



Levantamento de doses de radiação ocupacional em exames radiográficos dos boletos e falanges distais de equinos

Mauricio Eduardo Goulart¹; Maria da Penha Albuquerque Potiens²

Como Citar:

GOULART, Mauricio Eduardo; POTIENS, Maria da Penha Albuquerque.

Levantamento de doses de radiação ocupacional em exames radiográficos dos boletos e falanges distais de equinos. Revista Sociedade Científica, vol. 8, n. 1, p. 2751-2760, 2025.

<https://doi.org/10.61411/rsc2025122518>

DOI: 10.61411/rsc2025122518

Área do conhecimento:

Ciências Agrárias

Sub-área:

Medicina Veterinária

Palavras-chaves:

Proteção Radiológica. Radiologia Veterinária. Radiação Ocupacional. Equinos. Equivalente dose Ambiente.

Publicado: 27 de dezembro de 2025

Abstract

Veterinary medicine has increasingly used X-rays for the diagnosis of various diseases, especially osteoarticular diseases of the fetlocks and distal phalanges. These usually require additional radiographic exposures, resulting in significant radiation doses, which pose a risk to occupational health. This study evaluated radiation doses from primary and scattered radiation, with an emphasis on the ambient dose equivalent ($H^*(10)$) and the personal dose equivalent. It used an X-ray machine typical of veterinary practices, an ionisation chamber, a ring-shaped thermoluminescent dosimeter, and an equine anatomical specimen. Cassettes measuring 18x24 and 35x43 cm were used. The X-ray beam collimations varied in dimensions of 18x24, 24x30, 30x40 and 35x43 cm, in addition to mAs at 5, 2.5 and 1.6. The kVp was kept constant at 70. A higher risk was demonstrated in the D45°L-PaMO oblique radiographic projection. Doses of 0.01882 mSv/exposure were measured in the hand of the IOE carrying the cassette and 0.00026 mSv/exposure for the IOE carrying the X-ray machine, resulting in that to reach the annual investigation level of 150 mSv, it would be necessary to participate in approximately 110 radiographic examinations (patients/month or ± 3 to 4 patients/day) and to reach the monthly investigation level of 20 mSv, approximately 1,063 doses or an average of 5 patients per day would be necessary. The benefit of collimation comparing $H^*(10)$ at 70 kVp and 1.6 mAs was demonstrated with collimation 35x43 cm: 0.001013 mSv and 18x24 cm: 0.000223 mSv. The dose is drastically reduced by decreasing the mAs. The dose ratio between the 5 mAs and 1.6 mAs techniques is approximately $5/1.6 \approx 3.125$.

¹Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), São Paulo, Brasil. Email: mgoulart@ipen.br

²Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), São Paulo, Brasil. Email: mpotiens@ipen.br



1. Introdução

A radiologia equina no Brasil passou por uma transformação com a adoção de equipamentos portáteis digitais. Essa portabilidade permitiu a realização de exames de forma itinerante, levando a capacidade de diagnóstico por imagem diretamente aos locais de tratamento. A qualidade das imagens obtidas por esses sistemas é notável, permitindo a avaliação de estruturas de espessura variada, indo além das tradicionais regiões de falanges distais e boletos.

Atualmente, é comum o exame de áreas mais densas, como a coluna cervical, a cabeça e segmentos do tórax. Em termos técnicos, esses emissores de raios X geralmente operam com uma potência de até 50-90 kV e uma amperagem fixa, usualmente entre 30 e 50 mA, conforme a especificação do aparelho. O uso médio de dose é tipicamente mantido entre 1 e 5 mAs. Essa capacidade técnica, aliada à mobilidade, expandiu significativamente o escopo e a eficácia da radiografia em campo na medicina veterinária equina brasileira [10.].

Este trabalho utilizou câmaras de ionização, um equipamento de raios X portátil e suporte de cassetes, comumente empregados na prática veterinária. Além disso, foi utilizada uma peça anatômica metacarpofalângica, na qual foram realizadas as principais projeções radiográficas em ambiente realístico.

2. Referencial Teórico

O *Safety Reports Series n. 104* (2021) da Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA) aborda o uso da radiação ionizante na medicina veterinária (diagnóstico e terapia) sob a ótica da segurança. O ponto crucial do relatório é a exigência de uma abordagem sistemática que garanta o equilíbrio entre dois fatores: *Os benefícios substanciais proporcionados pelo uso clínico da radiação (diagnóstico preciso e tratamento eficaz dos animais) e os riscos associados à exposição à radiação ionizante para profissionais, público e pacientes animais.* A Agência Internacional de



Energia Atômica (IAEA) sublinha que, visto que não há um nível de exposição absolutamente seguro; a implementação de medidas rigorosas de proteção radiológica é indispensável. O objetivo é assegurar que o benefício do procedimento sempre supere o risco mínimo tolerável, mantendo a exposição à radiação no nível mais baixo possível [6.].

A realização eficaz de um exame radiográfico em equinos exige que o profissional domine um conjunto multifacetado de fatores cruciais para a obtenção de imagens de qualidade e um diagnóstico preciso. Conforme apontado por Souza *et al.* [10.], esses pilares incluem: 1) *indicação Clínica do Exame*: Compreender a razão clínica do procedimento para direcionar o foco do estudo; 2) *Contenção Adequada do Paciente*: Garantir a segurança do equino e da equipe, minimizando o movimento para evitar artefatos na imagem; 3) *Conhecimento Anatômico Aprofundado*: Essencial para a interpretação correta das estruturas visíveis na imagem. 4) *Posicionamento Radiográfico Preciso*: A chave para visualizar a anatomia de interesse sem sobreposição de estruturas críticas; 5) *Equipamentos e Acessórios Adequados*: Utilização de geradores de raios X e detectores compatíveis com o porte do animal e a área a ser examinada; 6) *Técnica Radiográfica Otimizada*: Ajuste correto dos parâmetros de exposição (kV, mAs) para a densidade da região examinada, tudo isso, para evitar repetições desnecessárias.

Para garantir a comunicação e a reprodutibilidade dos estudos em nível global, a nomenclatura utilizada na radiologia veterinária adere a um sistema rigorosamente padronizado. Este sistema foi historicamente proposto e consolidado pelo Colégio Americano de Radiologistas Veterinários (ACVR), frequentemente em colaboração com o Colégio Europeu de Imagem Diagnóstica Veterinária (ECVDI). Essa padronização é fundamental para descrever as projeções radiográficas (ex: lateromedial, dorsopalmar/plantar), de forma universalmente compreensível [3.,4.,8.].



Figura 1: Representação do posicionamento radiográfico na projeção oblíqua Dorso45° lateral-palmaromedial (D45°L-PaMO).

Fonte: Souza *et al.* [10.].

Segundo Vatsa *et al.* [11.], as configurações para radiografia das falanges em equino são relativamente baixas, entre 60-70 kVp e 5 a 1 mAs, respectivamente, implicando em doses mais baixas em comparação com outras partes do corpo. Todavia, é crescente o número de diagnósticos radiográficos realizados em equinos, e com a “cultura” que se trata de baixas doses, tornando essa modalidade especialmente relevante no quesito “risco para os efeitos estocásticos”, uma vez que geralmente são realizadas várias exposições radiográficas no mesmo animal, para se conseguir um melhor diagnóstico, aumentando o risco das exposições à radiação ionizante. Mesmo que se diminua a quantidade de exposições, simplesmente poderá reduzir a probabilidade de ocorrência dos efeitos estocásticos, mas nunca a sua importância [5.].

Martschei *et al.* [7.] afirmou que é de suma importância o uso de óculos de segurança de chumbo, durante os procedimentos radiográficos em equinos, a fim de evitar ou minimizar a exposição à radiação no cristalino. E, outro estudo apontou que cerca de 12% dos profissionais realizaram procedimentos sem uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPI) em cinco ou mais exames radiográficos por semana e mais da metade de deles (56%), relataram que conteve animais diariamente ou semanalmente durante os procedimentos radiográficos sem o uso de EPIs [9.].

3. Metodologia

Considerando a RDC ANVISA n. 611/22, os serviços de radiologia veterinária devem adotar testes de qualidade e desempenho da instrumentação, treinamento e estudos objetivando a segurança e a qualidade diagnóstica das imagens produzidas [2.]. Nesse sentido, o estudo percorre a cultura da proteção radiológica, visando proteger o indivíduo ocupacionalmente exposto (IOE) [1.].

Utilizando um aparelho de raios X portátil, comum das práticas veterinárias, câmaras de ionização, dosímetros termoluminescentes no formato anel e peça anatômica realista, foi possível avaliar o *Equivalente de Dose Ambiente (H*(10))* e o *Equivalente de Dose Pessoal Hp(10)*. Dentre os parâmetros técnicos, manteve-se constante 70 kVp, variando os demais parâmetros das seguintes formas:

- Tamanho dos Cassetes: 18×24 e 35×43 cm.
- Colimações do Feixe: 18×24, 24×30, 30×40 e 35×43 cm.
- mAs (somatório dos produtos da corrente pelo tempo): 5.0, 2.5 e 1.6.

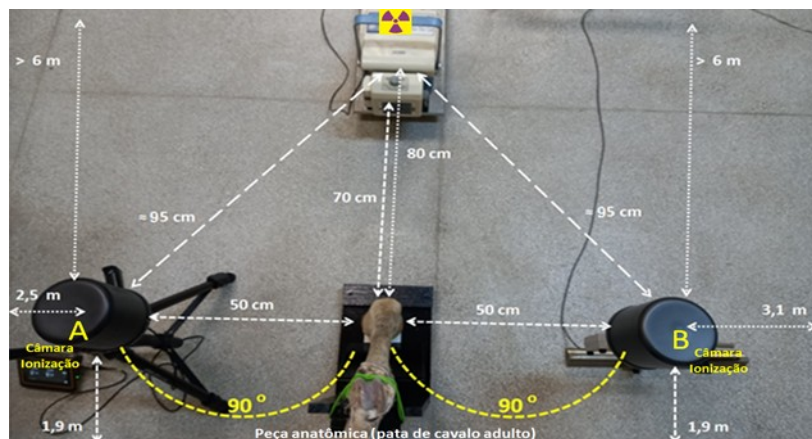


Figura 2: Alguns materiais utilizados no estudo.

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

4. Desenvolvimento e discussão

As doses pessoais levantadas por meio dos dosímetros termoluminescentes, mostraram: 18,82 μSv /exposição na mão do IOE portador do cassete e 0,26 μSv /exposição para o IOE portador do aparelho de raios X, ambas sem uso do equipamento de proteção individual (EPI) luva plumbífera.

O benefício da colimação foi possível ser avaliado utilizando variáveis no tamanho do campo colimado. A dose espalhada diminuiu drasticamente comparando $H^*(10)$ a 70 kVp e 1,6 mAs, nas projeções dorsopalmar (DP), oblíqua D45°M-PaLO e oblíqua D45°L-PaMO, utilizando as colimações 35×43, 30×40, 24×30 e 18×24 cm.

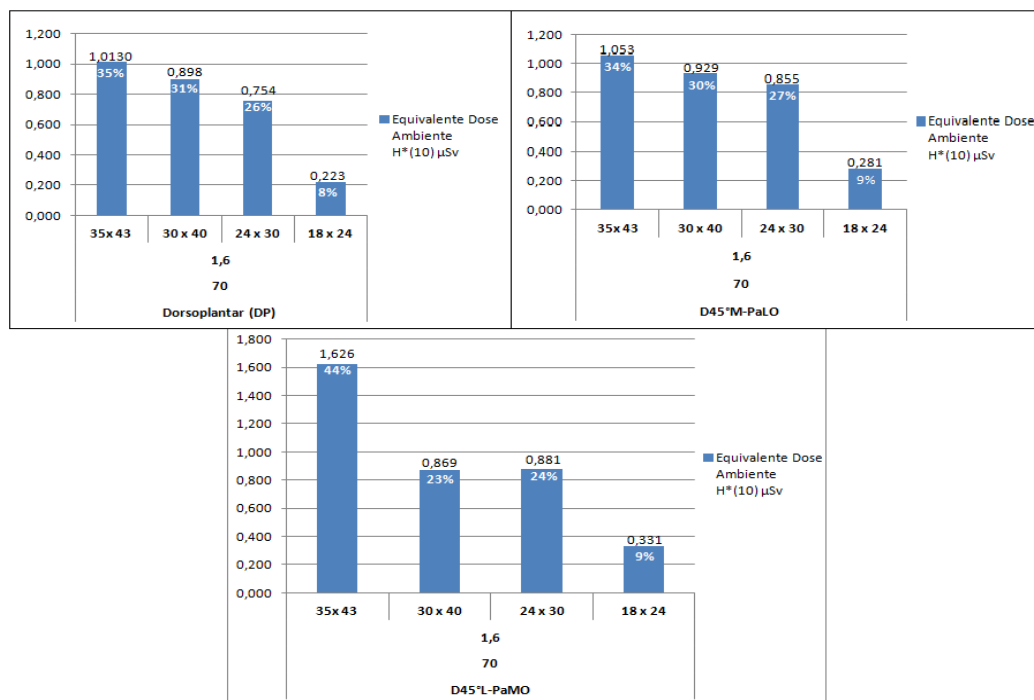


Figura 3: Gráficos com variações do Equivalente de dose ambiente $H^*(10)$ alterando mAs (5, 2,5 e 1.6) e colimações (cm), durante a projeção Dorsopalmar (DP).

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

A dose também diminuiu drasticamente ao reduzir o mAs. A razão do Impacto do mAs pode ser melhor observado entre as técnicas 5, 2,5 e 1,6 mAs, com diferença aproximada de 3,125 e redução de 68,64%

Tabela 1: Médias e valores mínimo e máximo H*(10) entre na projeção radiográfica DP

mAs (Original)	Dose (μSv)	mAs (Reduzido)	Dose (μSv)	Redução em mAs	Redução Percentual de Dose
5	3,23	2,5	1,808	5,0 \rightarrow 2,5	44,02%
5	3,23	1,6	1,013	5,0 \rightarrow 1,6	68,64%

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Foi possível avaliar que a projeção mais crítica foi a oblíqua D45°L-PaMO. Essa incidência foi a que mais promoveu dose ocupacional no IOE portador do cassete (44%), tendo como base: 70 kVp; 1,6 mAs e colimações 35x43 (1,626 μSv), 30x40 (1,626 μSv), 24x30 (1,626 μSv) e 18x24 cm (1,626 μSv).

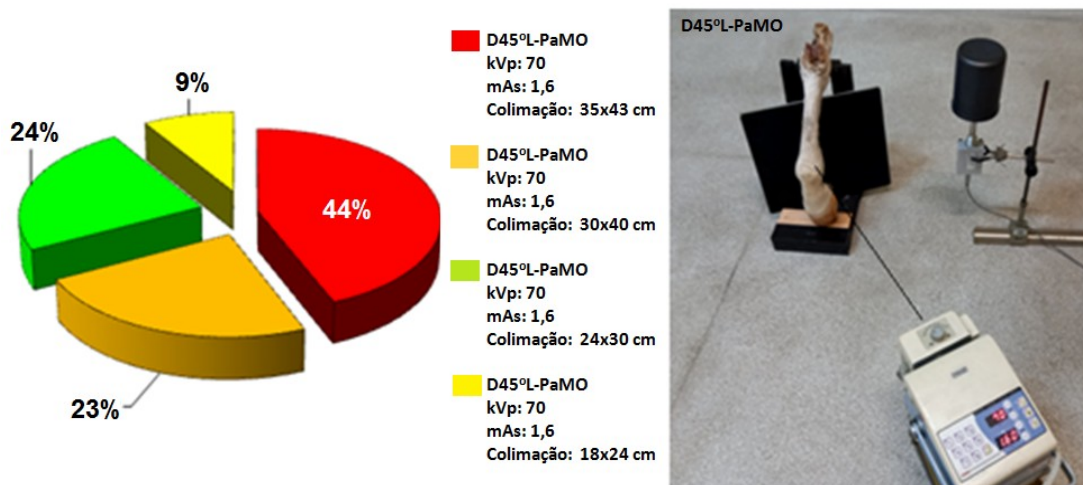


Figura 4: Gráfico ilustrado com a posição oblíqua D45°L-PaMO que promoveu 44% de dose

Fonte: Elaborado pelo autor.

5. Considerações finais

O aumento do somatório dos produtos da corrente pelo tempo (mAs) aumenta a quantidade de fótons de raios X produzidos, elevando linearmente o Kerma no Ar, e consequentemente, o H*(10) no ponto de medição.

A relação direta entre o parâmetro do mAs e a dose H*(10) em mSv para cada medição, separada por posição, confirmou que a projeção Oblíqua (D45°L-PaMO) consistentemente gera as doses mais elevadas em comparação com as outras posições



para os mesmos valores de mAs, muito por conta da distância em relação ao IOE (45 cm).

Doses de 18,82 μSv /exposição, na mão do IOE portador do cassete e 0,26 μSv /exposição para o IOE portador do aparelho de raios X, mostram que o IOE portador do cassete, sem uso do EPI adequado, atingirá o nível de investigação anual de 150 mSv com 7.970 exposições (média 19 exposições/dia). Para atingir o nível de investigação mensal de 20 mSv, seriam necessárias 1.063 exposições. Ao considerar que cada paciente realiza cerca de 4 a 5 exposições por membro (pata), seria necessário atender em média 3 a 5 pacientes por dia para atingir o nível de investigação mensal, conforme preconizado pela Norma CNEN NN 3.01.

O benefício da colimação foi evidenciado em várias projeções radiográficas, utilizando 70 kVp e 1,6 mAs. A redução do $H^*(10)$, foi significativo em dorsopalmar (DP) utilizando a colimação de 35x43 cm, o valor da dose $H^*(10)$ foi 1,013 μSv (DP 0,11 \pm) e na colimação 18x24 cm, 0,223 μSv (DP 0,09 \pm), representando redução percentual $\approx 77,99\%$. Com isso, o Desvio Padrão associado à redução de dose de 0,790 μSv (1,013–0,223) é de aproximadamente 0,142 μSv . Ou seja, a redução de dose pode ser expressa como: Redução de Dose = 0,790 \pm 0,142) μSv . Assim, esse estudo permeia insights para novos estudos de proteção radiológica voltados à radiologia veterinária.

6. Declaração de direitos

Os autores declaram ser detentores dos direitos autorais da presente obra, que o artigo não foi publicado anteriormente e que não está sendo considerado por outra(o) Revista/Journal. Declaram que as imagens e textos publicados são de responsabilidade dos autores, e não possuem direitos autorais reservados a terceiros. Textos e/ou imagens de terceiros são devidamente citados ou devidamente autorizados com concessão de direitos para publicação quando necessário. Declaram respeitar os direitos de terceiros e de Instituições públicas e privadas. Declaram não cometer plágio ou autoplágio e não ter considerado/gerado conteúdos falsos e que a obra é original e de responsabilidade dos autores.



7. **Referências**

1. BRASIL, Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e comunicações. Comissão Nacional de Energia Nuclear. Norma CNEN NN 3.01, Resolução 164/14 - Diretrizes básicas de proteção radiológica. Rio de Janeiro – RJ, 2014
2. BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC N° 611, de 9 de março de 2022. Dispõe sobre os requisitos sanitários para a organização e o funcionamento de serviços de radiologia diagnóstica ou intervencionista. Publicada em: 16/03/2022
3. DEIKE, U. B. O desenvolvimento do exame radiológico durante o exame de compra do cavalo. Um estudo da literatura. Dissertação inaugural para obter o doutorado em veterinária da faculdade de veterinária da Universidade Ludwig Maximilians de Munique. Munique, 2011.
4. DRUMOND, G. R. C.. Avaliação de Exposição Ocupacional de Radiologia Digital Veterinária Portátil. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2012.
5. GINJA, M. M. D.; FERREIRA, A. J. A.. Efeitos biológicos da radiação X e radioproteção em medicina veterinária. Artigo de revisão: Revista Portuguesa de Ciências, 2002. Lisboa, Portugal.
6. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA). Radiation Protection and Safety in Veterinary Medicine. Safety Reports Series. N. 104. (IAEA) Viena, 2021.
7. MARTSCHEI, C.; LÜPKE, M.; STADLER, P.; SEIFERT, H. (2005): Exposição à radiação de assistentes em radiografia de eqüinos. Engenharia Biomédica 50 (1). p. 672-673.
8. SERRÃO, M. R. P. Patologia Clínica de Equinos. Programa de Mestrado Integrado em Medicina Veterinária. Universidade de Évora. Escola de Ciências e Tecnologia do Departamento de Medicina Veterinária. Portugal. Évora, 2015.



9. SHIRANGI, A. FRITSCHI, L.; HOLMAN C. D. J. Occupational health, survey, female veterinarians Aust Vet Journal, 2007; p. 32–38.
10. SOUZA, A. F.; GRANELLA, M. C. S.; HAGEN, S. C. F.; TOKAWA, P. A. Guia de Posicionamento Radiográfico em Equino. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo. São Paulo-SP, 2023. Disponível em:
<https://www.livrosabertos.abcd.usp.br/portaldelivrosUSP/catalog/book/992>
Acesso em: 05 mai. 2025.
11. VATSA, M.A., BELLO, I.A., ONUH, E., GARBA, N.N, KADO, S., AHMAD, A.A., AMINU, M.A.. Avaliação da Dose na Superfície de Entrada (ESD) Em Alguns Exames Radiográficos de Rotina na Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Ahmadu Bello, Zaria (2022). Disponível em:
<<https://www.ajol.info/index.php/bajopas/article/view/227476/214729>>. Acesso em: 10 jun. 2025.