FERREIRA, 2013; VELUDO, 2011).

Uma vez que tumores se originam de uma única célula, apenas um evento pode ser suficiente, e por causa disso, os efeitos estocásticos das radiações ionizantes não apresentam limiar de dose. Qualquer dose de radiação, por mínima que seja, pode resultar em efeito estocástico. Tais efeitos são cumulativos, quanto maior a dose, maior a probabilidade de ocorrência (SEARES; FERREIRA, 2011).

Diante de tal, os efeitos nocivos são importantes, principalmente aos profissionais que se dedicam às especialidades de diagnóstico por imagem veterinário, radioterapia ou mesmo na prática clínica, em que a imobilização dos animais acaba sendo feita pelos próprios veterinários e a frequência na quantidade de exames cresce a cada dia (ROSA; BARROS, 2018).

2.3 Grandezas Dosimétricas

Grandezas dosimétricas são unidades desenvolvidas pela física das radiações para padronizar as medidas de doses de radiação em indivíduos, assim como desenvolver seus limites. Tais grandezas dosimétricas são separadas em três grupos, sendo: (a) grandezas físicas, caracterizadas pela exposição, dose absorvida e kerma; (b) grandezas de proteção, que englobam a dose equivalente e a dose efetiva; e (c) grandezas operacionais, como a equivalente de dose pessoal (OKUNO, YOSHIMURA, 2010).

2.3.1 Exposição

A exposição, unidade Roentgen (R), é uma grandeza física que mede a capacidade dos fótons de se ionizar em contato com o ar. É caracterizada por feixe de raios X ou Gama (CURRY, DOWDEY, MURRY, 1990) e mede a quantidade de carga elétrica de mesmo sinal produzido no ar através da ionização do mesmo, por unidade de massa do ar (OKUNO, YOSHIMURA, 2010).

2.3.2 Kerma

A grandeza Kerma, unidade Gray (Gy), se caracteriza pela soma de todas as energias cinéticas iniciais de todas as partículas carregadas e liberadas pelas interações com radiações sem carga (fótons ou nêutrons), em um volume de massa (CURRY, DOWDEY, MURRY, 1990; OKUNO & YOSHIMURA, 2010).

2.3.3 Dose Absorvida

A dose absorvida, com unidade Gray (Gy), pode ser explicada como a grandeza física que caracteriza a quantidade de energia por massa, depositada em qualquer meio por qualquer tipo de radiação, e não somente raios X e Gama, como no caso da Exposição (CURRY, DOWDEY, MURRY, 1990; OKUNO, YOSHIMURA, 2010).

2.3.4 Dose equivalente

Dose equivalente, unidade Sievert (Sv), é a grandeza de proteção definida pelo produto da dose absorvida por um fator de ponderação, que caracteriza o tipo de radiação incidente (OKUNO, YOSHIMURA, 2010). Os fatores de ponderação foram escolhidos pela

ICRP para cada tipo de partícula e energia como uma forma de representar a efetividade biológica relativa da radiação em induzir efeitos estocásticos (OKUNO, YOSHIMURA, 2010).

2.3.5 Dose efetiva

A dose efetiva, unidade Sievert (Sv), serve para estabelecer limites de exposição para todo o corpo à radiação. É formada pela soma das doses equivalentes nos tecidos ou órgãos e multiplicada por um fator de ponderação tecidual ou do órgão em questão. 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 (OKUNO, YOSHIMURA, 2010).'

2.4 Radioproteção na Medicina Veterinária

Com o aumento da demanda de exames radiográficos e a necessidade de imobilização dos animais pelos profissionais de medicina veterinária radiológica, torna-se importante investigar se o sistema de radioproteção utilizado está adequado, e se este sistema minimiza à exposição dos IOE (LIMA et al., 2006).

Em especial na radiologia veterinária, os pacientes são não colaborativos, sendo necessária a permanência de funcionários qualificados ou do proprietário do animal para imobilização do paciente durante o exame radiográfico. Outro método de imobilização utilizado para substituir a imobilização física seria a sedação, mas não é muito utilizada pelo custo financeiro ao proprietário e risco ao animal (BARROS, ROSA, 2018).

Para tanto, os procedimentos de segurança contra radiação foram amplamente desenvolvidos para minimizar a exposição de pacientes e funcionários. Algumas práticas adotadas, em consonância com o princípio ALARA - tão baixas quanto razoavelmente exequíveis, incluem a redução do tempo de exposição, o aumento da distância da fonte de radiação e o uso de técnicas de proteção (IAEA, 2021).

2.4.1 Dosimetria

O objetivo da dosimetria no radiodiagnóstico veterinário é o de quantificar as doses de radiação ionizante depositadas sobre um indivíduo, para comparação com os limites de dose estabelecidos pela legislação. Dessa forma, determina-se a quantidade de dose de radiação recebida por um IOE durante o procedimento radiológico (IAEA, 1996).

Segundo as Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica da CNEN a exposição normal

dos indivíduos deve ser restringida de forma que nem a dose efetiva nem a dose equivalente nos órgãos ou tecidos de interesse excedam o limite de dose especificado na tabela a seguir (Tabela 1), salvo em circunstâncias especiais, autorizadas pela CNEN (CNEN NN 3.01, 2011; ICRP 103, 2007; BRASIL, 2019).

Tabela 1 – Limite de doses anuais de acordo com a CNEN. [a] o termo dose anual deve ser considerada no intervalo decorrente de janeiro a dezembro de cada ano; [b] média aritmética em 5 anos consecutivos, desde que não exceda 50 mSv em qualquer ano. [c] em circunstâncias especiais, a CNEN poderá autorizar um valor de dose efetiva de até 5 mSv em um ano, desde que a dose efetiva média em um período de 5 anos consecutivos, não exceda a 1 mSv por ano; [d] valor médio em 1 cm² de área, na região mais irradiada.

Limite de Doses			
Anuais^[a]			
Grandeza	Órgão	Indivíduo	
		ocupacionalmente exposto	Indivíduo Público
Dose efetiva	Corpo inteiro	20 mSv ^[b]	1 mSv ^[c]
	Cristalino	20 mSv ^[b]	15 mSv
	Pele ^[d]	500 mSv	50 mSv
	Mãos e pés	500 mSv	---

Fonte: Adaptado de CNEN N.N. 3.01 (2014).

À vista disso, a CNEN estabelece que a dose efetiva anual não deve exceder 20 mSv para IOE, e para indivíduos que assistem pacientes não deve exceder 5 mSv, bem como a dose equivalente para IOE não deve exceder 500 mSv para mãos, pés e pele (CNEN, 2014).

A dosimetria pode ser classificada em ativa e passiva. A dosimetria ativa é realizada por meio de câmaras de ionização, as quais produzem um sinal induzido por radiação e exibe uma leitura direta da dose ou taxa de dose detectada em tempo real. Já a dosimetria passiva é realizada pela produção de um sinal induzido por radiação, que é armazenado no dispositivo. O dosímetro é então processado e as doses são analisadas. Para a estimativa das doses efetivas absorvidas pelos IOEs, os dosímetros devem ser usados em

uma posição do corpo representativa de sua exposição e de frente para a fonte radioativa (KNOLL, GLENN, 2010).

O monitoramento individual dos IOEs é feito por meio da utilização de um monitor individual, denominado dosímetro, composto por elementos detectores sensíveis à radiação ionizante. Durante muito tempo, os dosímetros de monitoração radiológica mais utilizados no Brasil eram baseados na técnica de termoluminescência (TL). Nesta técnica, os detectores previamente expostos à radiação são submetidos a um aquecimento controlado, o qual emite um sinal luminescente com intensidade proporcional à dose absorvida pelo material detector (MALTHEZ, 2015; MAYER, 2019a).

A técnica de Luminescência Opticamente Estimulada (OSL – *Optically Stimulated Luminescence*) é outra técnica para monitoração individual, amplamente utilizada em diversos países da Europa e Estados Unidos. E, assim como na técnica TL, o material detector, previamente exposto à radiação, emite um sinal luminescente proporcional à dose de radiação, no entanto, o estímulo óptico é empregado para emissão luminescente (MALTHEZ, 2015).

Como já foi dito, o emprego da dosimetria individual é exigido por operadores de equipamentos emissores de radiação em clínicas radiológicas veterinárias (BRASIL, 2019; LIMA et al, 2020). Considerando, portanto, os efeitos biológicos das radiações e o crescente número de equipamentos dedicados ao radiodiagnóstico veterinário, é de suma importância que haja a quantificação e qualificação das doses ocupacionais para verificar se estas estão dentro dos limites estabelecidos pela legislação e normas brasileiras vigentes (BRASIL, 2019; VENEZIANI, et. al., 2010).

2.4.2 Equipamentos de proteção individual

Quando um animal é radiografado, os raios X são espalhados pelo paciente e pela mesa, aumentando a exposição ocupacional, mesmo que os profissionais não estejam na direção do feixe primário (HUPE; ANKERHOLD, 2011). A radiação espalhada representa, para tanto, a principal fonte de dose de radiação recebida pelo operador e é o principal motivo para o uso de EPIs, os quais são obrigatórios nos serviços de radiologia conforme as normas da Vigilância Sanitária (BRASIL, 2019; CARLTON; ADLER, 2006). Dessa forma, a utilização de equipamentos plumbíferos, como aventais, luvas, óculos e dosímetros visam de forma direta, preservar a saúde de trabalhadores e minimizar os riscos derivados do uso de radiações ionizantes (ROSA; BARROS; COSTA, 2017; WOLFF, 1955).

A eficácia das roupas e equipamentos de proteção varia de acordo com sua espessura equivalente de chumbo, sendo as opções de 0,25 mmPb, 0,35 mmPb ou 0,5 mmPb as mais

comumente disponíveis. Segundo a RDC 611/2022, durante as exposições, é obrigatória que nenhuma parte do corpo, incluindo extremidades, quando possível, seja atingida pelo feixe primário de radiação ionizante sem estar protegida por, no mínimo, 0,5 mmPb. Ao mesmo tempo que a proteção à radiação espalhada deve ser realizada por meio de EPI e EPC com atenuação compatível com a energia da radiação, não inferior a 0,25 mmPb equivalente de chumbo (BRASIL, 2022).

Todavia, a técnica ideal ao realizar o exame radiográfico deve ser de tal forma que o operador nunca fique exposto ao feixe primário, mesmo quando estiver usando equipamento de proteção. Isso porque os EPIs são eficazes apenas contra a radiação espalhada, uma vez que os níveis de energia no feixe primário são altos o suficiente para permitir a penetração através do chumbo (MIKKELSEN, 2019; WOLFF, 1955).

A utilização de luvas plumbíferas consegue reduzir a dose da radiação espalhada em 96,2%, mas raramente são utilizadas, uma vez que a imobilização e o posicionamento dos animais, nas clínicas e hospitais veterinários, são feitos de forma manual, e as luvas dificultam esses processos (TYSON, 2011; ROSA; BARROS, 2018). Outra prática comum e preocupante durante a aquisição de radiografias em animais é a colocação das luvas plumbíferas por cima das mãos do profissional ou o uso de luvas com as palmas abertas durante a exposição à radiação. Sendo que essas práticas podem dar aos operadores uma falsa sensação de proteção (MAYER, 2019b).

Em consequência, a radioproteção é constantemente negligenciada e os médicos veterinários estão expostos desnecessariamente aos raios X. Logo, sujeitos aos riscos, surgem as sequelas biológicas indesejáveis, os efeitos estocásticos, como catarata, leucemia e outros tipos de neoplasias inerentes a esta atividade laboral que é a exposição à radiação ionizante (NASCIMENTO, 2018).

2.4.3 Equipamentos de posicionamento radiográfico

Diferente da medicina humana, os médicos veterinários estão frequentemente presentes na sala de radiografia durante a exposição aos raios X com o propósito de posicionar os animais. Tendo em vista o uso comum das mãos para a contenção e posicionamentos dos pacientes durante a realização de exames, fato que diminui a distância entre o trabalhador e a fonte de radiação ionizante, a introdução de métodos que diminuam a necessidade de exposição à radiação ionizante dos funcionários veterinários tornam-se importantes (ALMEIDA, 2020; AIEA, 2021).

Uso de contenção manual (mãos do trabalhador em contato com o animal no momento da exposição) em detrimento do uso de contenção de material (cordas ou sacos de areia

usados para controlar animais) é uma realidade mundial e revela a necessidade do aprimoramento de novas técnicas de posicionamento que não as mãos dos trabalhadores. A utilização de sacos de areia, cordas, calhas e espumas garante que a problematização acerca da necessidade de posicionar os animais seja sanado (MAYER et al., 2017).

Os equipamentos de posicionamento podem, além de facilitar os procedimentos de imagem, podem reduzir a necessidade de ter mais pessoas na área de imagem para a contenção manual de animais (ALMEIDA, 2020; AIEA, 2021). A sedação adequada de animais pode minimizar os riscos, bem como minimizar a exposição à radiação, no entanto é uma prática pouca utilizada no Brasil. Sendo assim, os sacos de areia, almofadas de espuma e cordas podem ajudar no posicionamento de pequenos animais (Figura 4) (AIEA, 2021).

Figura 4 - Técnica de mãos livres utilizada durante posicionamento radiográfico em cão.



Fonte: AIEA (2021).

A utilização destes acessórios permite que o operador não fique tão próximo ao feixe primário e à radiação espalhada, além de permitir que o animal se mantenha mais confortável e por consequência mais estável, garantindo melhor qualidade de imagem e minimizando a necessidade de exposições (ALMEIDA, 2020; ROSA, 2018).

2.4.4 Distância

Mesmo com o uso dos EPIs, a exposição à radiação espalhada deve ser mantida a um nível mínimo. Para isso, um dos métodos de segurança que pode ser empregado é a distância. Assim, os indivíduos dentro da sala de exame devem tentar permanecer a maior distância possível do tubo de raios X e do paciente (AIEA, 2016).

A relação entre distância e exposição é governada pela lei do inverso do quadrado. Ou seja, ao dobrar a distância de uma fonte de radiação irá reduzir a intensidade ou

exposição para $\frac{1}{4}$ do seu valor anterior. Logo, se for necessário que um profissional veterinário esteja presente na área controlada durante um procedimento radiográfico, quanto mais longe da fonte de radiação ele estiver, melhor será para sua segurança (BAKER, 2014; MAYER, 2019a). Entretanto, não se pode afirmar que existe distância segura quando se fala em radiação X, pois sua interação com o organismo humano depende do grau de rádio sensibilidade da célula e da dose de radiação absorvida (SOARES; PEREIRA; FLÖR, 2011).

Por conseguinte, tendo em vista que a contenção e o posicionamento dos animais, no Brasil, são feitos manualmente pelos profissionais e assistentes, a distância segura entre o operador, o feixe primário e o animal não são colocados em prática. Portanto, diante da realidade brasileira, a qual não dispõe de nenhuma legislação ou cartilha educativa oficial (BRASIL, 2019), que preconize a diminuição ou proibição da contenção manual dos animais durante o exame radiográfico, o uso dos EPIs deve ser indispensável e IOE deve ficar o mais afastado possível do feixe primário para garantir que a dose de dispersão recebida será reduzida (MURPHY, 2019).

2.4.5 Tempo de exposição

A redução do tempo de exposição ao mínimo necessário, para uma determinada técnica de exames, é a maneira mais prática para se reduzir a exposição à radiação ionizante. Na condução de um serviço de radiologia, o rodízio dos responsáveis pelo posicionamento dos pacientes durante os procedimentos nas clínicas e hospitais veterinários é uma forma de limitar a exposição dos técnicos aos raios X (SEARES; FERREIRA, 2011).

No mais, evitar a repetição de procedimentos radiográficos devido à técnica inadequada, sendo, portanto, fundamental a formação adequada em radiologia pelos operadores, a fim de garantir as melhores práticas de trabalho. Além do posicionamento adequado, deve-se ter imagens processadas de forma adequada, pois isso evitará a necessidade da repetição de procedimentos radiográficos (BAKER, 2014).

É recomendável que, sempre que possível, o tutor participe da contenção do animal. Tal procedimento é ético, desde que o proprietário disponha de todos os EPIs. A exposição, infrequente, que o proprietário do animal receberia sob estas circunstâncias é insignificante, que diminuiria a exposição repetida e seu efeito acumulativo, em que reside o perigo para os IOEs (OLIVEIRA; AZEVEDO; CARVALHO, 2003).

Com relação aos princípios de redução de dose, a redução do tempo de um exame radiológico não pode ser implementada em função da técnica radiológica estabelecida, pois implica a qualidade de imagem, e o aumento da distância nem sempre é possível, já que a

distância da fonte à mesa de comando é limitada. Logo, o uso das EPIs nos serviços de radiologia e diagnóstico por imagem torna-se a única maneira eficaz de se reduzir a exposição do IOE à radiação ionizante (SOARES, PEREIRA, FLÔR, 2011).

A colimação também se faz importante, pois restringe o feixe de raios X de forma que apenas a área de interesse seja exposta. Isso é conseguido por meio de monitores na unidade de raios X que designam o feixe principal. Uma boa colimação é essencial porque reduz a quantidade de radiação à qual o paciente é exposto, aumentando assim a segurança do paciente. Além disso, reduz a quantidade de radiação espalhada produzida, que constitui a principal fonte de exposição à radiação para o pessoal (CUNHA; FREIRE; DREXLER, 1992; BAKER, 2014).

2.5 Legislações acerca da radioproteção no mundo e no Brasil

De acordo com o perigo apresentado pela exposição à radiação ionizante, emerge a necessidade de proteção, estabelecendo-se os três princípios básicos que são dispostos mundialmente: (1) o da justificativa, a qual qualquer exposição à radiação deve ser justificada de modo que o benefício supere qualquer malefício à saúde; (2) a limitação de dose, em que se aplica ao público em geral e ao IOE, mas não aos pacientes, utilizando-se cálculos de doses anuais, considerando as grandezas das doses efetivas e equivalentes; (3) a otimização, sendo que as exposições à radiação ionizante devem ser mantidas “tão baixas quanto razoavelmente exequível” (princípio ALARA - *As Low As Reasonably Achievable*), levando-se em consideração fatores econômicos e sociais (SILVA et al., 2013; CNEN, 2014).

Dessa forma, são responsabilidades que cabem aos governos para a proteção contra a radiação ionizante: o estabelecimento de uma estrutura legal e regulatória eficaz para proteção e segurança para diferentes situações de exposição; a existência de legislações que atendam aos requisitos especificados; o estabelecimento de um órgão regulador como um órgão independente com as necessárias autoridades legais, competência e recursos; condições para educação e treinamento em proteção contra radiação e segurança; a garantia que os requisitos sejam estabelecidos para o reconhecimento formal de especialistas qualificados em proteção contra radiação em práticas veterinárias, como profissionais veterinários (IAEA, 2014; IAEA, 2016).

É considerado, para tanto, uma boa prática para o órgão regulador fornecer aos estabelecimentos critérios de aceitação claros para todos os tipos de equipamentos veterinários, incluindo a frequência mínima para novos testes desses equipamentos. Esse

é um exemplo de atuação do órgão regulador, o qual garante que os equipamentos utilizados em clínicas e hospitais veterinários sejam considerados seguros para as pessoas envolvidas e para os animais (IAEA, 2021).

A Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) é, desde 1995, o órgão brasileiro regulador das práticas que envolvem a radiação ionizante na propriedade e estabelece as diretrizes básicas para a proteção contra a radiação (CNEN, 2014). No entanto, o emprego de fontes de raios X deve ser regulamentado por meio de portaria do Ministério da Saúde (CNEN, 2014). Desta forma, apenas em 2019 foi publicada uma nova resolução (RDC 330/2019) e nela foi incluída a prática da radiologia veterinária às diretrizes de proteção radiológica.

A RDC 330/2019, que substituiu a antiga Portaria Nº 453 de 1998, legitima a instituição das novas diretrizes de organização, funcionamento e proteção radiológica em serviços de radiologia veterinária diagnóstica ou intervencionista em todo o território nacional, um trabalho em conjunto com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), órgão que inspeciona o uso de radiação em radiodiagnóstico (BRASIL, 2019).

No que diz respeito à contenção de animais para a realização dos exames, existe uma ampla discussão em todo o mundo, e ainda há controvérsias em relação aos aspectos específicos dessa prática (BARBER; MCNULTY 2012). Por exemplo, o Instituto de Proteção de Radiação da Irlanda (RPII, 2002), declara que um animal não deve ser contido para radiografia exceto em circunstâncias excepcionais, quando outros meios de imobilização não são praticáveis, por exemplo, devido à gravidade do estado clínico do animal. Outras formas de imobilização devem ser utilizadas, como meios mecânicos, sedação ou anestesia geral. Também afirma que se uma pessoa é obrigada a segurar o animal, a mesma pessoa não deve fazê-lo regularmente (RPII, 2002).

Isso também se aplica às políticas de radioproteção australianas e canadenses (ARPANSA, 2009; NHW, 1991). O que difere da atual realidade brasileira, uma vez que não há nenhuma legislação ou cartilha educativa oficial (BRASIL, 2019), que preconize a diminuição ou proibição da contenção manual dos animais durante o exame radiográfico, corroborando, portanto, com um déficit nas diretrizes específicas para a atuação veterinária.

As diretrizes federais no Canadá e nos Estados Unidos recomendam que trabalhadores não devam restringir os animais rotineiramente para procedimentos radiográficos e que aventais e luvas de chumbo devem ser usados (NHW, 1991; NCRP, 2004). No entanto, essas recomendações nem sempre são seguidas nas práticas veterinárias de pequenos animais, grandes animais e animais silvestres, o que põe em pauta a necessidade de sedação desses animais, em muitos dos procedimentos realizados (MAYER et al., 2019b).

Em contrapartida, no Reino Unido, não é permitida a contenção física animal na sala de raios X para diagnóstico de displasia coxofemoral, e algumas metodologias “mãos-livres”, baseadas no uso de cordas estão disponíveis (BVA, 2002). Já na Finlândia, um exame de competência de oficial de segurança em radiação é necessário antes que uma licença para práticas radiográficas veterinárias seja concedida (STUK, 2012). Autoridades competentes na condução de radioproteção europeia desenvolveram diretrizes de educação e treinamento em proteção radiológica de profissionais veterinários, que incluem resultados básicos de aprendizagem, os quais devem ser alcançados por todos os trabalhadores que atuam ou auxiliam em procedimentos que usam radiação ionizante (HERCA, 2017).

Segundo a IAEA (2021), regras e procedimentos locais escritos devem ser direcionados à uma instalação de radiação veterinária. O objetivo é garantir a proteção e a segurança dos IOEs e outras pessoas. As regras precisam ser facilmente acessíveis em placas penduradas em portas que dão acesso a certas partes das áreas controladas, como em salas de imagens (IAEA, 2021).

Medidas práticas são usadas para otimizar a proteção contra radiação, atendendo aos requisitos para manter as exposições tão baixas quanto razoavelmente exequível, tais como: o uso, manuseio e armazenamento de dosímetros pessoais e especificar os níveis de investigação e ações de acompanhamento, ou ainda, a realização do procedimento de imagem (IAEA, 1998; SILVA et al., 2013).

Todas essas responsabilidades estabelecidas pelos governos em conjunto com órgãos reguladores são relevantes para o uso seguro da radiação ionizante na medicina veterinária. O reconhecimento formal dos profissionais veterinários é, portanto, um meio de garantir que apenas pessoas com as competências adequadas possam assumir funções e responsabilidades específicas para o uso veterinário de radiação ionizante (IAEA, 2021; TYSON, 2011; ROSA; BARROS, 2018).

2.6 Saúde ocupacional do médico veterinário

A exposição ocupacional refere-se ao ambiente de trabalho nos quais os profissionais lidam com fontes de radiação ionizantes. Já a monitoração ocupacional avalia diretamente a dose do trabalhador e as medidas ambientais determinam as condições do local de trabalho (NASCIMENTO, 2010).

Os limites de dose ocupacional anuais baseiam-se em uma estimativa de um risco de saúde aceitável para os trabalhadores e não devem ser excedidos, entretanto, os empregadores também são obrigados a manter as doses de radiação “tão baixas quanto razoavelmente exequíveis” (ALARA) de todos os trabalhadores (BRASIL, 2019). As exposições ocupacionais normais de cada indivíduo, decorrentes de todas as práticas,

devem ser controladas de modo que os valores dos limites estabelecidos pela CNEN não sejam excedidos (CNEN, 2014).

Todo indivíduo exposto aos riscos ocupacionais deve estar submetido a um programa de controle de saúde baseado nos princípios gerais de saúde ocupacional. Os operadores devem realizar os exames periódicos a cada seis meses com análise de hemograma completo com contagem de plaquetas e avaliação dos laudos dosimétricos (CNEN, 2014).

Além disso, a conscientização sobre a proteção radiológica é recomendada para reduzir a exposição ocupacional à radiação, pois efeitos estocásticos, como cataratas, são relatados entre os trabalhadores veterinários (VELUDO, 2011). Em relação aos EPs, deve-se, mais uma vez, ser obrigatório o uso de aventais plumbíferos, protetores de tireoide e de gônadas, luvas, óculos e outras blindagens de contato utilizadas para a proteção profissionais durante as exposições (MURPHY, 2018; ELSHAMI, 2020; BRASIL, 2019).

É imprescindível, para tanto, garantir uma prática segura em radiologia veterinária. A medição e estimativa da dose de radiação ocupacional recebida pelos IOEs são importantes para avaliar as tendências e estabelecer medidas de proteção. Além disso, os resultados da avaliação da dose ocupacional podem levar a mudanças nos padrões regulatórios e modificação nas práticas de trabalho (ELSHAMI, 2020).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Esse trabalho foi avaliado e sua metodologia aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Uberlândia, sob o protocolo número 49391321.0.0000.515.

3.1 Dosimetria passiva

Os dosímetros passivos são utilizados para coletar as doses equivalentes pessoais no período de um mês. A leitura e as doses são calculadas pela empresa terceirizada para prestar o serviço. Pela legislação atual, é obrigatório o uso destes dosímetros para a avaliação dosimétrica dos profissionais e, vale ressaltar que estes não interferem nem causam qualquer dano aos usuários.

Foram convidados 24 (vinte e quatro) médicos veterinários residentes do Hospital Veterinário da Universidade Federal de Uberlândia (HOVET-UFU) para participarem da pesquisa de forma voluntária, durante 5 (cinco) meses consecutivos. Os setores

participantes foram: Clínica Médica de Animais de Companhia (CMAC), Clínica Cirúrgica de Animais de Companhia (CCAC), Clínica Médica e Cirúrgica de Grandes Animais (CMCGA), Medicina de Animais Silvestres (MAS) e o setor de Diagnóstico por Imagem (DI).

Todos os profissionais participantes foram esclarecidos sobre a metodologia da pesquisa e convidados a assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), antes da coleta de dados.

É importante ressaltar que esses profissionais já são expostos ocupacionalmente à radiação ionizante durante a contenção manual dos animais para a realização do exame radiográfico. Desta forma, as doses foram coletadas por meio de situações não controladas, nas quais os médicos veterinários se mantiveram em suas rotinas habituais de trabalho.

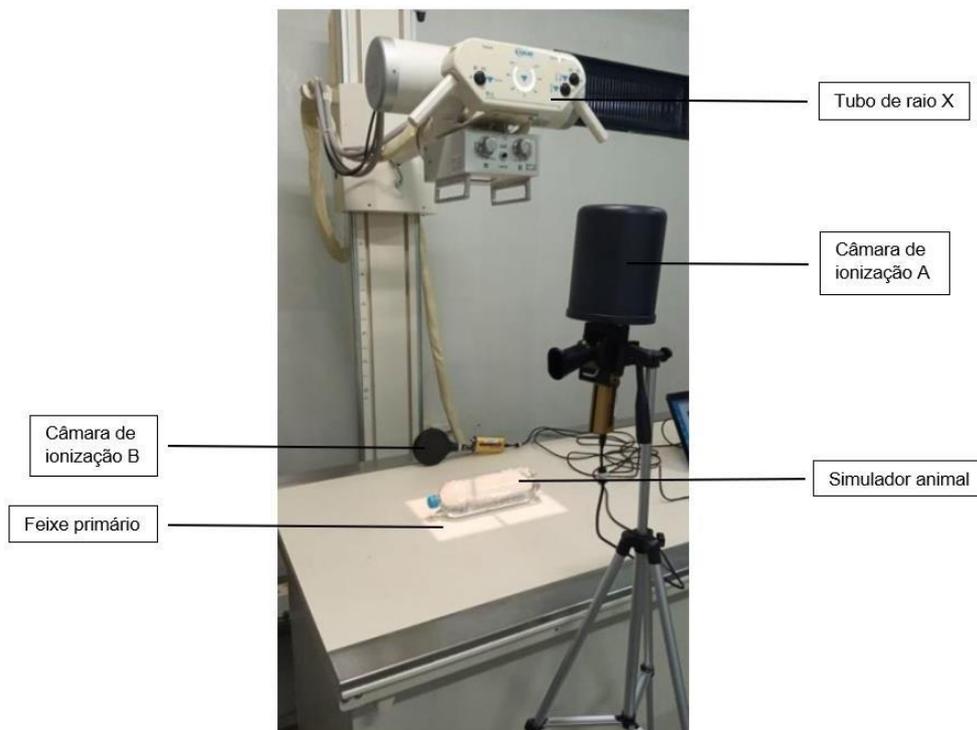
Após o aceite e inclusão no grupo de pesquisa, foram coletadas as doses recebidas de radiação ionizante, por meio de dosímetros a serem fixados nos profissionais no tórax, todos fixados sobre o avental plumbífero. Os dosímetros OSL já têm as incertezas fornecidas pelo laboratório que faz as leituras, e que também é credenciado pelo mesmo.

Além disso, foi realizado um levantamento quanto ao número de exames realizados no período do estudo para cada área médica estudada, desta forma, estabeleceu-se relações quanto ao número de exames e a dosagem absorvida pelos dosímetros dos IOEs.

3.2 Dosimetria ativa

Realizou-se a avaliação da dosimetria ativa através da instalação de duas câmaras de ionização (Radcal, 10X6-180 e Radcal 10X6-1800), ambas do Laboratório de Instrumentação e Dosimetria da Universidade Federal de Uberlândia, ao lado da mesa do equipamento de raios X (MEDICOR, Modelo RS-3, 150 kVp, 500 mA), durante as exposições radiográficas. A câmara de ionização "A" foi posicionada simulando a distância de um indivíduo de altura média (1,65 cm), enquanto a câmara de ionização "B" foi posicionada na altura das gônadas do IOE (0,83 cm do chão), que estariam contendo o paciente, conforme a Figura 5.

Figura 5 - Câmaras de ionização A e B posicionadas de acordo com a localização de um IOE durante contenção do paciente para exame radiográfico. Uma garrafa PET com água foi utilizada para simular um animal sob o feixe primário.



Fonte: Arquivo pessoal.

Para avaliação da dosimetria ativa, as câmaras de ionização A e B foram utilizadas durante 2 (dois) exames radiográficos em cães, uma vez que essa é a espécie que possui a maior casuística na solicitação de exames radiográficos de animais. A medição foi possível de ser realizada durante a rotina no setor de Diagnóstico por Imagem do HOVET-UFU. Dessa forma, o primeiro cão tinha 3,2 kg de peso vivo e a mandíbula foi radiografada nas projeções dorsoventral e ventrodorsal. O segundo animal tinha 8,4 kg de peso vivo e teve seu membro pélvico direito radiografado nas projeções craniocaudal e mediolateral. As técnicas radiográficas empregaram uma tensão de 55 kVp e 5 mAs e 60 kVp e 10 mAs para o primeiro e segundo animais, respectivamente. A distância dos animais em relação às câmaras A e B foram fixas, medindo 50 cm.

Em seguida, utilizou-se uma garrafa PET de 1,5 L, a qual foi recoberta com um protótipo de mão humana, simulando a contenção do paciente, em duas situações: (1) protótipo de mão sem a luva plumbífera e (2) protótipo da mão com a luva plumbífera. As distâncias entre a mão e a câmara de ionização A e B foram fixas medindo 50 cm. Para fins de comparação no valor de dose absorvida pelo protótipo de mão humana com e sem a luva plumbífera foi avaliada a dose absorvida pela câmara A e B apenas com a garrafa

PET (Figura 6).

Figura 6 - Garrafa PET, protótipo de mão humana sem luva plumbífera e protótipo de mão humana com luva plumbífera sob o feixe primário de raios X.



Fonte: Arquivo pessoal.

Os cálculos da dose equivalente recebida foram realizados a partir da equação (1).

$$H^*(10) = M \cdot N_H \cdot k_{T,P}$$

sendo M é o valor de radiação medido, N_H é o fator de correção (para $N = 60$ kV) e $k_{T,P}$ é o fator de correção para a densidade do ar (para câmaras de ionização abertas), para o valor de $T_C = 20^\circ\text{C}$ e $P_C = 101,325$ kPa.

O fator de correção $k_{T,P}$ é dado pela equação (2):

$$k_{T,P} = \frac{P_C}{P} \cdot \frac{273,15 + T}{273,15 + T_C}$$

Para cada avaliação foram calculadas as incertezas do Tipo A, levando em consideração as incertezas dos equipamentos, fornecidas pelo laboratório de calibração (as câmaras de ionização são todas calibradas em laboratórios credenciados).

3.3 Análise Estatística

Neste trabalho, serão consideradas as medições de cada indivíduo, mas não será feita uma correlação entre dose-efeito. Desta forma, este estudo não é um estudo epidemiológico, em que poderiam ser realizadas extrapolações para o restante dos profissionais de saúde da medicina veterinária. Os dados serão interpretados como sendo do serviço em questão, não sendo correlacionados com outros locais. Com base nestes dados, será possível avaliar como melhorar os procedimentos nestes serviços.

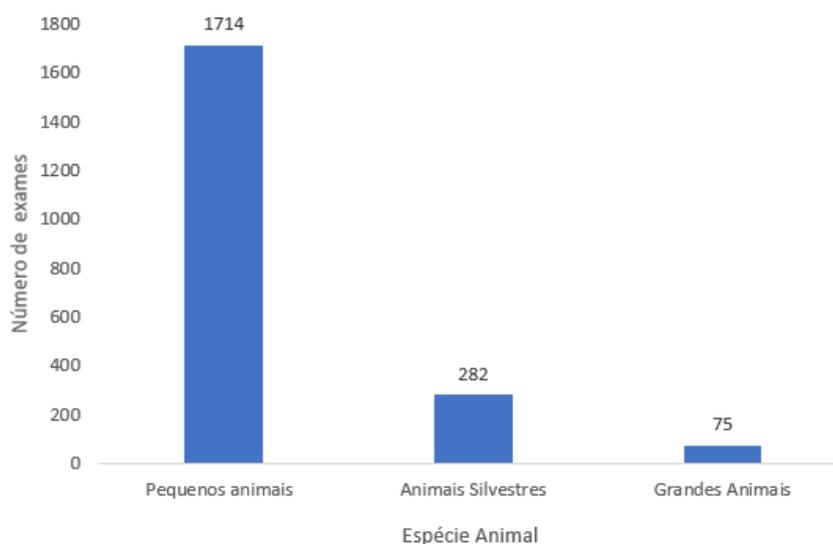
A dose efetiva dos profissionais será avaliada para um período de até cinco meses, e este valor será considerado para a avaliação da dose anual. A média destes valores será considerada como a dose mensal, que deve obedecer aos limites estabelecidos na CNEN-NN 3.01 (BRASIL, Resolução nº 164). Os valores de dose, bem como as incertezas de cada dosímetro já são fornecidos pela empresa prestadora de serviços.

4 RESULTADOS

4.1 Análise dosimetria ativa

Ao longo do período de estudo, 5 (cinco) meses, foram realizados 2.071 exames radiográficos no setor de radiologia do HOVET-UFU, os quais foram encaminhados pelos serviços da CMAC, CCAC, CMCGA e pela MAS. A demanda de exames entre os setores foi desigual, sendo realizadas 1714 radiografias nas áreas da CMAC e CCAC, 281 radiografias na CMAS e 85 exames solicitados pela CMCGA, demonstrando, com isso, que a rotina com cães e gatos foi superior às demais espécies no período estudado (Gráfico 1).

Gráfico 1 – Número de exames solicitados pelos setores de clínicas médica e cirúrgica de 3pequenos animais, de grandes animais e de animais silvestres, no período de cinco meses, no HOVET-UFU.



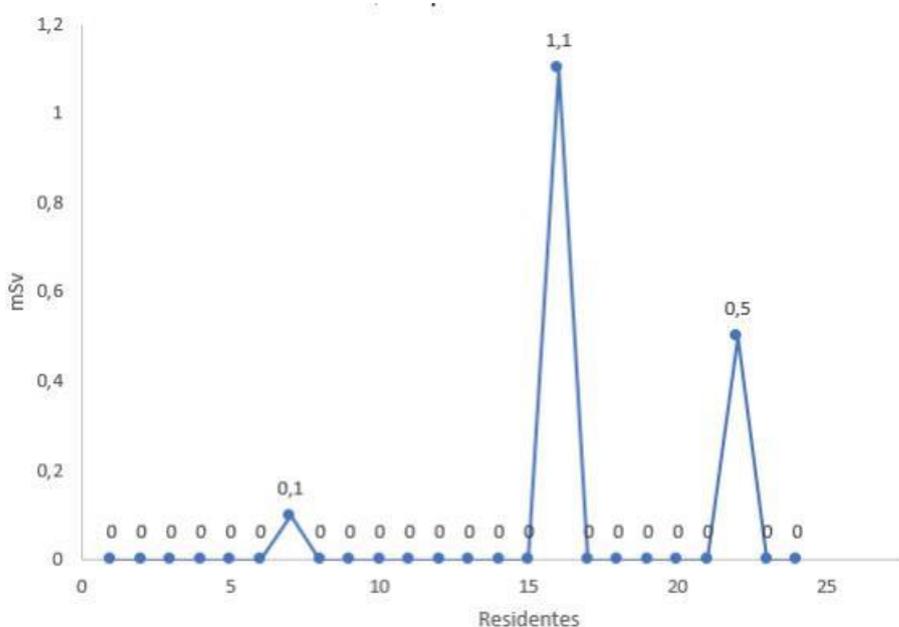
Fonte: Elaboração própria.

Os médicos veterinários residentes responsáveis pelo posicionamento e contenção

dos animais utilizaram o dosímetro OSL de tórax sobre o colete plumbífero, juntamente com o protetor de tireóide, óculos e luvas plumbíferas, durante os exames radiográficos realizados no período, conforme rotina do HOVET-UFU. Dos 24 residentes, 14 participaram da contenção de pequenos animais, quatro de grandes animais e quatro de animais silvestres, duas residentes do diagnóstico por imagem participaram da contenção de animais de qualquer espécie quando foram solicitadas. O número de vezes em que cada residente participou da contenção dos animais foi aleatório, deixando a rotina hospitalar seguir seu fluxo habitual, visto que os tutores e estagiários também participam da contenção dos pacientes.

As doses absorvidas durante os exames, no período de cinco meses, foram nulas para os residentes da CMAC, CCAM, MAS e DI. No entanto, para três dos quatro residentes da CMCGA houve contagem de dose. Esses profissionais estão identificados com os números 7, 16 e 21, respectivamente no Gráfico 2.

Gráfico 2 - Doses absorvidas pelos residentes durante a contenção e o posicionamento dos animais, no período de cinco meses.

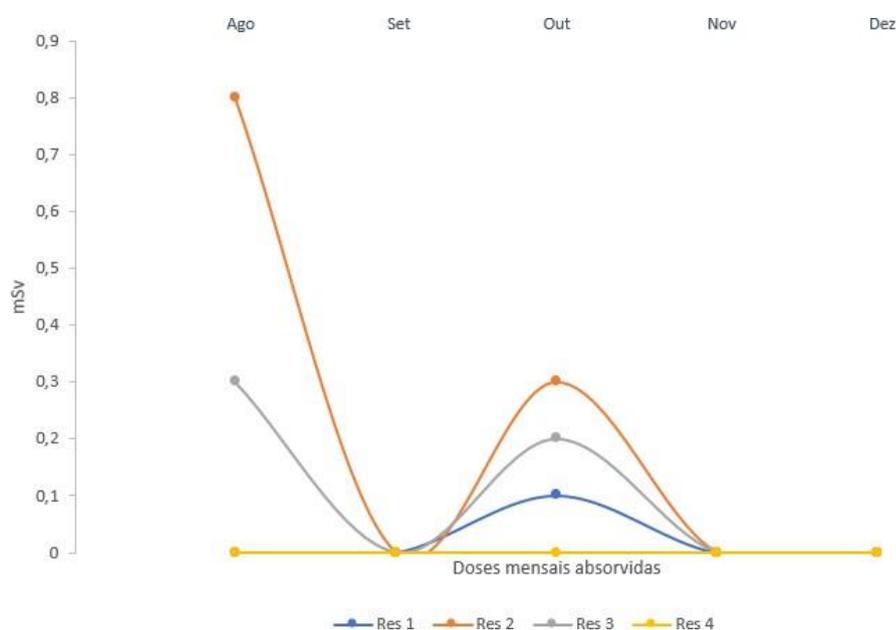


Fonte: Elaboração própria.

Foram analisadas também as doses individuais absorvidas pelos quatro residentes do setor de Clínica Médica e Cirúrgica de Grandes Animais, nos meses de agosto a dezembro. Percebeu-se que dentre eles, a dosimetria apresentou uma discrepância no que tange aos meses e profissionais considerados, como visto no Gráfico 3. O residente número 1 apresentou as seguintes doses absorvidas: doses nulas nos meses de agosto e setembro, 0,1 mSv no mês de outubro, e doses nulas nos meses de novembro e dezembro. O residente

número 2 apresentou as doses absorvidas: 0,8 mSv no mês de agosto, dose nula no mês de setembro, 0,3 mSv no mês de outubro, e doses nulas nos meses de novembro e dezembro. O residente número 3 apresentou as doses absorvidas: 0,3 mSv no mês de agosto, dose nula no mês de setembro, 0,2 no mês de outubro, e doses nulas nos meses de novembro e dezembro. Já o residente 4 apresentou dose nula em todos os meses.

Gráfico 3 - Doses individuais equivalentes referentes aos residentes do setor de clínica e cirurgia de grandes animais, nos meses de agosto a dezembro.



Fonte: Elaboração própria.

4.2 Análise dosimétrica ativa

Como demonstrado na Tabela 2, as doses absorvidas pela câmara de ionização A durante o exame radiográfico do animal 01 foram de 0,25 mSv, na posição ventrodorsal, e 0,18 mSv para a posição dorsoventral; e durante exame do animal 02 as doses foram de 0,82 mSv, na projeção craniocaudal e 0,78 mSv, para a mediolateral.

Tabela 2 - Valores de doses registradas pela câmara de ionização A durante o exame radiográfico dos animais 1 e 2.

	kVp	mAs	Projeção radiográfica	Dose H*(10) (mGy) na câmara A
Animal 1	55	5	Ventrodorsal	0,25
			Dorsoventral	0,18
Animal 2	60	10	Craniocaudal	0,82
			Mediolateral	0,78

Fonte: Elaboração própria.

Já a camara de ionização B registrou 0,31 mSv, na projeção ventrodorsal, e 0,19 mSv para a projeção dorsoventral durante exame radiográfico do animal 01 e 1,23 mSv, na projeção craniocaudal e 1,25 mSv, para a projeção mediolateral durante exame do animal 02, conforme Tabela 3.

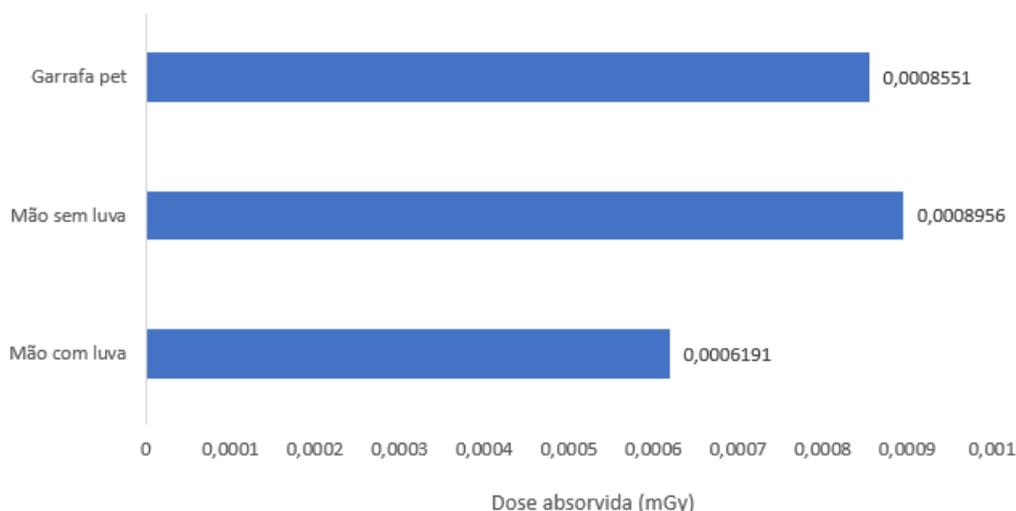
Tabela 3 - Valores de doses registradas pela câmara de ionização B durante o exame radiográfico dos animais 1 e 2.

	kVp	mAs	Projeção radiográfica	Dose H*(10) (mGy) na câmara B
Animal 1	55	5	Ventrodorsal	0,31
			Dorsoventral	0,19
Animal 2	60	10	Craniocaudal	1,23
			Mediolateral	1,25

Fonte: Elaboração própria.

Na relação das doses equivalente ambientais entre a garrafa PET de 1,5 L, o protótipo da mão humana sem a luva plumbífera e o protótipo de mão humana com a luva plumbífera os resultados foram, 0,86 μ Gy, 0,90 μ Gy e 0,62 μ Gy, respectivamente. Foram empregados tensão de 60 kVp e corrente de 10 mAs (Gráfico 4).

Gráfico 4 - Relação das doses absorvidas entre a garrafa PET de 1500 ml, o protótipo da mão humana sem a luva plumbífera e o protótipo de mão humana com a luva plumbífera.



Fonte: Elaboração própria.

5 DISCUSSÃO

A rotina de exames radiográficos requisitados pela CMAC e pela CCAC no setor de DI do HOVET-UFU, no período de cinco meses, foi consideravelmente maior do que os demais setores do hospital, apresentando uma casuística 60% maior quando comparado ao setor de animais silvestres, por exemplo. Esse fato é confirmado Mayer (2017), ao afirmar que 90 a 95% dos veterinários relataram a realização de imagens radiográficas diagnósticas de pequenos animais, como cães e gatos, em sua prática. Isto evidencia a mudança na cultura brasileira, a qual aumentou a atenção e os cuidados com esses animais de estimação. Logo, surge a preocupação com a maior exposição radiográfica dos profissionais atuantes na área, sendo a dosimetria uma ferramenta importante o monitoramento das doses recebidas.

As doses recebidas pelos dosímetros de tórax, durante a contenção manual dos animais para o exame radiográfico, apresentaram-se nulas para 21 (vinte e um) dos 24 (vinte e quatro) residentes participantes do estudo. Todos os profissionais que trabalham com pequenos animais, seja na clínica médica ou na clínica cirúrgica, apresentarem doses nulas, sendo que o setor de grandes animais o único que apresentou doses positivas. Este é um fato interessante, uma vez que a quantidade de exames realizados em cães e gatos foi 22 (vinte e duas) vezes maior quando comparado ao setor da CMCGA, a qual apresentou doses

positivas em 3 dos seus 4 residentes.

Com base nisso, uma diferença presente na rotina entre esses setores consiste na maior rotatividade de função entre residentes, estagiários e tutores, na contenção e posicionamento dos animais de companhia, o que não ocorre de forma tão impactante no setor de grandes animais. Neste caso, a alta rotatividade pode ter sido um dos motivos para a monitoração dosimétrica nula. Seares e Ferreira (2011) afirmaram que na condução de um serviço de radiologia, o rodízio dos responsáveis pelo posicionamento dos pacientes durante os procedimentos nas clínicas e hospitais veterinários é uma forma de limitar a exposição dos técnicos aos raios X.

A área da CMAS não apresenta uma dinâmica de rodízio alta entre tutores porque o serviço atende bastante animais de vida livre, porém conta com estagiários. No entanto também apresentou dose nula para seus 4 (quatro) residentes, o que pode ser compatível com a menor demanda de exames. Dessa forma, a diferenciação ocorrida na captação das doses efetivas entre a CMAS e a CMCGR, que também tem baixa demanda, pode consistir na diferença dos aparelhos de raio X usados por cada área para a realização do exame. Enquanto o setor de CMAS realiza seus exames em um ambiente regularizado pela ANVISA e com o aparelho fixo, os residentes da CMCGA utilizam na maioria das vezes o aparelho portátil, em que o tubo de raios X e o filme são segurados manualmente para a realização da imagem. Vale ressaltar que o serviço tem um suporte para a ampola radiográfica, mas que culturalmente os profissionais preferem segurar a ampola.

Conforme Tyson (2010), a exposição à radiação para o operador que segura esses equipamentos com a mão é consideravelmente maior, uma vez que será a soma de qualquer radiação que vaze do tubo de raios X (radiação de fuga) e qualquer radiação que se espalhe do paciente ou de superfícies adjacentes ao feixe primário. Da mesma forma, o profissional que segura o filme com as mãos, pode receber maiores doses de radiação, pela proximidade ao feixe primário e com a radiação espalhada. Sendo assim, os residentes do setor da CMCGA, ao utilizarem o equipamento portátil sem os aparelhos de segurança necessários, podem estar recebendo maiores doses equivalentes pessoais.

Dentre os residentes da clínica médica e cirúrgica de grandes animais, a discrepância entre as doses absorvidas nos meses de agosto a dezembro podem indicar, dentre outros aspectos, uma diferença na conduta entre os profissionais quanto ao posicionamento e contenção dos animais durante o exame radiográfico. Neves et al. (2020), observaram que a quantidade de procedimentos realizados, principalmente sem as condutas protetoras necessárias, interfere diretamente na dose de radiação recebida, visto que quanto mais próximo estiver a parte do corpo do profissional ao animal, maior será a dose de radiação devido a radiação espalhada. Neste caso, considerando ainda, que se trata de animais com grandes valores de peso vivo, a radiação espalhada se torna ainda maior. Ademais, não é

possível saber se todos os residentes fizeram uso dos dosímetros, uma vez que esta é uma prática recentemente implementada no HOVET-UFU.

A dose efetiva pessoal dos profissionais que apresentaram doses positivas no período de cinco meses quando extrapoladas para doses anuais, resultariam em valores de 2,64 mSv, 1,2 mSv e 0,24 mSv. A média mensal dessas doses para os mesmos profissionais foram de 0,22 mSv; 0,1 mSv e 0,02 mSv, respectivamente. Com base nisso, esses valores obedecem tanto limite de dose mensal para o IOE de 1,7 mSv, quanto ao limite anual para IOE de 20 mSv, estabelecidos pela CNEN (2014).

Entretanto, Okuno (2013) reiterou que os efeitos nocivos resultantes da absorção de baixas doses de raios X, não dependem da dose de radiação, mas a probabilidade de sua ocorrência aumenta com a frequência de exposições. Corroborando a isto, Seares e Ferreira afirmaram que, ainda que para baixas taxas de exposição, com valores de dose menores do que 0,5 Gy, os efeitos estocásticos podem causar alterações somáticas. Por conseguinte, mesmo em meio a doses aceitáveis mensais e anuais determinados pelas legislações, todas as medidas cabíveis de proteção, as englobem a diminuição de exposição à radiação ionizante são necessárias.

A avaliação das doses efetivas ambientais leva a discussão não somente ao fator quantitativo em relação aos valores captados pelas câmaras de ionização, mas ao fato do médico veterinário estar sempre muito próximo ao tubo de raio X, haja vista a necessidade de contenção manual dos animais, o que leva a uma constante exposição à radiação espalhada. Aliado a este fator, discute-se atualmente a crescente demanda veterinária por exames radiográfico e conseqüentemente um maior número de profissionais trabalhando na radiologia.

Dados da empresa Sapra (2021), em parceria com a ABRV, demonstram o crescimento de 33,3% na monitoração de dose efetiva no ano de 2020, em comparação ao ano de 2017, sendo um número muito superior ao crescimento dos setores médicos, industriais e de pesquisa. No entanto, a maior monitoração dos médicos veterinários que atuam no radiodiagnóstico veterinário, mostrou que, se tratado de distribuição de doses, houve um acréscimo significativo em valores até 10 mSv. Tudo isso comprova que, ao mesmo tempo que a especialidade cresce, mais pessoas estão sendo expostas a valores de dose significativos.

Além disso, durante os exames radiográficos realizados nos dois animais os valores de $H^*(10)$, proveniente da radiação espalhada nas regiões da cabeça e das gônadas, constatou-se os valores positivos, simulando IOE sem os EPIs. Diante de tal, ressalta-se a importância do uso do colete, protetor de tireoide e óculos plumbíferos, os quais são capazes de barrar mais de 90% da radiação espalhada. A falta de utilização dos óculos plumbíferos vem sendo discutida, tendo em vista que o cristalino é região do corpo com grande

radiossensibilidade. No ano de 2012, a Comissão Internacional de Proteção Radiológica propôs uma dose limite anual de 0,5 Gy para o cristalino do olho, independentemente da taxa de administração da dose, com base em estudos recentes após longos períodos de acompanhamento de casos de catarata em indivíduos expostos a maiores doses de radiação.

O experimento realizado com a garrada PET, ao simular uma mão humana próximo ao feixe primário com e sem a luva plumbífera demonstrou a capacidade do chumbo em diminuir a quantidade de dose espalhada ao absorver uma parte dos raios X. Sendo assim, Rosa e Barros (2018), ressaltaram a importância da utilização de luvas plumbíferas, já que conseguem reduzir a dose da radiação espalhada em 96,2%. No entanto, as luvas raramente são utilizadas, sabendo que a imobilização e o posicionamento dos animais muito pequenos, a exemplo das aves, são feitos de forma manual, e as luvas dificultam esses processos. Sabe-se, todavia, que essa prática torna o IOE exposto a radiação desnecessariamente e em risco de efeitos adversos associados. No mais o descaso com o uso correto dos EPIs também é contrário às recomendações federais e ao princípio de manutenção das doses de radiação ALARA.

Com base no que foi apresentado, este estudo abre discussões muito válidas a respeito da exposição a radiação ionizante a que o médico veterinário, principalmente nos dias atuais, está sujeito. Com isso, novas pesquisas podem ser propostas, para que novas medições, que abranjam outras variantes, sejam implementadas nos setores que utilizam o serviço de radiodiagnóstico como o HOVET-UFU.

Embora os valores de dose absorvida estimados tenham sido baixos, deve-se levar em consideração que os riscos não dependem da dose de radiação, no entanto, a probabilidade de sua ocorrência aumenta com a frequência de exposições. Com isso, sabe-se que dependendo da frequência e carga de trabalho, o IOE que realiza a imobilização dos animais pode ser exposto de forma significativa.

Isto ressalta o incentivo a educação continuada, dos IOE, quanto aos perigos potenciais da radiação ionizante a saúde, e como estes riscos podem ser muito reduzidos se os protocolos de radioproteção forem seguidos.

6 CONCLUSÃO

O conhecimento a cerca da dosimetria passiva entre os residentes do HOVET-UFU resultou em doses nulas para os residentes dos setores da CMAC e CCAC, no período de cinco meses, mesmo sendo o serviço com maior casuística de exames radiográficos do hospital. Isto corrobora com o fato de uma maior rotatividade entre profissionais, estagiários e tutores no posicionamento manual dos animais durante o exame de imagem.

No entanto, três dos quatro residentes do setor da CMCGA apresentaram doses

positivas, dentro dos limites mensais e anuais imposto pela CNEN, sendo esta a área com as menores solicitações de exames no período de cinco meses, o que foi relacionado ao fato desses profissionais estarem sujeitos a maiores exposições a doses de radiações ionizantes, uma vez que utilizam o aparelho de raios X portátil.

Conclui-se, com isso, que as doses de radiação a que os residentes do HOVET-UFU estão expostos durante suas rotinas de trabalho estão relacionadas, dentre outros fatores, a frequência de exames realizados e à proximidade do trabalhador ao feixe primário o que leva, conseqüentemente, a maiores exposições à radiação espalhada.

REFERÊNCIAS

- ALARA, **Principle for minimizing radiation exposure. Lower The Dose.** Org. Disponível em: <https://www.lowerthedose.org/>. Acesso em: 26 set. 2020.
- ALMEIDA FILHO, F. A. Projeto e Desenvolvimento de um posicionador radiográfico de crânio para cães e gatos. 2020. 72 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear), **Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN-CNEN/SP**, São Paulo.
- ARPANSA, Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency. **Code of Practice and Safety Guide. Radiation Protection in Veterinary Medicine.** Radiation Protection Series. N. 17. Australia, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RADIOLOGIA VETERINÁRIA (ABRV); SAPRA LANDAUER. **Proteção Radiológica na Radiologia Veterinária. Webinários Sapra Landauer**, [S.I.], abr. 2021.
- AZEVEDO, A. C. P. **Radioproteção em Serviços de Saúde.** FIOCRUZ - Escola Nacional de Saúde Pública-CESTEH e Programa de Radioproteção e Dosimetria - Coordenação de Fiscalização Sanitária da Secretaria de Estado de Saúde do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.fiocruz.br/biossegurancahospitalar/dados/material10.pdf>. Acesso em: 28 de outubro de 2020.
- BAKER, M. **An introduction to radiation protection in veterinary radiography.** The Veterinary Nurse, [S. I.], v. 5, n. 9, p. 496-501, nov. 204. <https://doi.org/10.12968/vetn.2014.5.9.496>
- BARBER, J.; MCNULTY, J. P. **Investigation in to scatter radiation dose levels received by a restrainer in small animal radiography.** Journal Of Small Animal Practice, [S.L.], v. 53, n. 10, p. 578-585, 3 ago. 2012. Wiley. <https://doi.org/10.1111/j.1748-5827.2012.01257.x>
- BRASIL. Ministério da Saúde. Diretrizes de proteção radiológica em radiodiagnóstico médico e odontológico. Portaria nº 453. Brasília: **Diário Oficial da União**, junho de 1998.
- BRASIL. Resolução nº 330, 26 de dezembro de 2019. Institui novas diretrizes de organização, funcionamento e proteção radiológica em serviços de radiologia médica em todo o território nacional. Brasil: Imprensa nacional – **Diário Oficial da União**, 2019. ANVISA/MINISTÉRIO DA SAÚDE. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-rdc-n-330-de-20-de-dezembro-de-2019-235414748?inheritRedirect=true>. Acesso em: 25 de setembro, 2020.
- BRASIL. Resolução nº 611, 09 de março de 2022. Institui novas diretrizes de organização, funcionamento e proteção radiológica em serviços de radiologia médica em todo o território nacional. Brasil: Imprensa nacional – **Diário Oficial da União**, 2022. ANVISA/MINISTÉRIO DA SAÚDE.
- BVA. **Guidance Notes for the Safe Use of Ionising Radiations in Veterinary Practice.** London: British Veterinary Association, 2002.
- CANATO, G. R. et al. **Occupational exposure assessment in procedures of portable digital veterinary radiology for small size animals.** Radiation Physics

And Chemistry, [S.L.], v. 95, p. 284-287, fev. 2014. Elsevier BV.
<https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2013.05.042>

CARLTON R. R.; ADLER A. M. **Principles of radiographic imaging: an art and a science**, 4th ed. Albany: Delmar Thomson Learning, 2006.

CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear. Sistemática para Certificação de Serviços de Monitoração Individual Externa. Portaria DRS/CNEN Nº. 1, Brasil: **Diário Oficial da União**. No. 191 de outubro de 1995.

CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear. Sistemática para Certificação de Serviços de Monitoração Individual Externa. CNEN NN 3.01, Brasil: **Diário Oficial da União**. No. 164 de março de 2014. Disponível em:
<http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm301.pdf>. Acesso em: 15 de dezembro, 2020.

CUNHA PG, FREIRE B, DREXLER G. **Occupational exposure in X ray diagnosis in Brazil**. RadiatProtDosimetry, v. 8. n.1. p. 43-55, 1992.
<https://doi.org/10.1093/rpd/43.1-4.55>

CURIE, M., citada em "**The Delineator**: Volume 99" - página 105, R. S. O'Loughlin, H. F. Montgomery, Charles Dwyer – The Butterick Publishing Co., 1921.

CURRY, T. S., DOWDEY, J. E. & MURRAY, R. C. (1990) **Attenuation. Christensen's Physics of Diagnostic Radiology**. 4th edn. Lea &Febiger, London, UK pp 81-85

ELSHAMI, W. **A snapshot of occupational radiation dose in veterinary radiology**. Radiation Physics and Chemistry, [S.L.], v. 168, p. 108, mar. 2020. Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2019.108581>

EPP T, WALDNER C, **Occupational Health hazards in Veterinary medicine: Physical, psychological and Chemical hazards**, Can Vet. v. 53. n.1. p.151-157. Jan. 2012. <https://doi.org/10.4324/9780080959375-21>

HAN C. M.; HURD C. D. **Diagnóstico por Imagem para a Prática Veterinária**. São Paulo: Roca, 2007; 284 p.

HERCA, Heads of the European Radiological Protection Competent Authorities. **Guidelines on radiation protection education and training of veterinary professionals**, 2017.
[http://www.herca.org/docstats/Guidelines%20veterinary%20professionals%20\(May%202017\)](http://www.herca.org/docstats/Guidelines%20veterinary%20professionals%20(May%202017)). Acesso em 25 de outubro, 2020.

HUPE O, ANKERHOLD U. **Determination of the dose to persons assisting when x-radiation is used in medicine, dentistry and veterinary medicine**. Radiat Prot Dosimetry. 2011; v. 144: pág. 478–481. <https://doi.org/10.1093/rpd/ncq351>

ICRP. **Recommendation of the International Commission on Radiological Protection. Publication 103**. Annals of the ICRP, Pergamon Press, Oxford. p. 1-80, 2007.

IAEA, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Developing Safety Culture in Nuclear Activities: Practical Suggestions to Assist Progress**, Safety Reports Series No. 11, IAEA, Vienna, 1998.

IAEA, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards**, IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 3, IAEA, Vienna, 2014.

IAEA, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Governmental, Legal and Regulatory Framework for Safety**, IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 1 (Rev. 1), IAEA, Vienna, 2016.

IAEA, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Radiation Protection and Safety in Veterinary Medicine**, Safety Reports Series No. 104, IAEA, Vienna, 2021.

KNOLL, GLENN F., **Radiation Detection and Measurement** 4th Edition, Wiley, 8/2010. ISBN-13: 978-0470131480.

LIMA, I. H. S. et al. **Acidente nuclear de chernobyl: os efeitos biológicos da radiação**. Ciências Biológicas e de Saúde Unit, Aracaju, v. 6, n. 1, p. 107-120, mar. 2020.

MALTHEZ, A. L. M. C. **Desenvolvimento e caracterização de dosímetros para monitoração individual de trabalhadores ocupacionalmente expostos à radiação combinando as técnicas de termoluminescência (TL) e luminescência opticamente estimulada (OSL)**. 2015. 191 p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Campinas, SP. Disponível em: <http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/261170>. Acesso em: 24 nov. 2020.

MAYER, Monique N.; KOEHNCKE, Niels K.; BELOTTA, Alexandra F.; CHEVELDAE, Isaac T.; WALDNER, Cheryl L. Use of personal protective equipment in a radiology room at a veterinary teaching hospital. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, [S.L.], v. 59, n. 2, p. 137-146, 11 dez. 2017. Wiley. <https://doi.org/10.1111/vru.12583>

MAYER, Monique N. et al. **Use of protective hands holding by veterinary workers durings mall animal radiography**. CVJ, Saskatchewan, v. 60, p. 249-254, mar. 2019a. <https://doi.org/10.2460/javma.254.3.409>

MAYER, Monique N. et al. **Self-reported use of x-ray personal protective equipment by Saskatchewan veterinary workers**. JAMVA, Saskatchewan, v. 254, n. 3, p. 409-417, fev. 2019b. <https://doi.org/10.2460/javma.254.3.409>

MAYER, Monique N. et al. **Use of personal protective equipment in a radiology room at a veterinary teaching hospital**. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, [S.L.], v. 59, n. 2, p. 137-146, 11 dez. 2017. Wiley. <https://doi.org/10.1111/vru.12583>

MCCOLLOUGH, C. H. The AAPM/RSNA physics tutorial for residents. X-ray production. **Radiographics**. 1997 Jul-Aug;17(4):967-84. <https://doi.org/10.1148/radiographics.17.4.9225393>

MIKKELSEN, M. A. et al. **Lack of radioprotection know ledge and compliance in Norwegian equine ambulatory practice**. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, [S.L.], v.

60, n. 3, p. 265-272, 2 jan. 2019. Wiley. <https://doi.org/10.1111/vru.12704>

MONTALVO, R. T. **Diagnostic radiology dosimetry: status and trends.** *Applied Radiation And Isotopes*, [S.L.], v. 117, p. 74-81, nov. 2016. Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2016.03.008>

MURPHY, Lisa. **Ionizing Radiation in Veterinary Medicine.** In: GUPTA, Ramesh (ed.). **Veterinary Toxicology.** 3. ed. [S.I.]: Elsevier, 2018. Cap. 19, p. 1238. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811410-0.00019-2>

NASCIMENTO C. D. **Desenvolvimento de um kit postal para verificação de parâmetros da qualidade em Raios X convencional.** 2010. 75 f. Dissertação (Mestrado em Física) Departamento de Física. Universidade Federal de Sergipe. Sergipe, 2010.

NASCIMENTO, E.T. **A física do radiodiagnóstico: a importância do controle de qualidade e da proteção radiológica para o radiodiagnóstico veterinário.** Fundação Técnico Educacional Souza Marques. Rio de Janeiro- RJ. 2018.

NCRP, National Council on Radiation Protection and Measurements. **Radiation protection in veterinary medicine.** Bethesda, Md: National Council on Radiation Protection and Measurements. n. 148, 2014

NEVES, Isabela *et al.* Estimativa de doses ocupacionais e de indivíduos do público em radiologia veterinária. **Congresso Brasileiro de Metrologia das Radiações Ionizantes**, [S.I.], p. 1-15, nov. 2020.

NHW, Environmental and Radiation Health Sciences Directorate Radiation protection in veterinary medicine: **recommended safety procedures for installation and use of veterinary x-ray equipment.** 1991; safetycode 28. Disponível em: https://www.canada.ca/content/dam/hc-sc/migration/hc-sc/ewhsemt/alt_formats/hecs-sesc/pdf/pubs/radiation/91ehd-dhm151/91ehd-dhm151-eng.pdf. Acesso em 20 de outubro, 2020.

OKUNO, E. **Efeitos biológicos das radiações ionizantes. Acidente radiológico de Goiânia. Estudos Avançados**, [S.I.], v. 77, n. 27, p. 185-199, jan. 2013. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142013000100014>

OKUNO, E.; YOSHIMURA, E. M. **Física das radiações.** São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

OLIVEIRA, S. R.; AZEVEDO, A. C. P.; CARVALHO, A. C. P. R. **Elaboração de um programa de monitoração ocupacional em radiologia para o Hospital Universitário Clementino Fraga Filho.** *Revista Radiologia Brasileira.* v.36, n.1, p.27-34, 2003. <https://doi.org/10.1590/S0100-39842003000100008>

ROSA, P. C.; BARROS, F. S.; COSTA, D. S. **Evaluation of the integrity of radiological protection clothing used in veterinary radiology.** In: 2017 INTERNATIONAL NUCLEAR

ROSA, Paola da Costa. ASPECTOS DE RADIOPROTEÇÃO EM RADIOLOGIA VETERINÁRIA NA CIDADE DE CURITIBA – PARANÁ. 115 f. **Dissertação – Programa de Pós Graduação em Engenharia Biomédica**, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

ROSA, P., BARROS, F. S. EFEITOS BIOLÓGICOS E PROTEÇÃO RADIOLÓGICA EM RADIOLOGIA VETERINÁRIA. **Simpósio de Engenharia Biomédica**, [S.L.], p. 1-5, 2018.

RPII, **Radiological Protection Institute of Ireland**. Code of Practice for Radiation Protection in Veterinary Medicine. RPII 02/03. Radiological Protection Institute of Ireland, Dublin, Ireland, 2002.

SANTANA, A. et al. **Hands-Free Conventional Radiographic Ventro dorsal Hip Extended View**. *Frontiers In Veterinary Science*, [S.L.], v. 7, p. 1-6, 10 jun. 2020. Frontiers Media SA. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00286>

SEARES, M. C; FERREIRA, C. A. **A importância do conhecimento sobre radioproteção pelos profissionais da radiologia**. Núcleo de tecnologia clínica, Florianópolis, Brasil, 2002.

SEIBERT, J. A. The AAPM/RSNA physics tutorial for residents. X-ray generators. **Radiographics**. 1997 Nov-Dec;17(6):1533-57. <https://doi.org/10.1148/radiographics.17.6.9397462>

SEIBERT, J. A. X-ray imaging physics for nuclear medicine technologists. Part 1: Basic principles of x-ray production. **J Nucl Med Technol**. 2004 Sep;32(3):139-47.

SEIBERT, J. A.; BOONE, J. M. X-ray imaging physics for nuclear medicine technologists. Part 2: X-ray interactions and image formation. **J. Nucl Med Technol**. 2005 Mar;33(1):3-18.

SILVA, A. V. A. **Radioproteção e descarte de resíduos radiológicos na Medicina Veterinária do Estado da Paraíba**. 2013. 42 f. TCC (Graduação) - Curso de Medicina Veterinária, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2013.

SOARES, F. A. P.; PEREIRA, A. G.; FLÔR, R. C. **Utilization of radiation protection gear for absorbed dose reduction: an integrative literature review**. *Radiol Bras.*, [s.l.], v. 2, n. 44, p. 97-103, mar. 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-39842011000200009>

STUK, **Radiation and Nuclear Safety Authority**. **Radiation Safety in Veterinary X-ray Examinations**. Helsinki, Finland, 2012.

TAFTI, D.; MAANI, C. V. X-ray Production. 2021 Aug 3. In: *Stat Pearls* [Internet]. Treasure Island (FL): Stat Pearls Publishing; 2022 Jan-. PMID: 30725731.

TAUHATA, Luiz; SALATI, Ivan; PRINZIO, Renato Di; PRINZIO, Antonieta R. Di. **Radioproteção e Dosimetria: Fundamentos**. Publicado em 2013.

THRALL, E. **Diagnóstico de radiologia veterinária**. 6. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015. 864p.

TYSON, R. et al. **Estimated operator exposure for hand holding portable x-ray units during imaging of the equine distal extremity**. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, Monrovia, v. 52, n. 2, p. 121-124, jan. 2011. <https://doi.org/10.1111/j.1740-8261.2010.01754.x>

VELUDO, P.C. **Efeitos da Radiação X e Níveis de Exposição em Exames**

Imagiológicos. Dissertação apresentada na Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra. Mestrado em Saúde Pública. Universidade de Coimbra. 2011.

VENEZIANI, G R, et. al., **Evaluation of dogs doses submitted to pulmonar radiographic exam and correlation with individual doses of the owners and clinic staff.** Portugal: n. 3, p. 33-41. 2010.

WIDMER WR, SHAW SM, THRALL DE, **Effects of Low –level Exposure to ionizing radiation: Current concepts and Concerns for Veterinary Workers,** Veterinary Radiology & Ultrasound, vol. 37, n. 3, p. 227-239, 1996.
<https://doi.org/10.1111/j.1740-8261.1996.tb01225.x>

WOLFF, A. H. **Veterinary X-Ray Protection,** Iowa State University Veterinarian: Vol. 17:Iss. 1, 1955. Disponível em:
https://lib.dr.iastate.edu/iowastate_veterinarian/vol17/iss1/2.
Acesso em 20 de outubro, 2020.