



Obtenção do Produto Kerma no Ar-Área em Radiografia Intraoral

Pancieria^a D. C., Jornada^a T. S

^aBrasilRad, 88030-000, Rod. SC 401, Km 01, n° 600,

João Paulo Florianópolis /SC - Brasil

tiagosjornada@gmail.com

RESUMO

Introdução: Na avaliação de efeitos biológicos ou em estudos dosimétricos a grandeza dosimétrica Produto Kerma no ar-área (P_{KA}) é de extrema relevância, pois contribui com outra perspectiva sobre a dose entregue ao paciente. Entretanto a obtenção e quantificação dessa grandeza em procedimentos intraorais não faz parte do escopo dos protocolos de testes de controle de qualidade. Pois há necessidade de equipamentos específicos, os quais ficam restritos a centros de pesquisas ou demandam investimento financeiro adicional, o que inviabiliza usa-la na rotina diária do físico médico. Sendo assim objetivamos testar a aplicabilidade de uma metodologia para a obtenção do P_{KA} em radiografia intraoral. **Metodologia:** Usamos dez equipamentos de radiologia intraoral, em plena atividade, e um detector de radiação de estado sólido para quantificar o kerma no ar incidente na saída do tubo (K_{ar}). Sendo que para estimarmos o P_{KA} necessitamos da área do direcionador cilíndrico, usamos filmes radiológicos ou detectores de imagens digitais, dependendo do sistema disponível no consultório odontológico. **Resultados:** Em todos os equipamentos houve discrepância, entre os valores nominais e mensurados para o tempo de exposição de 9% e a tensão de 8%. Os valores para o P_k ficaram entre $23,52 \pm 0,07$ mGy.cm² e $71,42 \pm 0,012$ mGy.cm². **Conclusão:** A metodologia mostrou-se facilmente aplicável podendo ser incorporada em estudos dosimétricos.

Palavras-chave: Produto Kerma-Área (PKA), radiologia intraoral, kerma, dentista.

ABSTRACT

Introduction: In the evaluation of biological effects or in dosimetric studies, the dosimetric quantity Kerma-area product (P_{KA}). However, obtaining and quantifying this quantity in intraoral procedures is not part of the scope of quality control testing protocols. Because there is a need for specific equipment, which are restricted to research centers or require additional financial investment, which makes it impossible to use it in the daily routine of the medical physicist. Thus, we aim to test the applicability obtain P_{KA} in intraoral radiology. **Methodology:** We used ten intraoral radiology equipment, in full activity, and a solid state radiation detector to quantify the kerma in the incident air at the tube outlet (K_{ar}). Being that to estimate the P_{KA} we need the area of the cylindrical driver, we use radiological films or digital image detectors, depending on the system available in the dental office. **Results:** In all the equipment there was discrepancy, between the nominal and measured values for the exposure time of 9% and the voltage of 8%. Values for P_{KA} were between 23.52 ± 0.07 mGy.cm² and 71.42 ± 0.012 mGy.cm². **Conclusion:** The methodology proved to be easily applicable.

Keywords: Kerma-Area Product (PKA), intraoral radiology, kerma, dentist.

INTRODUÇÃO

É consenso que durante um exame radiológico dental, as doses de radiações ionizantes recebidas por um indivíduo são consideradas baixas, em comparação com procedimentos como radiografia, tomografia e radiologia intervencionista, e a probabilidade de dano às células é baixa. Mesmo assim, os exames devem ser justificados, pois os efeitos deletérios a baixos níveis de radiação ionizante não devem ser ignorados [1]. Segundo a European Directive 2013/59/Euratom, a partir de fevereiro de 2018 todos os estados membros da União Europeia (UE) devem implementar a diretiva sobre proteção radiológica na legislação nacional, e todos os procedimentos radiodiagnósticos devem ter suas doses registradas e notificadas, inclusive os procedimentos de radiografia intraoral [2]. Geralmente a grandeza dosimétrica adotada na quantificação da dose em procedimentos de radiografias intraorais é o kerma no ar incidente na saída do tubo (K_{ar}), onde a partir desse valor pode ser estimado a Dose de Entrada na Pele (DEP) multiplicando o K_{ar} por um fator de retroespalhamento, como sugerido pela IAEA [1,3]. Ela é um indicador útil na avaliação da execução dos testes de controle e garantia de qualidade. Porém, quando buscamos avaliar a probabilidade dos efeitos estocásticos, das reações teciduais ou estabelecer Nível de Referência em

Radiodiagnóstico (NRD) a grandeza dosimétrica Produto Kerma no ar-área (P_{KA}) é a mais adequada, pois fornece um valor mais próximo da dose entregue ao paciente [4,1].

Há como quantificar o PKA em procedimentos de radiografias intraorais adotando dosímetros termoluminescentes (TLD), dosímetros opticamente estimuláveis (OSL), filmes radiocrômicos, detectores de placas paralelas ou simulações computacionais. Porém, esses materiais são restritos a centros de pesquisas, limitando a aplicação na rotina clínica.

Conhecer o P_{KA} contribui para uma redução em larga escala da radiação recebida pelos pacientes submetidos a exames radiológicos. Quando se tem registros adequados destes exames radiológicos, é possível determinar as doses dos pacientes, comparar as diferentes técnicas de exame, além de estabelecer e garantir que se tenha uma técnica que forneça uma quantidade mínima de radiação ao paciente [5]. Sendo assim, nosso objetivo é testar a aplicabilidade de uma metodologia [1] para a obtenção do P_{KA} , em procedimentos de radiologia intraoral.

1. MATERIAIS E MÉTODOS

Usamos dez equipamentos de radiografia intraoral, das marcas Gnatus, Dabi Atlante, Procion e Odontomax, instalados e em funcionamento no Estado de Santa Catarina. Em cada um coletamos o kerma no ar incidente na saída do tubo (K_{ar}) com um detector de radiação de estado sólido modelo X2 R/F da RaySafe devidamente calibrado¹ posicionado na saída do direcionador cilíndrico, conforme mostra a figura 1.

Figura 1: Posicionamento do detector de estado sólido para obter K_{ar} .



¹ Certificado de calibração LABPROSAUD-C020-18.

O tempo de exposição foi informado pelo responsável pela operação do equipamento, para uma incidência em um molar superior adulto. Todos os equipamentos possuíam 20 cm de distância do ponto focal até o detector de radiação. Para a estimativa da DEP adotamos a equação 1 adaptada (ARCAL e IAEA, 2001), considerando o termo BSF uma constante atrelada ao retroespalhamento:

$$DEP = K_{ar} \cdot BSF \quad (1)$$

sendo $BSF = 1,2$ [6] para radiografias intraorais e o K_a kerma no ar incidente na saída do tubo.

A grande maioria dos equipamentos destinados à radiografia intraoral possuem o direcionador cilíndrico fabricado com um material rígido e diâmetro fixo, o que não permite o ajuste da colimação, como mostra a figura 2.

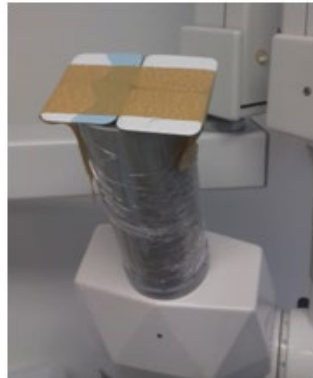
Figura 2: Vista interna do direcionador cilíndrico.



Caso optássemos por estimar o P_{KA} adotando o tamanho nominal do diâmetro do direcionador cilíndrico, estaríamos adotando um valor não condizente com a realidade. Pois a contribuição da penumbra e caso haja rachaduras ou fuga de radiação, pelo direcionador cilíndrico, ela não será detectada. Para sanar esses empecilhos utilizamos quatro filmes radiológicos, dispostos na saída do tubo direcionador, como mostra a figura 3. Quando nos deparamos com sistema de Radiologia

Computadorizada (CR) ou Radiologia Digital (DR) adotamos a mesma geometria, e usamos os detectores os detectores digitais no lugar dos filmes radiográficos, e após o processamento das imagens usamos a ferramenta do software para estimar o diâmetro do campo.

Figura 3: Posicionamento dos filmes para obter o tamanho de campo.



Após a exposição, os filmes foram revelados e com uma fita métrica devidamente calibrada² estimamos o diâmetro da circunferência. Nos sistemas digitais há a necessidade em verificar a coincidência entre o valor real e o valor fornecido pelo software, logo usamos um objeto de referência com um comprimento conhecido. No próprio consultório o expusemos e com o sistema de medição digital estimamos o tamanho do objeto, estando satisfeito o critério de distorção geométrica usamos o sistema digital para estimar a área do direcionador cilíndrico.

Independente do sistema, analógico ou digital, para calcularmos a área utilizamos a equação 2 que descreve a área de um círculo, pois todos os equipamentos utilizados possuem direcionador cilíndrico em formato circular:

$$A = \pi r^2 \quad (2)$$

onde $\pi \simeq 3,14$ e r é metade do diâmetro mensurado no filme ou sistema digital. Por fim, para calcularmos o P_{KA} utilizamos a equação 3 [1], conforme descrito abaixo:

$$P_{KA} = K_{ar}(mGy).A(cm^2) \quad (3)$$

sendo A a área medida no filme e K_{ar} o kerma no ar incidente na saída do tubo.

² Certificado de calibração nº 0608/18.

2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 constam as características técnicas dos dez equipamentos analisados e os valores nominais mensurados de tensão e tempo de exposição.

Tabela 1: Dados obtidos no serviço de radiologia e valores para a área e o P_{KA} .

Equipamento Marca / Modelo	Tensão (kVp)		Corrente (mA)	Tempo (ms)		Sistema	Diâmetro mensurado do direcionador cilíndrico (cm)
	Nominal	Mensurada		Nominal	Mensurado		
1) Gnatus / XR6010	60	55,9 ± 0,6	9	500	453,9 ± 9,0	Analógico	5,19
2) Gnatus	70	66,3 ± 0,7	8	800	769,3 ± 15	Analógico	5,79
3) Gnatus / Timex 70E	70	65,6 ± 0,6	9	450	489,9 ± 9,7	Digital	5,24
4) Gnatus / Timex 70E	70	63,8 ± 0,6	9	450	436,9 ± 8,7	Analógico	5,69
5) Dabi Atlante / Spectro 70X	70	64,6 ± 0,6	8	300	286,6 ± 5,7	Digital	5,24
6) Procion / Ion 70 X	70	63,5 ± 0,6	8	500	456,7 ± 9,1	Analógico	5,19
7) Astex/ Odontomax 70/70p	70	63,4 ± 0,6	7	550	510,6 ± 10,1	Analógico	5,09
8) Gnatus Timex 70E	70	68,6 ± 0,6	9	630	612,6 ± 12,2	Analógico	5,34
9) Dabi Atlante	70	65,3 ± 0,6	8	1000	952,2 ± 19,04	Analógico	5,19
10) Procion / Ion 70 X	70	64,3 ± 0,6	8	500	525,3 ± 10,5	Analógico	5,19

Nove equipamentos possuem valor de fábrica de 70 kV e um 60 kV e todos apresentaram discrepância entre o valor fornecido pelo fabricante e o mensurado de aproximadamente 8%. Três fatores contribuintes para essa variação: a instabilidade da rede elétrica local, o valor da tolerância fornecida pelo fabricante e o desgaste pelo tempo e uso do equipamento. Entretanto os equipamentos estão de acordo com a legislação brasileira [7] e estadual [8] as quais preconizam que a variação para a exatidão da tensão seja inferior ou igual a 10%. Na avaliação da exatidão do

tempo de exposição à variação apresentada foi de aproximadamente 9%, entre o valor nominal adotado para coletar o Kar, e o mensurado. Como todos os equipamentos analisados possuem um microprocessador digital para controlar o tempo de exposição essa variação, entre o tempo de exposição nominal e o mensurado, decorre da falta de ajuste desse componente. Deve-se adotar cautela em estudos dosimétricos quanto ao uso de valores nominais, da tensão e tempo de exposição, para estimar a DEP ou o Kar. Pois ao compararmos dois equipamentos da mesma marca e modelo e técnicas de exposição idênticas, essas discrepâncias, entre valores nominais e mensurados, corroboram para valores distintos da DEP, como mostra a tabela 2. Assim, as técnicas adotadas no serviço devem respeitar as características técnicas de cada equipamento e devem ser constantemente revistas e, quando necessária, otimizadas. As recomendações das legislações nacionais [7] e regional [8] trazem como valor de referência para o Kar que seja igual ou inferior a 3,5 mGy. E no presente estudo todos os equipamentos analisados estão de acordo com as normativas, como mostra a tabela 2.

Comparado com os Níveis Regionais de Referência Diagnóstica (RDRL) [9], Kar de 2,84 mGy e DEP de 3,05 mGy, para o Kar todos os equipamentos estão abaixo e para o DEP o equipamento 9 está com valores acima em decorrência do tempo de exposição ser de aproximadamente 1000 ms.

Quando objetivemos comparar duas técnicas com o mesmo valor de tensão nominal, porém uma com um tempo de exposição nominal de 800 ms outra e com 500 ms, equipamentos 2 e 10 respectivamente. Afirmar que um tempo de exposição menor fornecerá uma DEP inferior é equivocado, como mostra a tabela 1. Esse fato é decorrente do tempo de exposição medido diminuir no equipamento 2 (800 ms para 769,3 ms) e aumentar no equipamento 10 (500 ms para 525,3 ms), além da contribuição na variação do mA que segundo os fabricantes pode ser de até $\pm 20\%$ do valor nominal e da influência da camada semi redutora.

O equipamento 8 apresentou o menor valor para a DEP aproximadamente $0,92 \pm 0,02$ mGy, inferior até dos consultórios que fazem uso de sistema digital, fato atrelado a correta utilização do processo de revelação, o que garante uma imagem com qualidade diagnóstica otimizada.

Alcançamos o objetivo principal do presente estudo, estimando o PKA, usando os valores do Kar e da área para cada equipamento, como mostra a tabela 2.

Tabela 2: Valores estimados para o K_{ar} , a DEP, a área e o P_{KA} para cada equipamento analisado.

Equipamento Marca/Modelo	Sistema	K_{ar} (mGy)	DEP (mGy)	Área (cm²)	P_{KA}(mGy.cm²)
1) Gnatus/XR6010	Analógico	1,89±0,04	2,27±0,04	21,2±0,05	48,19±0,09
2) Gnatus	Analógico	1,92±0,04	2,30±0,04	26,4±0,05	60,98±0,09
3) Gnatus/ Timex 70E	Digital	1,80±0,04	2,16±0,04	21,6±0,05	46,72±0,09
4) Gnatus/ Timex 70E	Analógico	1,42±0,03	1,701±0,03	25,5±0,05	43,38±0,08
5) Dabi Atlante/Spectro 70X	Digital	1,65±0,04	1,98±0,04	21,6±0,05	42,90±0,09
6) Procion/Ion 70 X	Analógico	1,64±0,04	1,97±0,04	21,2±0,05	41,89±0,09
7) Astex/ Odontomax 70/70p	Analógico	0,96±0,02	1,15±0,02	20,4±0,05	23,52±0,07
8) Gnatus/Timex 70E	Analógico	0,76±0,02	0,91±0,02	22,4±0,05	20,38±0,07
9) Dabi Atlante	Analógico	2,80±0,07	3,36±0,07	21,2±0,05	71,42±0,12
10) Procion/Ion 70 X	Analógico	2,22±0,05	2,67±0,05	21,2±0,05	57,09±0,10

Com o auxílio do Bioestat 5.3 [10] calculamos para o pka as correlações de kendall com o tempo de exposição, com o Kar e com a área, onde os valores encontrados foram $\tau=0,3146$, $\tau=0,8546$ e $\tau=0,1034$ respectivamente. Confirmando o fato que há fraca relação com a área e com o tempo de exposição e forte com o Kar, como mostram as figuras 4,5 e 6.

Figura 4: Correlação de Kendall para o P_{KA} com o tempo de exposição.

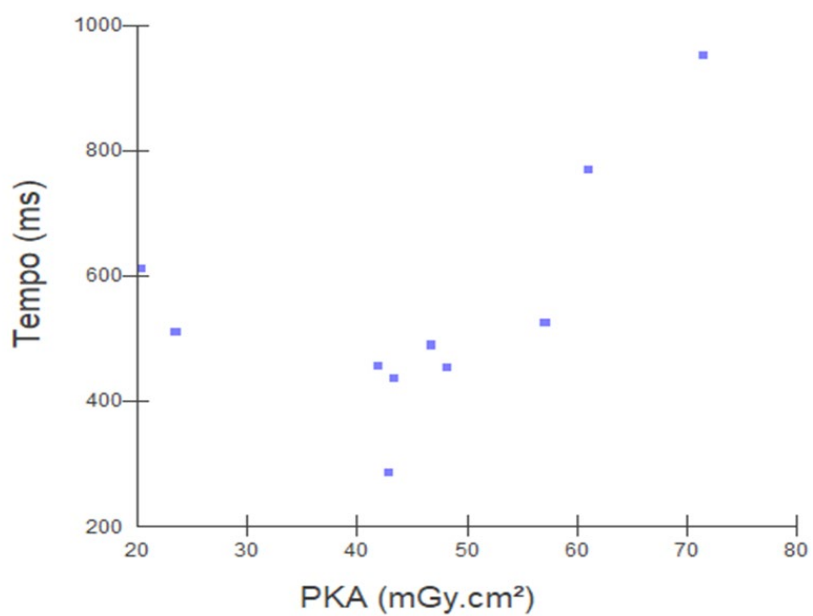


Figura 5: Correlação de Kendall para o P_{KA} com a área.

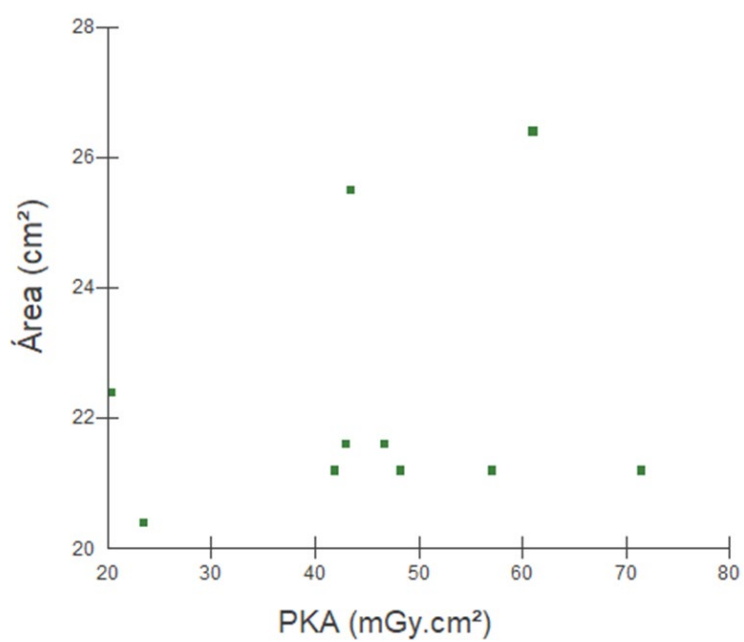
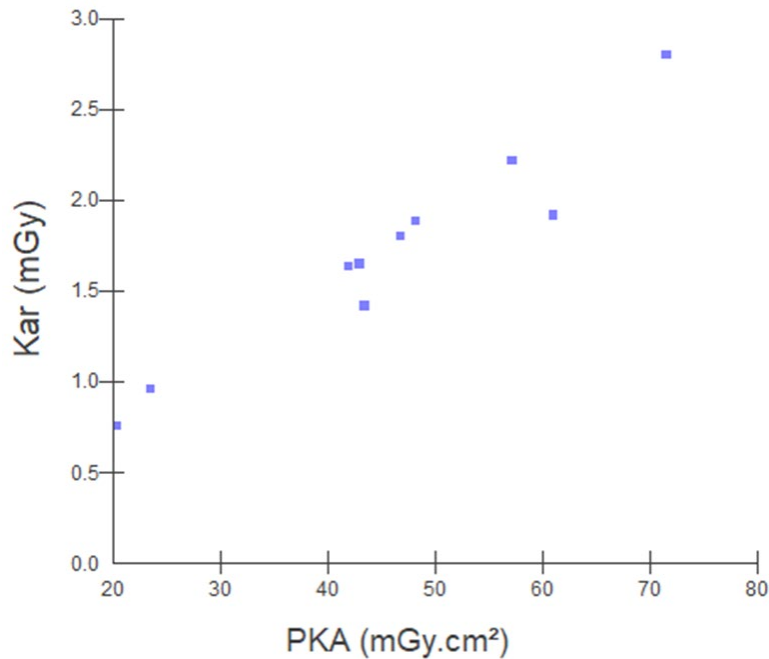


Figura 6: Correlação de Kendall para o P_{KA} com o kerma no ar incidente na saída do tubo.

Comparando os equipamentos 3 e 4 ambos consultórios odontológicos adotam os mesmos parâmetros, porém o PKA foi maior em uma situação, logo o principal parâmetro a ser otimizado é o Kar.

Na normativa estadual [9] há a exigência que o campo de radiação produzida pelo direcionador cilíndrico respeite o intervalo de $5 \text{ cm} < \text{Campo de Radiação} \leq 7 \text{ cm}$. Na tabela 1 constam os valores mensurados atestando que todos os equipamentos de acordo com a legislação estadual.

Comparamos os valores encontrados para os PKA com três, Níveis de Referência em Diagnóstico (NRD): $55,5 \text{ mGy.cm}^2$ [11] e $59,4 \text{ mGy.cm}^2$ [12] e $50,3 \text{ mGy.cm}^2$ [13]. Apenas os equipamentos 1, 2 e 10 apresentaram PKA semelhantes aos DLR. O maior valor para o Kar do equipamento 9 resultou em um PKA de $71,42 \pm 0,12 \text{ mGy.cm}^2$ valor bem acima dos DLR citados no presente estudo. Já o limite inferior para o PKA de $20,38 \pm 0,07 \text{ mGy.cm}^2$ foi em decorrência do baixo valor do Kar de $0,76 \pm 0,02 \text{ mGy}$.

Outro DLR é preconizado pela A Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA) [14]. Ela estabelece um range com um limite inferior de 26 mGy.cm² e superior de 87 mGy.cm², além de recomendar adotá-la como grandeza dosimétrica para estipular um DLR. E analisando os valores da tabela 1 podemos perceber que todos os consultórios respeitaram o intervalo preconizado pela IAEA.

Entretanto na legislação brasileira [7], estadual [8] e em protocolos internacionais [15,16], não há menção na quantificação do PKA em testes de controle de qualidade. Nossa preocupação em propor um processo para quantificá-lo, foi pautada em satisfazer alguns pontos associados à rotina do físico médico: A instrumentação necessária deve fazer parte da rotina do físico médico, caso haja investimento financeiro ele deve justificar-se, há outras metodologias que forneçam o mesmo resultado e demandam menos tempo e recursos, o tempo despendido para a realização da avaliação é viável dentro da rotina clínica do serviço, haverá uso de insumos que acarrete prejuízo financeiro relevante à clínica e por fim se há DLR para nortear os resultados. Para quantificar o PKA o físico médico necessitará de um detector de radiação, para obter o Kar, logo não há necessidade de instrumentação adicional, o processo químico para revelar os filmes ou fazer a leitura no sistema digital foi inferior a 10 minutos, há DLR estabelecido pela IAEA, o custo financeiro referente a quatro filmes radiológicos é irrisório, as outras metodologias demandam material específico para este fim ou são inviáveis para aplicação rotineira de controle de qualidade. Portanto adotar filmes radiográficos é uma excelente alternativa.

3. CONCLUSÕES

A metodologia mostrou-se facilmente aplicável podendo ser incorporada as rotinas dos testes de controle de qualidade, o que possibilita usá-la para a quantificação Pka em todo o território nacional e obtenção de Níveis de Referência em Diagnóstico (NRD) regional ou nacional.

Usar valores nominais de tensão e tempo para estimar a dose acarretam estimativas errôneas, pois há variações entre o valor indicado pelo fabricante e o quantificado.

O fato de ter no estado de Santa Catarina ter um órgão regulamentador atuante favorece a obtenção das doses em procedimentos radiodiagnósticos.

REFERÊNCIAS

- [1] IAEA - International Atomic Energy Agency. Dosimetry in radiology: an international code of practice. **Technical Reports Series n° 457**. Vienna: IAEA; 2007.
- [2] DIRECTIVE, Council. 59/Euratom of 5 Dec. 2013 laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation, and repealing **Directives 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom and 2003/122/Euratom**. L13, v. 57, p. 1977-0677, 2013.
- [3] IAEA - International Atomic Energy Agency. **Diagnostic Reference Levels (DRLs) in medical imaging [internet]**. Vienna: IAEA; 2018. Available at: <https://bit.ly/2OAzzQ7> Accessed on May 17, 2019.
- [4] HELMROT E, CARLSSON G A 2005 Measurement of radiation dose in dental radiology. **Radiation Protection Dosimetry**, 114, 1–3
- [5] IEC - International Electrotechnical Commission. Dose Area Product Meters, Rep. **IEC-60580, 2nd edn, IEC**, Geneva (2000).
- [6] ARCAL - Acuerdo Regional de Cooperación para La Promoción de la Ciencia y Tecnología Nuclear en Latinoamérica y el Caribe ARCAL XLIX - Implementación de las Normas Básicas de Seguridad en la Práctica Médica. **Protocolos de Control de Calidad en Radiodiagnóstico. IAEA / ARCAL XLIX; 2001**
- [7] Brasil (1998), **Portaria 453, de 01 de junho de 1998**. Estabelece as diretrizes de proteção radiológica em radiodiagnóstico médico e odontológico, Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, p. 7-16, 02 de junho de 1998. Seção 1
- [8] Estado de Santa Catarina, Secretaria de Estado da Saúde, Superintendência da Vigilância em Saúde, Diretoria de Vigilância Sanitária. **Resolução Normativa n° 002/DIVS/SES** publicada no doe/sc n° 20.060 de 18/05/2015
- [9] Jornada T S , Panciera D C , Doro R B 2019 Method to determine a regional diagnostic reference level for intraoral radiographs in the state of Santa Catarina, Brazil **Medical Physics International** 7, 1

- [10] Ayres M, Ayres Jr M, Ayres DL, dos Santos ASS 2007. BioEstat 5.0: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas, 5th ed., **Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá - IDSM/MCT/CNPq**, Belém, 364 pp
- [11] Han s, Lee b, Shin g, Choi j, Kim j, Park c, Park h, Lee k, Kim y 2012 Dose area product measurement for diagnostic reference levels and analysis of patient dose in dental radiography **Radiation Protection Dosimetry**, 150, 4
- [12] Kim e-k, Han w-j, Choi j-w, Jung y-h, Yoon s-j, Lee j-s 2012 Diagnostic reference levels in intraoral dental radiography in Korea. **Imaging Science in Dentistry** 42, 4
- [13] Hodolli G, Kadiri S, Nafezi G, Bahtijari M, Sylva N 2019 Diagnostic reference levels at intraoral and dental panoramic examinations. **International Journal of Radiation Research**,17,1
- [14]European Commission. Radiation Protection 136. European guidelines on radiation protection in dental radiology. **Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg;** 2004. Available at:http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radioprotection/publication/doc/136_en.pdf Accessed on May 17, 2019
- [15] IAEA - **International Atomic Energy Agency**. Acceptance Testing and Quality Control of Dental Imaging Equipment [internet]. Vienna: IAEA; 2016. Available at: https://www.aapm.org/pubs/reports/RPT_175.pdf Accessed on May 17, 2019.
- [16] de Física Médica, S. E., & de Protección Radiológica, S. E. 2011. Protocolo Español de Control de Calidad en Radiodiagnóstico. Madrid: **SEFM**.