

HOSPITAL DE CLÍNICAS DE PORTO ALEGRE  
RESIDÊNCIA EM ÁREA PROFISSIONAL DA SAÚDE  
FÍSICA MÉDICA EM MEDICINA NUCLEAR

**Daniel Molena Seraphim**

**DEFINIÇÃO DE NÍVEIS DE REFERÊNCIA EM DIAGNÓSTICO (DRLs) DO  
SERVIÇO DE MEDICINA NUCLEAR DO HCPA**

Porto Alegre

2019

**Daniel Molena Seraphim**

**NÍVEIS DE REFERÊNCIA EM DIAGNÓSTICO EM MEDICINA NUCLEAR**

Relatório do Trabalho de Conclusão de Residência (TCR) aprovado pelo Comitê de Ética de Pesquisa do Hospital de Clínicas de Porto Alegre

Orientadora: Fis. Me. Andréia Caroline Fischer da Silveira Fischer

Eu, Andréia Caroline F. da S. Fischer, estou ciente e de acordo com a entrega desta versão de relatório final do TCR.

Porto Alegre

2019

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	4
2 REVISÃO DE LITERATURA	6
2.1 RADIOATIVIDADE E INTERAÇÃO DA RADIAÇÃO COM A MATÉRIA	6
2.1.1 Matéria	6
2.1.2 Radiação	7
2.1.3 Radioatividade	8
2.1.4 Radiofármacos	9
2.1.5 Irradiação vs Incorporação	10
2.1.6 Interação da Radiação Ionizante com a Matéria	11
2.2 EFEITOS BIOLÓGICOS	12
2.2.1 Classificação dos Efeitos	13
2.2.2 Relação entre Dose e Efeito	13
2.3 UNIDADES E GRANDEZAS	14
2.3.1 Grandezas Físicas	15
2.3.2 Grandezas de Proteção	15
2.4.1 Terminologia dos DRLs	16
2.4.2 Definição dos DRLs na Medicina Nuclear	17
2.4.3 Considerações sobre a definição dos DRLs	18
3 OBJETIVOS	19
3.1 OBJETIVO GERAL	19
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
4 RESULTADOS	20
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÃO	33
REFERÊNCIAS	34
ANEXO A: CÓPIA DO PARECER DO CEP	36

ANEXO B: NORMAS PARA SUBMISSÃO DE ARTIGOS À REVISTA *BRAZILIAN JOURNAL OF RADIATION SCIENCES* 40

ANEXO C: ARTIGO EXEMPLO PARA SUBMISSÃO DE ARTIGOS À REVISTA *BRAZILIAN JOURNAL OF RADIATION SCIENCES* 41

## 1 INTRODUÇÃO

A Medicina Nuclear (MN) é uma especialidade médica que faz uso de fármacos marcados com material radioativo (radiofármacos) como traçadores para processos metabólicos. Diferentemente da imagenologia com Raios X, Tomografia Computadorizada e Ultrassonografia, por exemplo, que fornecem informações anatômicas, os exames diagnósticos da MN utilizam a farmacocinética dos traçadores e a captação seletiva de alguns tecidos para obter as informações biológicas do organismo [1,2].

A utilização da radiação ionizante para fins médicos teve início quase que imediatamente após sua descoberta, em dezembro de 1895, com as primeiras radiografias datando de março de 1896. Seus efeitos deletérios à saúde, no entanto, começaram a ser percebidos logo após o início de seu uso [3,4]. Uma vez constatado o potencial danoso da radiação, comissões de estudos e comitês para avaliar seus riscos começaram a ser criadas [4]. Em 1925, foi reunido o Primeiro Congresso de Radiologia em Londres e, em 1928, num segundo encontro, foi criada a Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP, do inglês *International Commission on Radiological Protection*), cujo propósito é estabelecer guias, recomendações e padrões para mitigar os efeitos nocivos da exposição às radiações ionizantes [5].

A compreensão dos mecanismos de interação da radiação com a matéria, seja em objetos inanimados ou no organismo vivo, é ferramenta importantíssima para estabelecer meios adequados de proteção contra seus efeitos indesejáveis e otimizar o seu uso. Na prática médica são seguidos dois princípios básicos de proteção radiológica: o da *justificação* e o da *otimização*. O princípio da justificação estabelece que nenhuma prática deve ser conduzida sem que produza benefícios, para os indivíduos expostos ou para a sociedade, suficientes para compensar o detrimento correspondente. Já o princípio da otimização preconiza que seja utilizada somente uma quantidade de radiação suficiente e necessária para atingir o objetivo a que se destina [6].

Partindo desses princípios universais de proteção radiológica foi introduzido, em 1996, pela ICRP o conceito de níveis de referência em diagnóstico, ou DRLs (do inglês, *Diagnostic Reference Levels*), como valores de uma quantidade mensurável, ligada a prática/protocolo da imagenologia, a partir dos quais uma investigação é

necessária a fim de averiguar se alguma medida de otimização ou de segurança se faz necessária [7].

Este presente trabalho tem como objetivo definir os DRLs para os exames mais frequentemente realizados no Serviço de Medicina Nuclear (SMN) do Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA).

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Para melhor compreender os procedimentos e a relevância da definição dos DRLs alguns conceitos importantes devem ser explorados. Serão abordados nessa seção aspectos da natureza física das radiações, de sua interação com a matéria, de seus efeitos em material biológico e, por fim, grandezas e conceitos utilizados em proteção radiológica e para a definição dos DRLs.

### 2.1 RADIOATIVIDADE E INTERAÇÃO DA RADIAÇÃO COM A MATÉRIA

Em 28 de dezembro de 1895 o físico alemão Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923) publicou um artigo relatando a descoberta de um novo tipo de radiação, que chamou de Raios X. O potencial dos Raios X para produzir imagens do interior de corpos, de forma não invasiva, foi logo percebido e motivou uma revolução na medicina em tempo recorde, pouco mais de um mês após a publicação do artigo de Röntgen, médicos já utilizavam os Raios X para localizar balas alojadas no interior do corpo de soldados e verificar fraturas ósseas [8]. Ainda na virada do século XIX para o século XX os físicos Antoine Henri Becquerel (1852-1908), Marie Sklodowska Curie (1867-1934) e Pierre Curie (1859-1906) conduziram estudos sobre a emissão espontânea de radiação por certos elementos químicos, a radioatividade natural, e em 1934 Irène Joliot-Curie (1897-1956) e Frédéric Joliot-Curie (1900-1958) demonstraram ser possível criar elementos químicos radioativos artificialmente [4].

#### 2.1.1 Matéria

Um elemento químico é a menor parte da matéria que não pode ser mais reduzida unicamente a partir de reações químicas. Os elementos químicos, por sua vez, são constituídos por átomos que são as menores partes da matéria que ainda conservam suas propriedades físicas e químicas. Átomos, por sua vez, são constituídos por um núcleo atômico eletricamente positivo, onde se encontram prótons (carga positiva) e nêutrons (sem carga); e uma nuvem de elétrons com carga negativa, que envolve o núcleo. Átomos costumam apresentar o mesmo número de prótons e de elétrons, o que os torna eletricamente neutros.

Os átomos dos elementos químicos costumam ser representados por  ${}^A_ZX$ , onde X é o símbolo do elemento químico; Z é o número atômico, ou seja, o número de prótons presentes no núcleo ; e A é o número de massa, igual a soma do número de prótons com o número de nêutrons. Por exemplo:  ${}^{137}_{55}\text{Cs}$  representa o elemento Césio com 55 prótons e 82 nêutrons. Outra forma de representar o mesmo átomo seria  ${}^{137}_{55}\text{Cs}$  ou então Cs-137, uma vez que, ao especificar o elemento Césio, já está implícito que este possui 55 prótons, sendo variável apenas o número de nêutrons presentes [1,9].

Isótopo: termo usado para se referir a duas ou mais formas de um mesmo elemento que possui o mesmo Z, diferindo apenas no número de nêutrons. Os isótopos de um elemento podem ser estáveis ou instáveis (radioativos), porém, em ambos os casos, possuem as mesmas propriedades químicas [10].

Nuclídeo: qualquer átomo, caracterizado por um determinado Z e A.

### 2.1.2 Radiação

Para a física a radiação é, genericamente, troca de energia [9]. Um sistema pode trocar energia com outro emitindo ou recebendo certa quantidade de radiação, que pode ser eletromagnética (infravermelho, luz, raios x e gama, etc) ou corpuscular (partículas alfa, beta, prótons e nêutrons, entre outros). A emissão de radiação por um sistema só acontece quando este se encontra num estado instável ou de desequilíbrio energético. Buscando atingir a estabilidade, o sistema emite o excesso de energia que possui sob a forma de radiação, que pode ser ionizante ou não.

Radiação ionizante é aquela com energia suficiente para ionizar átomos ou moléculas. A ionização é o processo de criar um par iônico, geralmente um elétron livre (íon negativo) e o núcleo atômico ou molécula de onde este elétron foi retirado (íon positivo). São exemplos de radiação ionizante eletromagnética: Raios X e Raios Gama; e radiação ionizante corpuscular: partículas alfa, partículas beta, prótons e nêutrons livres. A radiação ionizante também pode ser classificada em diretamente ionizante (partículas carregadas) e indiretamente ionizantes, aquela sem carga elétrica (fótons e nêutrons) [9].

### 2.1.3 Radioatividade

Radioatividade é o processo pelo qual um núcleo atômico com excesso de energia (denominado radionuclídeo), *i.e.*, instável ou excitado, se transforma (decai) em outro, mais estável, emitindo fótons ou partículas e liberando energia [2]. Este processo ocorre espontânea e aleatoriamente, porém cada radionuclídeo possui uma probabilidade de decaimento característica. Essa probabilidade de decaimento é chamada de constante de decaimento  $\lambda$  e a quantidade de transformações por unidade de tempo que ocorre numa amostra é chamada atividade [9]. Tal atividade é determinada por (Equação 1) [2]:

$$A = A_0 \cdot e^{-\lambda t} \quad (\text{equação 1})$$

Onde  $\lambda$  é a constante de decaimento;  $A_0$  é a atividade inicial da amostra; e  $A$  é a atividade da amostra no instante de tempo  $t$ , decorrido desde o instante inicial até a realização da medida. A unidade no SI (Sistema Internacional de Unidades) para a atividade é o Becquerel [Bq], e representa o número de transformações por segundo. Por motivos históricos ainda é bastante utilizada no Brasil uma unidade antiga, chamada Curie [Ci]:

$$\begin{aligned} 1 \text{ Bq} &= 1/s \\ 1 \text{ Ci} &= 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq} \end{aligned}$$

A quantidade de tempo que leva para a atividade de uma amostra decair até metade de seu valor inicial, *i.e.*,  $A = A_0/2$ , é chamada de meia vida ( $t_{1/2}$ ). Assim como a constante de decaimento, a meia vida também é característica de cada radionuclídeo. Os valores de meia vida costumam ser dados em unidades de tempo compatíveis com o contexto, uma vez que podem variar de poucos segundos até milhões de anos.

Elementos radioativos além de ocorrerem naturalmente podem também ser produzidos pelo homem, através de reações nucleares. A capacidade de produzir radionuclídeos artificialmente impulsionou seu uso para fins médicos e suscitou o

desenvolvimento da MN, uma vez que elementos com características físico-químicas específicas puderam ser criados [9].

#### 2.1.4 Radiofármacos

Radiofármacos são traçadores biológicos que possibilitam investigar a fisiologia ou a fisiopatologia dos sistemas de interesse. São chamados assim, pois são constituídos de um componente radioativo, que permite a sua detecção externa, e um fármaco, responsável pela biodistribuição do traçador. Ao contrário de outras drogas diagnósticas, os radiofármacos não possuem ação farmacológica e nem perturbam as funções do organismo [1].

A escolha de um marcador radioativo para se ligar ao fármaco e dar origem ao radiodifármaco leva em consideração uma série de características desejáveis do radionuclídeo, como o tipo de radiação emitida, a energia e a meia vida. Idealmente, o radionuclídeo deve ser emissor de radiação eletromagnética puro, uma vez que radiações corpusculares, como beta e alfa, são prontamente absorvidas pelos tecidos e não alcançam os detectores dos equipamentos de diagnóstico; do ponto de vista energético, existe uma faixa ótima para detecção por esses equipamentos, as gama câmaras, entre 70 e 365 keV; já em termos da meia vida, o radionuclídeo deve possuir uma duração suficiente para permitir a marcação e metabolização do fármaco pelo organismo, porém não muito longa, não excedendo a ordem de horas/dias, para que o radiofármaco não permaneça tempo desnecessário incorporado ao organismo, irradiando-o. O Tc-99m (Tecnécio-99 metaestável) é o radionuclídeo mais utilizado na MN, pois satisfaz todos esses requisitos. Na Tabela 1 estão listados os radionuclídeos mais aplicados na MN diagnóstica, em conjunto com suas características físicas [1].

Assim como os radionuclídeos tem uma meia vida característica, que representa o tempo médio que leva para que metade dos átomos presentes na amostra sofra a transformação,  $t_{1/2física}$ , pode-se definir para os fármacos um conceito análogo: a meia vida biológica,  $t_{1/2biológica}$ . A meia vida biológica de um fármaco é o tempo necessário para que metade de sua quantidade inicial no organismo seja eliminada, por vias excretoras como urina ou fezes, ou

metabolizada. A partir dessas quantidades é possível definir a meia vida efetiva,  $t_{1/2efetiva}$ , do radiofármaco no organismo como sendo o tempo [9]:

$$1/t_{1/2efetiva} = 1/t_{1/2física} + 1/t_{1/2biológica} \quad (\text{equação 2})$$

A meia vida efetiva será sempre menor que a meia vida física e biológica. A meia vida biológica do Tc-99m, por exemplo, é de cerca de um dia e, portanto, a sua meia vida efetiva é de, aproximadamente, 0,2 dias ou 4,8 horas [9].

**Tabela 1** - Principais Radionuclídeos utilizados na Medicina Nuclear Diagnóstica

Radionuclídeo	Meia vida física	Energia do fóton principal [keV] e abundância (%)
Tecnécio-99m	6 horas	140 (89%)
Iodo-131	8 dias	364 (81%)
Gálio-67	78,3 horas	93 (37%) 185 (20%) 300 (17%) 395 (5%)
Tálio-201	73,1 horas	69-83 (Hg raios X) 135 (2,5%) 167 (10%)

Fonte: Adaptado de Okuno, 2010.

### 2.1.5 Irradiação vs Incorporação

A exposição à radiação pode se dar por meio de dois mecanismos diferentes: a irradiação e a incorporação. Na irradiação ocorre a exposição à distância, através de um campo ou fonte de radiação externos. A incorporação é a presença de material radioativo dentro do organismo, que acarreta em exposição interna [15].

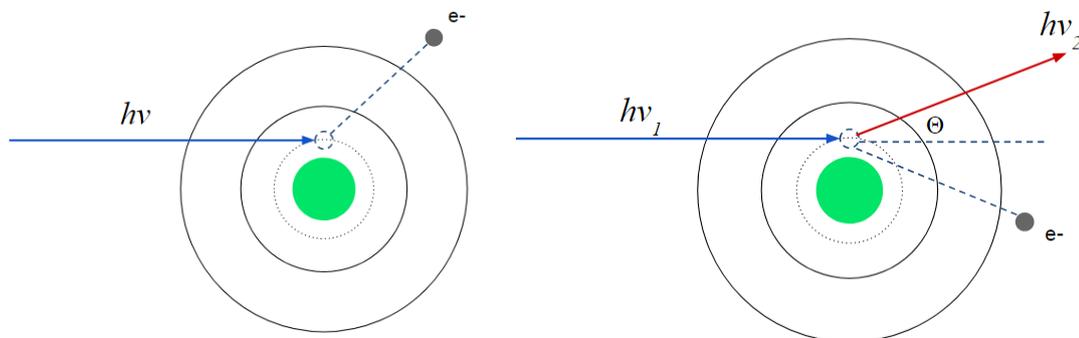
Na MN a maior fonte de exposição do paciente é ele próprio, pois uma vez administrado o radiofármaco, este passa a ser a fonte radioativa [16].

### 2.1.6 Interação da Radiação Ionizante com a Matéria

A interação da radiação com a matéria é um processo de transferência de energia e ocorre quando a radiação incide sobre ou atravessa um meio material, seja ele biológico ou não. Devido ao tipo de radiação e faixa de energia utilizados na MN diagnóstica, alguns mecanismos são mais significantes que outros. Para a radiação eletromagnética, são eles [2]:

Efeito Fotoelétrico: absorção total da energia da radiação por um elétron, causando a sua ejeção do átomo alvo. Para que ocorra, a radiação incidente precisa ter energia maior que aquela de ligação entre o elétron e o núcleo do átomo. O elétron ejetado recebe o nome de fotoelétron e, dependendo da sua energia, pode causar ionizações secundárias. Uma representação esquemática encontra-se na Figura 1 (a) [2].

**Figura 1:** Efeito Fotoelétrico (a) e Efeito Compton (b)  
(a) (b)



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Espalhamento Compton: absorção parcial da energia da radiação por um elétron, que é ejetado do átomo alvo. A radiação incidente é desviada, mudando de direção e diminuindo sua energia. Ocorre para fótons com energias muito maiores do que aquela de ligação dos elétrons nos átomos alvo. Tanto a radiação desviada quanto o elétron ejetado podem causar ionizações adicionais, dependendo de suas energias. Uma representação esquemática encontra-se na Figura 1 (b) [2].

## 2.2 EFEITOS BIOLÓGICOS

Ao interagir com sistemas biológicos, a radiação ionizante entrega energia através de mecanismos físicos, como os discutidos na seção anterior. Os efeitos decorrentes dessa interação apesar de não serem facilmente previsíveis, dependem de diversos fatores como: a dose total recebida, a taxa de dose, o fracionamento da dose, o tipo de radiação, a região ou tecido irradiado, a idade do indivíduo irradiado, entre outros [1,9,10]. É importante notar, porém, que nem todos os efeitos radioinduzidos serão necessariamente danosos para o organismo, uma vez que em muitos órgãos e tecidos o processo de morte e reposição celular faz parte de seu funcionamento normal [11].

A manifestação de efeitos no organismo, desde a exposição deste à radiação ionizante, segue uma sequência de eventos/estágios [9]:

Estágio físico: ocorrem as ionizações e excitações dos átomos e moléculas, dura cerca de  $10^{-15}$  s;

Estágio físico-químico: em consequência das ionizações pode ocorrer a quebra das ligações químicas das moléculas, dura cerca de  $10^{-6}$  s;

Estágio químico: fragmentos das moléculas quebradas no estágio físico-químico se ligam a outras moléculas, como as de enzimas e proteínas. Dura poucos segundos;

Estágio biológico: surgem os efeitos bioquímicos ou fisiológicos, que levam a alterações morfológicas e/ou funcionais nos órgãos. Pode durar dias, semanas ou anos.

A ação da radiação, a nível molecular, pode produzir dano ao organismo de maneira direta ou indireta. Diz-se que o dano é direto quando a energia depositada pela radiação leva a dissociação ou quebra de ligações químicas em moléculas importantes, como por exemplo, nas bases nitrogenadas do DNA (ácido desoxirribonucleico). Já o dano indireto é aquele que ocorre quando a deposição da energia da radiação se dá, geralmente, em moléculas de água e leva a criação de radicais livres, que são altamente reativos e podem se recombinar levando a formação de peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ), substância tóxica para o organismo [9,10].

### 2.2.1 Classificação dos Efeitos

Segundo Tauhata (2014), os efeitos biológicos podem ser classificados como:

Efeitos Determinísticos: são aqueles que ocorrem para altas doses de radiação e que possuem um limiar bem definido, abaixo do qual o efeito não se manifesta e acima dele há grande chance de ocorrência. Exemplo de efeito determinístico é a descamação seca e eritema na pele, para doses entre 3 a 5 Gy<sup>1</sup>, com sintomas surgindo após aproximadamente três semanas. Em geral, exposições à tão altas doses ocorrem somente em acidentes ou em pacientes submetidos a radioterapia (onde tecidos sadios são expostos por estarem próximos ao órgão tratado).

Efeitos Estocásticos: aqueles para os quais não existe um limiar de dose para sua ocorrência, ou seja, mesmo baixas doses de radiação podem provocá-los. O câncer radioinduzido é um exemplo de efeito estocástico e seu aparecimento pode acontecer até 40 anos após a exposição à radiação, o que torna muito difícil a sua associação.

Ainda é possível classificar os efeitos enquanto somáticos ou hereditários, como sendo aqueles que se manifestam no próprio indivíduo irradiado; e aqueles que são transmitidos aos seus descendentes, respectivamente. Os efeitos hereditários decorrem de alterações cromossômicas induzidas pela irradiação das gônadas.

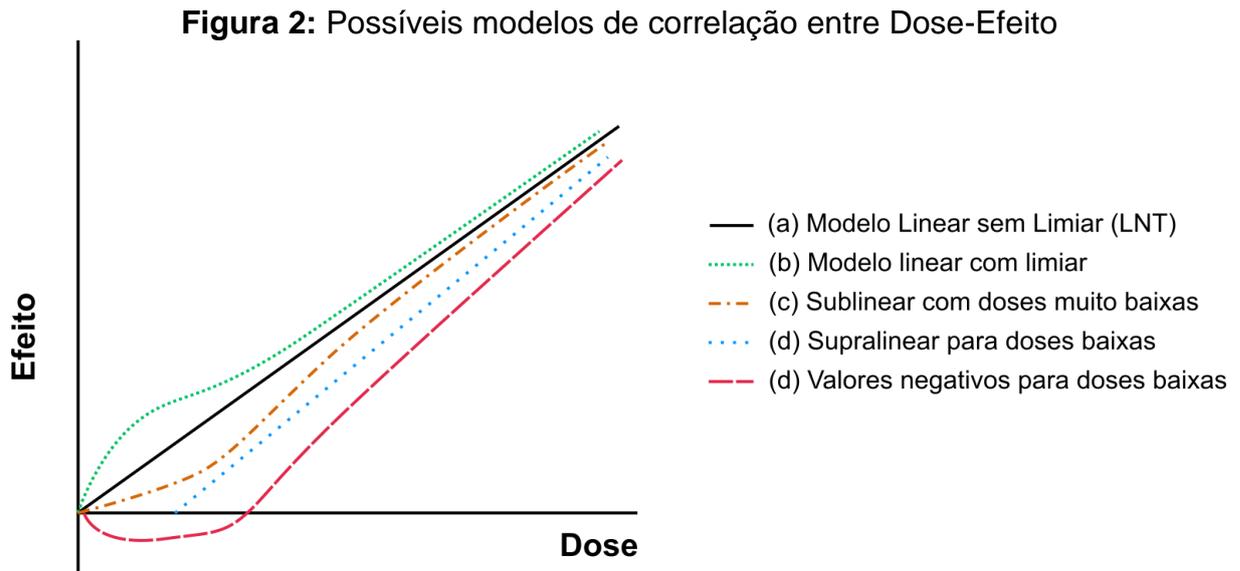
### 2.2.2 Relação entre Dose e Efeito

Abaixo dos limiares de dose para a ocorrência de efeitos determinísticos pouco se pode afirmar sobre a correlação dose-efeito. Estudos epidemiológicos com sobreviventes das bombas atômicas de Hiroshima e Nagasaki, exposições médicas, trabalhadores de usinas nucleares e pessoas expostas à radiação ambiental, incluindo aquelas vivendo nas áreas de Chernobyl, foram capazes de prover dados estatisticamente significantes para traçar uma dependência linear entre a ocorrência de câncer e a dose absorvida, quando acima de 100 mSv [13]. Abaixo desse limite, são adotados modelos e hipóteses baseados na extrapolação desses dados. Um

---

<sup>1</sup> Gray. Grandeza associada a Dose Absorvida. 1 Gy = 1 J/kg.

destes modelos, o LNT (modelo linear sem limiar, do inglês *Linear Non-Threshold Model*), propõe como linear a relação dose-efeito também para doses abaixo de 100 mSv, ou seja, assume, de uma maneira conservativa, que não existe nível seguro de exposição à radiação, e que, mesmo em exposições à baixas doses existe o risco de ocorrência de efeitos deletérios.



Fonte: Adaptado de Okuno (2010).

O uso do modelo LNT, representado na Figura 2, se justifica assim, não pelo peso de evidências epidemiológicas ou biológicas a seu favor mas, principalmente, por ser um modelo simples e conservativo, i.e., ele superestima o risco de câncer radioinduzido para baixas doses. Isto o torna preferível em detrimento de outros modelos quando se consideram ações de proteção radiológica, segundo a ICRP, que o considera a escolha prudente para baixas doses ou baixas taxas de dose [12-14].

### 2.3 UNIDADES E GRANDEZAS

No contexto da proteção radiológica e física das radiações trabalha-se com diferentes conceitos e grandezas, muitos deles provenientes de quantidades que não são diretamente mensuráveis. Assim, costuma-se dividir as grandezas e quantidades físicas de interesse em categorias, como grandezas físicas e grandezas

de proteção, por exemplo. Dentro dessas categorias, aquelas de maior interesse para a condução deste estudo encontram-se a seguir [9].

### 2.3.1 Grandezas Físicas

Exposição - X: expressa a capacidade de ionização de fótons no ar, medindo a quantidade de carga elétrica  $Q$ , de mesmo sinal, produzida num elemento de volume de ar com massa  $m$ . Sua unidade no SI é *Coulomb/kg<sub>ar</sub>*, sendo sua antiga unidade o Röntgen [R], onde  $1 R = 2,58 \cdot 10^{-4} C/kg_{ar}$ .

Dose Absorvida - D: expressa a energia média depositada pela radiação,  $E_{ab}$ , num volume de massa  $m$ . Está intimamente relacionada aos danos biológicos. Sua unidade no SI é o Gray [Gy], que é igual a um joule por kg,  $1 Gy = 1J/kg$ .

### 2.3.2 Grandezas de Proteção

Dose Equivalente (no órgão ou tecido) - H<sub>T</sub>: é definida como a dose absorvida média  $D_{T,R}$  no tecido ou órgão T, exposto à radiação de tipo R, multiplicada pelo fator de ponderação da radiação  $\omega_R$ , que representa a efetividade biológica relativa (EBR) da radiação em induzir efeitos estocásticos, como o câncer, por exemplo. Como  $\omega_R$  é uma quantidade adimensional,  $H_T$  tem a mesma dimensão da Dose Absorvida, porém como mede efeito no organismo recebe outra notação, sendo, no SI, o Sievert (Sv):  $1 Sv = 1J/kg$ . Os valores de  $\omega_R$  são calculados usando simulações computacionais e modelos físicos e encontram-se disponíveis na literatura.

Dose Efetiva - E: é definida como a soma das doses equivalentes  $H_T$  nos tecidos e órgãos ponderada pelo fator de ponderação  $\omega_T$  do tecido ou órgão, que expressa a sua radiosensibilidade, no que concerne à indução de câncer e efeitos hereditários. A dose efetiva E é utilizada para estabelecer limites de exposição de corpo inteiro. Assim como a dose equivalente, a unidade da dose efetiva no SI é o Sievert.

### 2.3.3.1 Limitações de Aplicabilidade

Embora sejam utilizadas para definir limites em proteção radiológica, as grandezas  $E$  e  $H_T$  não são quantidades diretamente mensuráveis, sendo estimadas a partir de dados feitos com simulações computacionais e físicas [16]. Na MN a  $E$  recebida pelo paciente, devido à administração dos radiofármacos, deve levar em conta, ainda, a biocinética da distribuição do fármaco no organismo e a suas meias vidas biológica e efetiva, que podem ser altamente variáveis entre diferentes indivíduos. O sexo biológico e a idade também são fatores de influência na estimativa da  $E$  e devem ser considerados.

## 2.4 RECOMENDAÇÕES DA ICRP PARA DEFINIÇÃO DOS DRLs

A partir dos princípios de justificação e otimização de dose a ICRP desenvolveu o conceito de níveis de referência em diagnóstico como uma ferramenta que objetiva otimizar o uso da radiação ionizante em procedimentos médicos, visando a proteção do paciente. Os DRLs não são estáticos e, para que se cumpra o objetivo da otimização, devem ser reavaliados periodicamente ou sempre que possível quando alguma mudança de protocolo ou equipamento acontecer. DRLs, entretanto, não devem ser vistos como limites para procedimentos e nem aplicados a pacientes ou exames individuais [7].

### 2.4.1 Terminologia dos DRLs

Segundo a Publicação 135 da ICRP [7], são definidos:

- Quantidade de DRL: uma métrica facilmente mensurável e de uso comum que indique a quantidade de radiação utilizada no procedimento médico. As Quantidades de DRLs devem ser compatíveis com a técnica de imagem utilizada e, quando em sistemas híbridos (PET-CT ou SPECT-CT), é aconselhável apresentar Valores de DRLs para cada uma delas, independentemente;
- Valor de DRL: um valor arbitrário, comumente definido com o terceiro quartil ou mediana da distribuição da Quantidade de DRL;

- Processo de DRL: processo cíclico de estabelecimento dos Valores de DRL como ferramenta de otimização, atualizando os Valores antigos de DRL sempre que novos forem obtidos.

#### 2.4.2 Definição dos DRLs na Medicina Nuclear

Em MN opta-se por utilizar como Quantidade de DRL a atividade de radiofármaco administrada nos pacientes ou, preferencialmente, a atividade administrada dividida pelo peso do paciente, levando a uma atividade específica em mCi/kg ou MBq/kg. Essa escolha se justifica pois, a atividade é uma quantidade facilmente mensurada e é um parâmetro controlável que é diretamente proporcional à dose recebida pelo paciente durante o procedimento. Quando a informação sobre o peso dos pacientes não está disponível, a definição da quantidade de DRL deve ser realizada considerando um paciente de  $70 \pm 10$  kg [7].

A escolha dos valores de DRLs se dá matematicamente por medidas de tendência como a mediana ou algum outro percentil, ao invés da média, por exemplo, uma vez que estas medidas representam melhor distribuições assimétricas, ou seja, aquelas que não seguem uma distribuição normal.

Embora existam recomendações de fabricantes e *guidelines* internacionais com atividades máximas a serem administradas para determinados fármacos, muitas vezes particularidades dos pacientes precisam ser levadas em consideração quando se escolhe o protocolo e parâmetros de imageamento. Maiores quantidades de atividade podem diminuir o tempo de aquisição e levar a uma melhor qualidade de imagem, porém acarretam em maior dose para o paciente e, portanto, não são desejáveis do ponto de vista de proteção radiológica. Por outro lado, pode-se aumentar o tempo de aquisição das imagens para manter uma melhor qualidade de imagem, mesmo a baixas atividades administradas. Isso, no entanto, nem sempre é possível, uma vez que requer maior colaboração dos pacientes e que estes possuam capacidade de permanecer imóveis em posturas pouco confortáveis por mais tempo. Por conta dessas particularidades o processo de definição de DRLs se faz tão importante.

### **2.4.3 Considerações sobre a definição dos DRLs**

A tecnologia disponível para aquisição das imagens pode afetar a quantidade de atividade administrada necessária para se atingir uma qualidade de imagem adequada. Equipamentos mais novos, mais eficientes ou com maior sensibilidade requerem menos atividade, tempos de aquisição menores ou ambos para garantir imagens com qualidade diagnóstica. Diferentes protocolos de aquisição e reconstrução de imagem também podem influir na escolha de atividade administrada e, portanto, nos valores de DRLs.

Dessa forma, sempre que houver mudanças significativas nos equipamentos do serviço ou nos protocolos de aquisição, que possam influir nas atividades administradas, os valores de DRL devem ser reavaliados. A observância dessa dependência tecnológica e operacional também tem de ser preponderante quando se comparam valores de DRLs entre diferentes instituições e regiões. Assim, os valores de DRL obtidos para o SMN serão comparados aos valores de DRL de outras instituições e também aos valores de atividade recomendados por guias e órgãos nacionais e internacionais.

A qualidade diagnóstica das imagens não deve ser negligenciada. A definição dos valores de DRLs e a subsequente ação de otimização das doses não devem comprometer a qualidade das informações clínicas contidas nas imagens.

### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 OBJETIVO GERAL

Definir os valores de DRLs para os exames cintilográficos realizados com maior frequência no Serviço de MN do HCPA.

#### 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar os exames executados com maior frequência no SMN;
- Verificar os valores de atividade injetada nos pacientes submetidos aos exames identificados como os mais realizados e segregá-los de acordo com o tipo de exame, radiofármaco utilizado e faixa etária do paciente, se aplicável;
- Calcular, quando possível, a atividade específica média administrada por tipo de exame, radiofármaco utilizado e faixa etária do paciente, se aplicável;
- Estabelecer os DRLs para os exames mais frequentes do SMN e radiofármacos utilizados;
- Por meio dos DRLs estabelecidos, avaliar os protocolos e procedimentos realizados pelo SMN do HCPA, através da comparação dos valores de DRLs obtidos para o SMN do HCPA com os valores de atividades recomendadas por *guidelines* e órgãos nacionais e internacionais.

#### 4 RESULTADOS

O produto do Trabalho de Conclusão de Conclusão da Residência (TCR) em Área Profissional da Saúde (Física Médica, ênfase em Medicina Nuclear), CAEE nº 05994818.3.0000.5327, aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa do HCPA pelo parecer nº 3.203.127 (ANEXO A), será submetido em forma de artigo à revista da Sociedade Brasileira de Proteção Radiológica (SBPR) – **Brazilian Journal of Radiation Sciences** (ISSN: 2319-0612) (SBPR, 2019).

As normas para submissão e artigo-exemplo da revista encontram-se nos ANEXO B e ANEXO C, respectivamente. Cópia do artigo submetido se encontra a seguir.



BRAZILIAN JOURNAL  
OF  
RADIATION SCIENCES  
XX (XXXX) XX-XX



# Definição de Níveis de Referência em Diagnóstico (DRLs) do Serviço de Medicina Nuclear do Hospital de Clínicas de Porto Alegre

Seraphim D. M., Fischer A. C. F. da S.

*Serviço de Medicina Nuclear do Hospital de Clínicas de Porto Alegre, 90035-007, Rua Ramiro  
Barcelos, 2350 – Bairro Santa Cecília, Porto Alegre - RS  
dnlseraphim@gmail.com*

---

## RESUMO

A medicina nuclear (MN) é uma especialidade médica que faz uso de radiação ionizante para fins diagnósticos e terapêuticos. A segurança dos pacientes submetidos aos procedimentos da MN se dá a partir de dois princípios básicos de proteção radiológica: o da justificção e o da otimização de dose. Pautada nesses princípios, a ICRP (*International Commission on Radiological Protection*) introduziu o conceito de DRLs (*Diagnostic Reference Levels*) como uma ferramenta de otimização das exposições médicas. Neste trabalho foram identificados os exames mais realizados pelo SMN (Serviço de Medicina Nuclear) de um hospital público e universitário, e calculados para eles os respectivos DRLs, definidos como o terceiro quartil da distribuição de atividade administrada ( $A_{adm}$ ). Para isso foram utilizados dados de exames realizados entre jul. de 2017 e jun. de 2019, disponíveis nos bancos de dados do hospital. Os valores de DRL obtidos foram comparados a protocolos e guias internacionais, além de DRLs de outros países e aqueles propostos em um estudo para o Brasil. Constatou-se que em 8 dos 14 exames analisados, os valores de DRL obtidos estão acima dos valores máximos de  $A_{adm}$  sugeridos nos guias, sendo recomendada, para estes casos, a reavaliação dos protocolos adotados. A revisão desses valores deve ser feita periodicamente para que se cumpra seu propósito enquanto ferramenta de otimização. Devido a simplicidade desse processo, recomenda-se frequência mínima anual.

*Palavras-chave: Medicina Nuclear, DRL, Diagnostic Reference Levels, Níveis de Referência em Diagnóstico.*

---

---

## ABSTRACT

Nuclear Medicine (NM) is a medical speciality that makes use of ionizing radiation for both diagnostic and therapeutic purposes. Patient safety undergoing NM procedures is guaranteed by two basic principles of radiological protection: dose justification and optimization. Based on these principles ICRP (International Commission on Radiological Protection) introduced the concept of DRLs (Diagnostic Reference Levels) as a tool aiming medical exposure optimization of patients undergoing diagnostic procedures. The present work has identified the most common procedures conducted at NMD (Nuclear Medicine Department) of a public university hospital, and established their DRL Values, defined as the third quartile of the administered activity distribution. Data from exams conducted between July 2017 to June 2019, available at the Hospital's data centers was used. The DRL Values obtained were compared to international guidelines, other countries' DRL and suggested DRLs values for Brazil. It was found that in 8 of the 14 procedures analyzed the DRL Values were above the maximum activity values suggested by those guidelines. Further analysis is advised For these procedures. To fulfill its purpose as an optimization tool the DRL Values form HCPA's must be periodically revisited. Annual reassessment is advised.

*Keywords: Nuclear Medicine, DRL, Diagnostic Reference Levels.*

---

## 1. INTRODUÇÃO

A medicina nuclear diagnóstica é uma especialidade médica não invasiva que faz uso de fármacos marcados com material radioativo (radiofármacos) como traçadores para processos metabólicos *in vivo*. Nas cintilografias, como são chamados os exames de medicina nuclear, a farmacocinética dos traçadores e a captação seletiva de órgãos e tecidos são utilizadas para obter informações funcionais do organismo [1]. Existem ainda, dentro da medicina nuclear (MN), modalidades híbridas de diagnóstico, como o PET-CT, que alia a tomografia computadorizada (CT) à tomografia por emissão de pósitrons (PET), permitindo o corregristo anatômico para imagens metabólicas e funcionais [2].

Nas exposições médicas, diferentemente das exposições ocupacionais à radiação ionizante, onde existem limites de dose definidos [3], a segurança dos indivíduos se dá pela observância de dois princípios básicos de proteção radiológica: o da justificação, que estabelece que nenhuma prática deve ser conduzida sem que produza benefícios, tanto para os indivíduos expostos quanto para a

sociedade, suficientes para compensar o detrimento correspondente; e o da otimização, que preconiza que seja utilizada somente uma quantidade suficiente e necessária de radiação para atingir o objetivo a que se destina [3]. Visando a segurança dos pacientes e, a partir desses princípios universais, a Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP, do inglês *International Commission on Radiological Protection*) introduziu nos anos 90 o conceito de DRLs (*Diagnostic Reference Levels*) [4] ou Níveis de Referência em Diagnóstico, em português. Atualmente, os DRLs são definidos como valores de uma quantidade mensurável, ligada à prática ou protocolo da imagiologia, a partir dos quais uma investigação é necessária, a fim de averiguar se alguma medida de otimização ou de segurança se faz necessária [5]. Assim, os DRLs são uma ferramenta de monitoração que visa despertar a atenção de profissionais e autoridades responsáveis sobre a dose entregue aos pacientes, ajudando a identificar oportunidades de otimização de protocolos e práticas.

Este estudo, produto do Trabalho de Conclusão da Residência (TCR) em Área Profissional da Saúde (Física Médica, ênfase em Medicina Nuclear), buscou definir os DRLs para os exames cintilográficos mais realizados pelo Serviço de Medicina Nuclear (SMN) do Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA), um hospital público, universitário e de porte especial, tendo sido aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa do Hospital pelo parecer de nº 3.203.127.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O SMN do HCPA realizou, em média, nos últimos três anos, cerca de 6.200 exames por ano, atendendo pacientes provenientes do Sistema Único de Saúde (SUS) (91,86%), convênios (6,02%), solicitações particulares (0,71%) e procedimentos voltados para pesquisas (1,42%). Para atender essa demanda, o SMN conta com três câmaras cintilográficas, um equipamento híbrido de PET-CT, além de dois medidores de atividade, e quadro funcional composto por: 2 farmacêuticos, 4 físicos (2 contratados e 2 residentes), 8 técnicos em radiologia, 2 técnicos em enfermagem, 1 enfermeiro, 5 médicos nuclearistas, 3 médicos residentes e 1 médico cardiologista. As principais características dos equipamentos estão listadas na Tabela 1.

**Tabela 1:** Instrumentação do SMN HCPA.

Tipo de Equipamento	Marca	Modelo (Ano de instalação)	Detalhes
Medidor de Atividade	Biodex	Atomlab 100	MN convencional
	Capintec	CRC-25PET	PET-CT
Câmara Cintilográfica	GE	Millennium MPR (1998)	1 detector de NaI(Tl) <sup>1</sup>
		Ventri (2009)	2 detectores NaI(Tl)
		Infinia (2011)	2 detectores NaI(Tl)
PET-CT	GE	Discovery 710 (2014)	Detectores LYSO <sup>2</sup> , ToF <sup>3</sup> e PSF <sup>4</sup>

Para a definição dos DRLs no SMN foram seguidas as recomendações dadas pela ICRP em seu documento *Publication 135 – Diagnostic Reference Levels in Medical Imaging* [5], de 2017. Assim, ficam definidos: Quantidade de DRL como a atividade administrada aos pacientes; Valor de DRL como o terceiro quartil (ou percentil de número 75, que separa 75% dos valores mais baixos da distribuição dos 25% mais altos) da distribuição da Quantidade de DRL; e Processo de DRL como o processo cíclico de estabelecimento dos Valores de DRL enquanto ferramenta de otimização, atualizando os Valores de DRL antigos sempre que novos forem obtidos.

O Processo de DRL no SMN foi iniciado através da coleta de dados existentes nos bancos de dados do hospital, através de um sistema de BI (*Business Intelligence*)<sup>5</sup> da empresa Agfa (IMPAX BI). Este sistema busca informações, solicitadas pelo usuário, no banco de dados do programa QDoc-RIS (*Radiology Information System*), *software* utilizado pelos serviços de diagnóstico por imagem do HCPA para registro de informações relacionadas à execução de exames. Foram

<sup>1</sup> Cristal cintilador de NaI(Tl) (Iodeto de Sódio dopado com Tálcio).

<sup>2</sup> LYSO: cristal cintilador de Ortosilicato de Lutécio e Itrio.

<sup>3</sup> ToF (*Time of Flight*): tecnologia que permite medir a diferença entre o tempo de detecção dos dois fótons de aniquilação.

<sup>4</sup> PSF (*Point Spread Function*): método de reconstrução que incorpora a função de resposta a um ponto para melhoria da resolução do equipamento.

<sup>5</sup> Conceito de estruturação e tratamento de dados brutos de modo a extrair deles todo o seu potencial de informação [19].

coletados os seguintes dados do sistema: data do exame, atividade do radiofármaco administrada, peso e idade dos pacientes no momento da realização do exame.

Foram avaliados exames executados entre julho de 2017 e junho de 2019 (intervalo de 24 meses) em pacientes adultos (idade maior ou igual a 18 anos). O intervalo escolhido incluiu, no total, 11.116 procedimentos, distribuídos em 41 diferentes tipos de exames. Destes, 14 atenderam ao número mínimo de 20 exames requeridos para definição dos DRLs, conforme ICRP [5], a fim de se obter uma estatística representativa da amostra. Algumas características do banco de dados e fluxo de registro dos exames no sistema também contribuíram para limitar o número de exames disponíveis, reduzindo para 4.597 aqueles que contribuíram efetivamente para o estudo. A amostra utilizada, discriminada por categoria e tipo de exame, está descrita na Tabela 2.

**Tabela 2:** Amostra dos Exames Executados.

<b>Categoria</b>	<b>Procedimento</b>	<b>n</b>
Cardiológico	Perfusão Miocárdica (protocolo de 2 dias) - Esforço	229
	Perfusão Miocárdica (protocolo de 2 dias) - Repouso	260
Endócrino	Paratireoide	172
	Tireoide	229
Gastrointestinal	Glândulas Salivares	48
Geniturinário	Fluxo Sanguíneo	196
	Renal Estático	332
	Renal Dinâmico	119
Linfático	Linfocintilografia	156
Sistema Nervoso	Perfusão Cerebral (morte encefálica)	33
	SPECT Cerebral	260
Pulmonar	Perfusão Pulmonar	418
Esquelético	Óssea	1359
PET	PET Oncológico	786
<b>TOTAL</b>	<b>14</b>	<b>4.597</b>

Para a cintilografia óssea, onde há ajustes feitos na atividade administrada ponderando-se o peso dos pacientes, foram selecionados apenas os exames conduzidos em pacientes dentro do intervalo de 60 a 80 kg. Já para o exame de PET-CT, optou-se por analisar a atividade específica administrada (mCi/kg), uma vez que a atividade total é personalizada para cada paciente. Para os demais exames a definição do Valor de DRL levou em consideração apenas a atividade administrada.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação estatística dos dados foi feita nos programas *Microsoft Excel* e *PASW Statistics 18*. Os Valores de DRL obtidos para os exames da medicina nuclear e de PET-CT se encontram na Tabela 3. Nela é possível constatar grande variação entre as atividades mínimas e máximas administradas. Pode-se atribuir tais diferenças à falta de padronização ou comunicação entre a equipe executora. Em um serviço de medicina nuclear cada etapa da realização de um exame pode ser feita por diferentes membros do quadro técnico: prescrição da atividade (médico nuclearista), fracionamento e preparo dos radiofármacos (farmacêutico), administração do radiofármaco e aquisição das imagens (equipe técnica). Assim, é de grande importância garantir que os protocolos clínicos estabelecidos na instituição sejam claros e conhecidos por todos. Programas de treinamento e reciclagem de conhecimentos periódicos são a melhor maneira de se manter a uniformidade das práticas conduzidas.

**Tabela 3:** Valores de Referência em Diagnóstico (DRL) para os exames do HCPA.

Categoria	Procedimento	Radiofármaco	Atividade [mCi <sup>6</sup> ]			
			Mín	Máx	Mediana	DRL
Cardiológico	Miocárdica (2 dias) - Esforço	[ <sup>99m</sup> Tc]MIBI	15,7	40,0	33,5	35,5
	Miocárdica (2 dias) - Repouso	[ <sup>99m</sup> Tc]MIBI	17,3	32,0	27,0	27,9

<sup>6</sup> Embora a unidade para atividade no Sistema Internacional (SI) seja o Becquerel (Bq), optou-se por utilizar o Curie (Ci) devido a sua ainda grande popularidade no cenário nacional.

Categoria	Procedimento	Radiofármaco	Atividade [mCi <sup>6</sup> ]			
			Mín	Máx	Mediana	DRL
Endócrino	Paratireoide	[ <sup>99m</sup> Tc]MIBI	10	32,0	26,0	29,0
	Tireoide	[ <sup>99m</sup> Tc]Pertecnetato	7,0	14,0	10,3	12,0
Gastrointestinal	Glândulas Salivares	[ <sup>99m</sup> Tc]Pertecnetato	4,0	14,0	10,5	12,0
Geniturinário	Fluxo Sanguíneo	[ <sup>99m</sup> Tc]DTPA	9,0	35,0	27,0	30,0
	Renal Estático	[ <sup>99m</sup> Tc]DMSA	3,2	8,0	4,4	4,5
	Renal Dinâmico	[ <sup>99m</sup> Tc]DTPA	6,0	17,0	8,0	9,3
Linfático	Linfocintilografia		1,0	4,0	2,0	2,0
Sistema Nervoso	Perfusão Cerebral (morte encefálica)	[ <sup>99m</sup> Tc]ECD	14,7	35,0	29,2	30,9
	SPECT Cerebral	[ <sup>99m</sup> Tc]ECD	21,1	35,1	30,8	33,1
Pulmonar	Perfusão Pulmonar	[ <sup>99m</sup> Tc]MAA	2,0	7,0	4,0	4,2
Esquelético	Óssea	[ <sup>99m</sup> Tc]MDP	16,0	36,0	30,0	30,0
PET	PET oncológico	[ <sup>18</sup> F]FDG	0,074/kg	0,19/kg	0,13/kg	0,13/kg

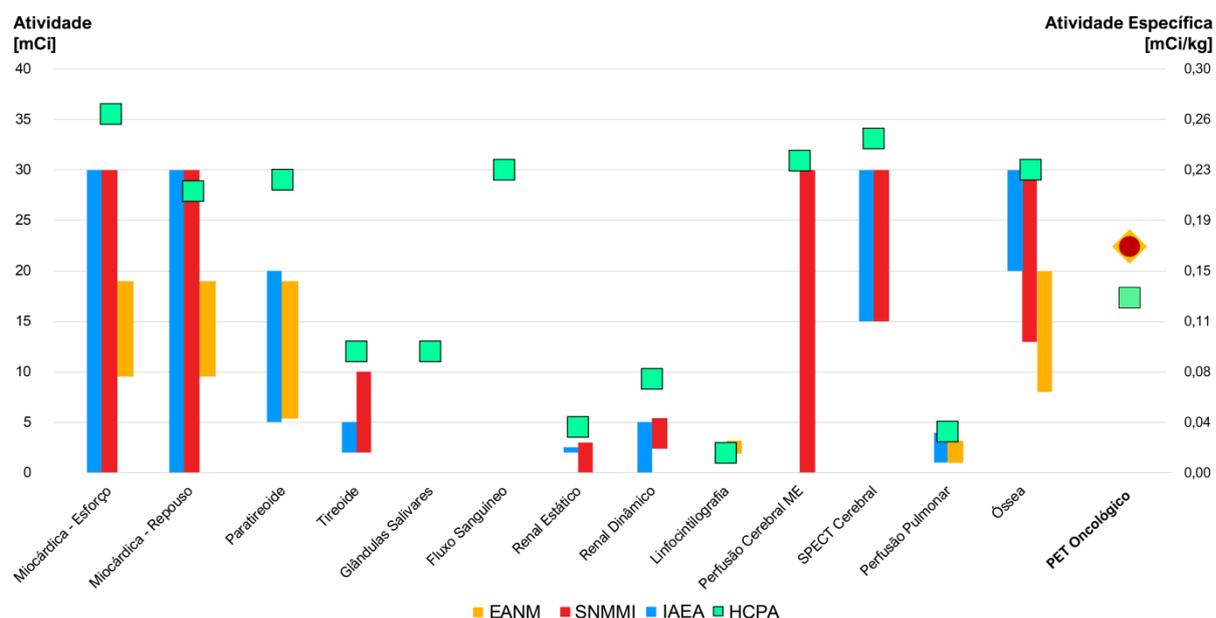
DMSA = ácido dimercaptossuccínico; DTPA = ácido dietilenotriaminopentacético; ECD = etilcisteinato dímero; FDG = fludesoxiglicose; MAA = macroagregado de albumina; MDP = metilenodifosfonato; MIBI = sestamibi.

No Brasil, embora haja estudos e levantamentos de dados [6-8] sobre as diferentes práticas adotadas por SMNs, ainda não há valores oficiais de DRL publicados por órgãos ou agências reguladoras. Por este motivo e, como os protocolos utilizados no SMN HCPA foram definidos a partir de referências nacionais e internacionais, os resultados obtidos foram comparados, na Figura 1, aos valores (ou faixa) de atividade propostos em protocolos e guias de diferentes instituições.

A Figura 1 mostra uma ampla variação entre as atividades sugeridas pela EANM (*European Association of Nuclear Medicine*) [9], IAEA (*International Atomic Energy Agency*) [10] e SNMMI (*Society of Nuclear Medicine and Molecular Imaging*) [11]. Para a cintilografia óssea, por exemplo, os valores diferem por um fator de 3,7 vezes, de 8 mCi [9] até 30 mCi [11]. Já, para a cintilografia de tireoide, a amplitude é ainda maior, 5 vezes, variando de 2 a 10 mCi em uma mesma recomendação [11]. Além disso, ao comparar esses valores com os DRLs obtidos no SMN, verifica-

se que, com exceção dos exames de cintilografia de perfusão miocárdica de repouso, linfocintilografia, glândulas salivares e fluxo sanguíneo renal (para os quais não há menção nos guias considerados), cintilografia óssea e PET oncológico, todos os outros exames possuem valores de DRL maiores que o valor máximo de atividade sugerida nos guias considerados.

**Figura 1:** Comparação entre Valores de DRL do HCPA e atividades sugeridas em Guias e/ou Protocolos Internacionais

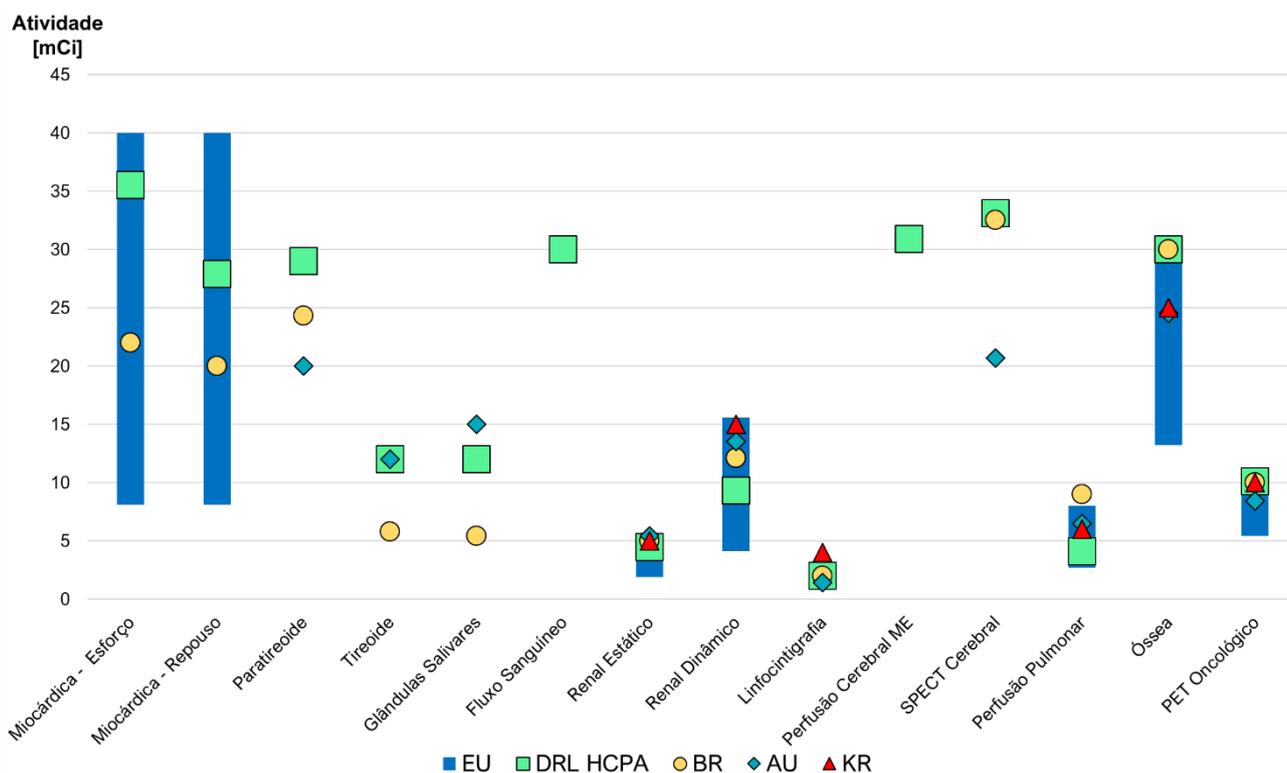


Na figura os valores de DRL do HCPA (quadrados verdes) são comparados a valores (ou faixa) de atividade propostos por diferentes instituições. Os valores para o exame de PET Oncológico, em atividade específica, se encontram representados no eixo secundário. Na legenda: EANM = *European Association of Nuclear Medicine*, IAEA = *International Atomic Energy Agency* e SNMMI = *Society of Nuclear Medicine and Molecular Imaging*.

Na Figura 2 os DRLs obtidos no HCPA estão apresentados junto a valores estabelecidos em diferentes países, incluindo um trabalho com sugestão para DRLs nacionais [6]. Nota-se que os valores de DRL obtidos no HCPA se encontram dentro das faixas apresentadas para os países europeus e, em sua maioria, acima daqueles sugeridos no levantamento nacional [6]. Tal proximidade com os valores praticados por diferentes instituições europeias [12] e o distanciamento daqueles sugeridos nos guias considerados [9-11], mostrado na Figura 1, evidencia uma disparidade entre a teoria e a prática: as atividades administradas nos serviços de medicina nuclear de alguns

países europeus [12] não estão de acordo com os guias considerados. Isso sugere que estes guias possam estar subestimando as atividades necessárias e, portanto, precisam ser revistos.

**Figura2:** Comparação entre Valores de DRL.



Na figura os valores de DRL do HCPA são comparados a valores (ou faixa de valores) de DRL publicados ou propostos por outros países e estudos. O estudo [12] é um levantamento abrangendo vários países europeus. Deste modo, preferiu-se apresentar faixas de valores DRL ao invés de valor único.

Na legenda: BR = Brasil, AU = Austrália, EU = União Europeia e KR = Coreia do Sul.

Uma característica fundamental dos valores de DRL é que eles são, por definição, indicadores do cenário de prática de onde foram definidos (instituições, cidades, estados, países ou regiões) e a sua comparação deve ser feita com critério. É necessário considerar a realidade técnica e socioeconômica nas quais as instituições estão inseridas, uma vez que a tecnologia disponível para aquisição dos exames afeta diretamente a quantidade de atividade necessária para se atingir uma qualidade de imagem adequada [13]. Outro aspecto que pode influenciar na qualidade da imagem e, conseqüentemente, quantidade de atividade utilizada, é a *performance* da instrumentação utilizada, que deve ser avaliada através de um programa de garantia de qualidade (GQ). De acordo com

Vassileva e Rehani (2015), o estabelecimento de um programa de GQ é o primeiro passo para a otimização da exposição de trabalhadores e pacientes [14], dado que equipamentos bem calibrados e com bom desempenho entregarão a melhor relação entre a atividade administrada e a qualidade de imagem.

Deve-se frisar ainda que os Valores de DLR não são e nem devem ser vistos como limites para procedimentos únicos, já que cada paciente terá suas particularidades e necessidades individuais. Deve-se evitar, também, considerar os Valores de DRL como um limiar entre boas e más práticas uma vez que mesmo protocolos conduzidos abaixo desses parâmetros podem carecer de otimização e melhorias.

#### **4. CONCLUSÕES**

Este estudo deu início a um importante processo de otimização e, conseqüentemente, melhoria no atendimento prestado aos usuários do SMN do HCPA. Foram definidos aqui os DRLs para 14 exames executados no serviço. Destes, oito apresentaram valores mais altos que a atividade máxima sugerida em guias e protocolos internacionais. Este resultado é indicativo de que os protocolos seguidos no SMN precisam ser reavaliados, buscando neles oportunidades de aprimoramento. Uma vez identificada essa oportunidade, o próximo passo rumo a esse objetivo é a avaliação da qualidade diagnóstica das imagens, sendo este parâmetro o fator limitante para diminuição da atividade usada.

Os valores de DRL são indicadores de tendência e servem para avaliações do desenvolvimento temporal das práticas conduzidas, sendo o Processo de DRL dinâmico, por definição. Assim, dada a relativa simplicidade de obtenção e cálculo desses valores, fica sugerida a sua reavaliação anual ou sempre que houver mudanças na rotina ou tecnologia envolvida nos processos.

Neste trabalho fica evidente, também, a importância de se ter parâmetros regionais e nacionais de DRL, publicados por instituições ou associações de referência, para que possam ser tomados como parâmetros mais representativos da realidade que estamos inseridos.

## REFERÊNCIAS

- [1] ZIESSMAN, H.; O'MALLEY, J.; THRALL, J. **Medicina Nuclear**. 2ª. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A., 2003.
- [2] BUCHSPIGUEL, C. A. et al. **Medicina Nuclear: princípios e aplicações**. São Paulo: Editora Atheneu, 2012.
- [3] CNEN - COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. **Norma CNEN NN 3.01 Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica**. [S.l.]. 2014. Disponível em: <http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm301.pdf>.
- [4] ICRP - INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. **Radiological Protection and Safety in Medicine**. [S.l.]. 1996.
- [5] ICRP - INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. **Diagnostic Reference Levels in medical imaging**. [S.l.]. 2017.
- [6] WILLEGAIGNON, J. et al. Atividades de radioisótopos administradas em medicina nuclear e proposta de nível de referência em diagnóstico (DRL) para pacientes adultos e pediátricos no Brasil. **Alasbimm Journal**, Sept. 2015.
- [7] DE SOUZA RIBEIRO, J. C. **Avaliação de dose e estabelecimento de níveis de referência em atividade para a medicina nuclear**. Rio de Janeiro. 2017.
- [8] OLIVEIRA, C. M. et al. Sugestão de nível de referência em diagnóstico nacional para 18F-FDG/PET em procedimentos oncológicos adultos no Brasil. **Radiol Bras**, São Paulo, v. 46, n. 5, p. 284-289, Setembro/Outubro 2013.
- [9] EUROPEAN ASSOCIATION OF NUCLEAR MEDICINE. **Guidelines**. Disponível em: <https://www.eanm.org/publications/guidelines/>. Acesso em: 10 Novembro 2019.
- [10] IAEA - INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Nuclear medicine resources manual**. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2006.
- [11] IMAGING, S. O. N. M. & M. **Procedure Standards**. Disponível em: <http://www.snm-ims.org/ClinicalPractice/content.aspx?ItemNumber=6414>. Acesso em: 11 Novembro 2019.
- [12] EUROPEAN COMMISSION. **Diagnostic Reference Levels in Thirty-six European Countries**. Luxemburgo: Publications Office of the European Union, v. 2, 2014.
- [13] LIU, C.-J. et al. A performance comparison of novel cadmium–zinc–telluride camera and conventional SPECT/CT using anthropomorphic torso phantom and water bags to simulate soft tissue and breast attenuation. **Ann Nucl Med**, v. 29, n. 4, p. 342-350, January 2015. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs12149-015-0952-z#citeas>.
- [14] VASSILEVA J, R. M. Diagnostic Reference Levels. **American Journal of Roentgenology**, v. 204, p. W1-W3, 2015.
- [15] AUSTRALIAN RADIATION PROTECTION AND NUCLEAR SAFETY AGENCY. Current Australian diagnostic reference levels for nuclear medicine. **Site da ARPANSA**, Abril 2017. Disponível em: <https://www.arpansa.gov.au/research-and-expertise/surveys/national-diagnostic-reference-level-service/current-australian-drls-update/nm>. Acesso em: 01

Novembro 2019.

- [16] CHERRY, S.; SORENSON, J.; PHELPS, M. **Physics in Nuclear Medicine**. 4<sup>a</sup>. ed. Philadelphia, PA: Saunders, 2012.
- [17] VASSILEVA, J.; REHANI, M. M. Diagnostic Reference Levels. **American Journal of Roentgenology**, v. 204, p. W1-W3, 2015.
- [18] H.C., S.; M., N.; AL., K. J. E. Diagnostic Reference Levels for Adult Nuclear Medicine Imaging Established from the National Survey in Korea. **Nucl Med Mol Imaging**, v. 53, n. 1, p. 64-70, February 2019.
- [19] S. COOK, T.; NAGY, P. Business Intelligence for the Radiologist: Making Your Data Work for You. **Journal of the American College of Radiology**, v. 11, n. 12, p. 1238-1240, Dezembro 2014.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÃO

Este trabalho deu início a um importante processo de otimização e melhoria na qualidade do atendimento prestado pelo Serviço de Medicina Nuclear do HCPA aos seus pacientes. Por meio do banco de dados do Q-Doc RIS e, através de uma plataforma de BI (*Bussiness Intelligence*), foram buscadas informações sobre exames realizados pelo SMN no período e com as características desejadas (tipo de exame, faixa etária dos pacientes, etc). Assim, foi possível definir quais procedimentos atendiam aos critérios de inclusão e obter para eles os dados necessários para a definição de seus respectivos DRLs. Infelizmente, até a conclusão deste trabalho, nem todos os procedimentos realizados pelo SMN do HCPA possuíam quantidade de dados suficientes no sistema para que pudessem ser incluídos no estudo (amostra maior ou igual a 20 para cada faixa de peso), a fim de se obter uma estatística representativa para eles, a saber: pacientes pediátricos e procedimentos realizados com radionuclídeos diferentes de Tc-99m.

No total, 14 tipos de exames foram selecionados e, dentre eles, oito apresentaram valores de DRL maiores do que a atividade máxima sugerida nos guias e protocolos internacionais consultados. Mesmo que o Processo de DRL consista na avaliação da tendência, ao longo do tempo, dos Valores de DRL, o resultado obtido, ainda que pontual, já é um importante indicador de que alguns protocolos precisam ser revistos, buscando neles oportunidade de aprimoramento.

Este estudo, apesar de aplicado a um serviço em particular, com suas características e contextos próprios, permitiu exercitar um dos papéis mais importantes de um físico dentro de um serviço de saúde: o de agente de proteção radiológica, responsável pela segurança de pacientes e de seus companheiros trabalhadores. Foi possível justificar, também, a importância da residência e da presença do residente nestes ambientes, que fornece um olhar não viciado sobre os processos e práticas conduzidas, suscitando o debate entre profissionais já estabilizados e aqueles em formação.

## REFERÊNCIAS

- [1] THRALL, J. H.; ZIESSMAN, H. A. **Medicina Nuclear**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A., 2003.
- [2] CHERRY, S. R.; SORENSON, J. A.; PHELPS, M. E. **Physics in Nuclear Medicine**. 4. ed. Philadelphia, PA: Saunders, 2012.
- [3] BECQUEREL, A. H., CURIE, P. **Action physiologique des rayons de radium**. *Compt Rend Acad Sci (Fr)*, 132 (1901), p. 1289-1291.
- [4] KEEVIL, S. **Physics and medicine: a historical perspective**. *The Lancet*, v.379, p.1517-1524, 2012.
- [5] CLARK, R.H., VALENTIN, J. **The history of ICRP and the evolution of its policies**. ICRP Publication 109. *Ann. ICRP* 39(1), p.75–110, 2009.
- [6] CNEN, Comissão Nacional de Energia Nuclear. **Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica**. CNEN-NN-3.01. Brasil: 2014.
- [7] ICRP, 2017. **Diagnostic reference levels in medical imaging**. ICRP Publication 135. *Ann. ICRP* 46(1).
- [8] TERINI, R. A., MACHADO, A. C. M. **Uma introdução à física médica: da antiguidade aos tempos atuais**. 1 ed. São Paulo: Livraria da Física, 2017.
- [9] OKUNO, E.; YOSHIMURA, E. **Física das Radiações**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.
- [10] EARLY, P. J.; SODEE, D. B. **Principles and Practice of Nuclear Medicine**. 2. ed. Mosby: St. Louis, Missouri, 1995.
- [11] TAUHATA, L. et al. **Radioproteção e Dosimetria: Fundamentos**. 10. ed. Rio de Janeiro: IRD/CNEN.
- [12] **Annals of the ICRP: Publication 103: the 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection**. Tradução. [S.l.]: Published for the International Commission on Radiological Protection by Elsevier, 2007.
- [13] HENDEE, W. R.; O'CONNOR, M. K. Radiation risks of Medical Imaging: Separating Fact from Fantasy. **Radiology**, v.264, n.2, 2012.
- [14] TRAN, L.; SEERAN, E. Current Perspectives on the Use of the Linear Non-Threshold (LNT) Model in Radiation Protection. **Int J Radiol Med Imag**, v.3: n.123, 2017.

[15] XAVIER, A. et al. **Princípios Básicos de Segurança e Proteção Radiológica**. 4. ed. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Comissão Nacional de Energia Nuclear. Porto Alegre, 2014.

[16] ANDERSON, M. et al. Effective dose to adult patients from 338 radiopharmaceuticals estimated using ICRP biokinetic data, ICRP/ICRU computational reference phantoms and ICRP 2007 tissue weighting factors. **EJNMMI Physics**, v. 1, p.1-13, 2014.

## ANEXO A: CÓPIA DO PARECER DO CEP

UFRGS - HOSPITAL DE  
CLÍNICAS DE PORTO ALEGRE  
DA UNIVERSIDADE FEDERAL



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** Definição de Níveis de Referência em Diagnóstico (DRLs) no Serviço de Medicina Nuclear do HCPA

**Pesquisador:** ANDREIA CAROLINE FISCHER DA SILVEIRA FISCHER

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 05994818.3.0000.5327

**Instituição Proponente:** Hospital de Clínicas de Porto Alegre

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 3.203.127

#### Apresentação do Projeto:

Os níveis de referência em diagnóstico são parâmetros associados a atividade dos radiofármacos utilizados em medicina nuclear. A atividade do radiofármaco está diretamente relacionada a sua capacidade radioativa, meia vida etc. Os valores de níveis de referência são sugeridos e baseados na atividade administrada do radiofármaco necessária para a obtenção de uma boa qualidade de imagem para um determinado procedimento. Esses valores variam de acordo com o radiofármaco, tipo de procedimento e equipamento utilizado, dessa forma faz-se importante a determinação dos valores localmente em cada serviço de medicina nuclear.

Nesse projeto os autores pretendem definir os níveis de referência em diagnóstico para os principais exames cintilográficos realizados no serviço de Medicina Nuclear do HCPA. Para isso serão acessados dados secundários de prontuários e procedimentos realizados no ano de 2018. Os dados coletados serão sobre o tipo de exame realizado, dose/atividade do radiofármaco aplicado, peso, sexo e idade do paciente.

#### Objetivo da Pesquisa:

##### OBJETIVO GERAL

Definir os valores de DRLs para os exames cintilográficos realizados com maior frequência no Serviço de Medicina Nuclear do HCPA.

##### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

**Endereço:** Rua Ramiro Barcelos 2.350 sala 2229  
**Bairro:** Santa Cecília **CEP:** 90.035-903  
**UF:** RS **Município:** PORTO ALEGRE  
**Telefone:** (51)3359-7640 **Fax:** (51)3359-7640 **E-mail:** cep@hcpa.edu.br

UFRGS - HOSPITAL DE  
CLÍNICAS DE PORTO ALEGRE  
DA UNIVERSIDADE FEDERAL



Continuação do Parecer: 3.203.127

Identificar os exames executados com maior frequência no SMN;

Verificar os valores de atividade injetada nos pacientes submetidos aos exames identificados como os mais realizados e segregá-los de acordo com o tipo de exame, radiofármaco utilizado e faixa etária do paciente, se aplicável;

Calcular, quando possível, a atividade específica média administrada por tipo de exame, radiofármaco utilizado e faixa etária do paciente, se aplicável;

Estabelecer os DRLs para os exames mais frequentes do SMN e radiofármacos utilizados;

Por meio dos DRLs estabelecidos, avaliar os protocolos e procedimentos realizados pelo SMN do HCPA, por meio da comparação dos valores de DRLs obtidos para o SMN do HCPA com os valores de atividades máximas recomendadas por guidelines e órgãos nacionais e internacionais.

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

Riscos

O estudo não apresenta riscos aos pacientes e à comunidade pois trata-se de uma análise retrospectiva de dados referentes a exames realizados. Nenhum paciente será submetido à novo exame para fins de pesquisa ou aquisição de novos dados.

Benefícios Os benefícios esperados estão no âmbito da melhora da qualidade dos procedimentos realizados, uma vez que o estudo busca avaliar a eficiência dos protocolos utilizados.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Trata-se de projeto de conclusão da residência que pretende definir os níveis de referência em diagnóstico DRLs para os exames mais frequentemente realizados no Serviço de Medicina Nuclear (SMN) do Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA). O estudo utilizará dados secundários, previamente coletados através de um sistema de Business Intelligence (BI), IMPAX BI (Agfa, Bélgica), utilizado no HCPA. Os DRLs serão definidos como o terceiro quartil da distribuição da amostra das atividades administradas aos pacientes, segregadas por tipo de exame.

6066 é o número total aproximado de exames realizados no ano de 2018 pelo SMN, dentre os quais serão selecionados aqueles que atendam aos critérios de inclusão.

Os dados de interesse para a condução do estudo já se encontram tabelados no sistema BI, restando aos pesquisadores apenas o seu tratamento e análise.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Pede dispensa de TCLE, pois utilizará apenas dados secundários como dose dos radiofármacos, idade e peso. Apresenta TCUD.

**Endereço:** Rua Ramiro Barcelos 2.350 sala 2229  
**Bairro:** Santa Cecília **CEP:** 90.035-903  
**UF:** RS **Município:** PORTO ALEGRE  
**Telefone:** (51)3359-7640 **Fax:** (51)3359-7640 **E-mail:** cep@hcpa.edu.br

**UFRGS - HOSPITAL DE  
CLÍNICAS DE PORTO ALEGRE  
DA UNIVERSIDADE FEDERAL**



Continuação do Parecer: 3.203.127

**Recomendações:**

Nada a recomendar.

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

As pendências emitidas para o projeto no parecer 3.136.768 foram adequadamente respondidas pelos pesquisadores, conforme carta de respostas adicionada em 01/03/2019. Não apresenta novas pendências.

**Considerações Finais a critério do CEP:**

Lembramos que a presente aprovação (Projeto versão de 01/03/2019 e demais documentos que atendem às solicitações do CEP) refere-se apenas aos aspectos éticos e metodológicos do projeto.

Os pesquisadores devem atentar ao cumprimento dos seguintes itens:

- a) Este projeto está aprovado para inclusão de 6066 participantes no Centro HCPA, de acordo com as informações do projeto ou do Plano de Recrutamento apresentado. Qualquer alteração deste número deverá ser comunicada ao CEP e ao Serviço de Gestão em Pesquisa para autorizações e atualizações cabíveis.
- b) O projeto deverá ser cadastrado no sistema AGHUse Pesquisa para fins de avaliação logística e financeira e somente poderá ser iniciado após aprovação final do Grupo de Pesquisa e Pós-Graduação.
- c) Qualquer alteração nestes documentos deverá ser encaminhada para avaliação do CEP.
- d) Deverão ser encaminhados ao CEP relatórios semestrais e um relatório final do projeto.
- e) A comunicação de eventos adversos classificados como sérios e inesperados, ocorridos com pacientes incluídos no centro HCPA, assim como os desvios de protocolo quando envolver diretamente estes pacientes, deverá ser realizada através do Sistema GEO (Gestão Estratégica Operacional) disponível na intranet do HCPA.

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1281778.pdf	01/03/2019 17:41:42		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_TCR_RespPareceresCEP.pdf	01/03/2019 17:41:09	ANDREIA CAROLINE FISCHER DA	Aceito
Outros	Respostas_Pareceres_CEP.docx	01/03/2019	ANDREIA	Aceito

**Endereço:** Rua Ramiro Barcelos 2.350 sala 2229

**Bairro:** Santa Cecília

**CEP:** 90.035-903

**UF:** RS

**Município:** PORTO ALEGRE

**Telefone:** (51)3359-7640

**Fax:** (51)3359-7640

**E-mail:** cep@hcpa.edu.br

UFRGS - HOSPITAL DE  
CLÍNICAS DE PORTO ALEGRE  
DA UNIVERSIDADE FEDERAL



Continuação do Parecer: 3.203.127

Outros	Respostas_Pareceres_CEP.docx	17:39:53	FISCHER DA SILVEIRA FISCHER	Aceito
Outros	SUBMISSAO.pdf	17/01/2019 08:27:00	ANDREIA CAROLINE FISCHER DA	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Termo_utilizacao_dados.pdf	17/01/2019 08:20:17	ANDREIA CAROLINE FISCHER DA	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Delegacao_funcoes.pdf	17/01/2019 08:20:01	ANDREIA CAROLINE FISCHER DA	Aceito
Folha de Rosto	dOLHArOSTO.pdf	31/12/2018 13:58:33	ANDREIA CAROLINE FISCHER DA	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

PORTO ALEGRE, 16 de Março de 2019

---

**Assinado por:**  
**José Roberto Goldim**  
**(Coordenador(a))**

**Endereço:** Rua Ramiro Barcelos 2.350 sala 2229

**Bairro:** Santa Cecília

**CEP:** 90.035-903

**UF:** RS

**Município:** PORTO ALEGRE

**Telefone:** (51)3359-7640

**Fax:** (51)3359-7640

**E-mail:** cep@hcpa.edu.br

## ANEXO B: NORMAS PARA SUBMISSÃO DE ARTIGOS À REVISTA *BRAZILIAN JOURNAL OF RADIATION SCIENCES*



**BJRS**  
Brazilian Journal of Radiation Sciences

---

CAPA   SOBRE   ACESSO   CADASTRO   PESQUISA   ATUAL   ANTERIORES

---

Capa > Sobre a revista > **Submissões**

### Submissões

---

- [Submissões Online](#)
- [Diretrizes para Autores](#)
- [Declaração de Direito Autoral](#)
- [Política de Privacidade](#)

### Submissões Online

Já possui um login/senha de acesso à revista Brazilian Journal of Radiation Sciences?  
[ACESSO](#)

Não tem login/senha?  
[ACESSE A PÁGINA DE CADASTRO](#)

O cadastro no sistema e posterior acesso, por meio de login e senha, são obrigatórios para a submissão de trabalhos, bem como para acompanhar o processo editorial em curso.

---

### Diretrizes para Autores

Os artigos devem ser preparados de acordo com o modelo que consta no artigo-exemplo: ([CLIQUE AQUI](#))

No ato de envio do artigo o autor deve:

1. Radiação-Natural, NORM e TENORM - (Natural radiation, NORM and TENORM);
2. Efeitos biológicos da radiação ionizante - (Biological and health effects of ionising radiation);
3. Educação, formação e treinamento em Radioproteção- (Education and training in RP);
4. Tecnologias e desenvolvimentos em radioproteção - (Technology and developments in RP);
5. Direito, recomendações e regulamentos nucleares internacionais - (Nuclear Law, international recommendations and regulations);
6. Proteção Radiológica dos pacientes, trabalhadores, membros do público e do meio ambiente (Radiation protection of patients, workers, members of the public and the environment);
  - a. Proteção Radiológica de Pacientes (Radiation Protection of Patients);
  - b. Proteção Radiológica dos trabalhadores individuais do público na Medicina (Radiation protection of workers and members of the public: Medicine);
  - c. Proteção Radiológica na Pesquisa e Indústria (Radiation protection: Industry and Research);
  - d. Proteção Radiológica no Meio Ambiente (Protection of the Environment);
7. Cultura de segurança e percepção de risco (Safety Culture and Risk Perception);
8. Comunicação com a sociedade, compromisso e envolvimento das partes interessadas (Communication with society, Stakeholder engagement and involvement);
9. Transporte de material radioativo (Transport of radioactive material);
10. Emergências Radiológicas e Nucleares (Emergency preparedness and response);
11. Segurança Nuclear (Nuclear safety);
12. Gestão de rejeitos radioativos e descontaminação (Radioactive waste management and decommissioning);
13. Uso de fontes radioativas e metodologias para seu controle (Use of radioactive sources. Methodologies for their control);
14. Novos desafios na Radioproteção (New challenges in RP);
15. Instrumentação e Dosimetria Nuclear (Measurements and dosimetry);
16. Radiações Não-Ionizantes (Non-Ionising Radiation);
17. Garantias e segurança de material radioativo (Safeguards and Security of radioactive material).

Indicar 3 possíveis nomes de avaliadores (nome completo, email e instituição em que trabalha) do trabalho.

---

### Condições para submissão

Como parte do processo de submissão, os autores são obrigados a verificar a conformidade da submissão em relação a todos os itens listados a seguir. As submissões que não estiverem de acordo com as normas serão devolvidas aos autores.

1. A contribuição é original e inédita, e não está sendo avaliada para publicação por outra revista; caso contrário, deve-se justificar em "Comentários ao editor".
2. O arquivo da submissão está em formato Microsoft Word, OpenOffice ou RTF.
3. URLs para as referências foram informadas quando possível.
4. Os artigos estão preparados de acordo com o modelo que consta no artigo-exemplo:  
[CLIQUE AQUI](#)
5. O texto segue os padrões de estilo e requisitos bibliográficos descritos em [Diretrizes para Autores](#), na página Sobre a Revista.
6. Em caso de submissão a uma seção com avaliação pelos pares (ex.: artigos), as instruções disponíveis em [Assegurando a avaliação pelos pares cega](#) foram seguidas.

---

### Declaração de Direito Autoral

Declaro que o presente artigo é original, não tendo sido submetido à publicação em qualquer outro periódico nacional ou internacional, quer seja em parte ou em sua totalidade. Declaro, ainda, que uma vez publicado na revista Brazilian Journal of Radiation Sciences, editada pela Sociedade Brasileira de Proteção Radiológica, o mesmo jamais será submetido por mim ou por qualquer um dos demais co-autores a qualquer outro periódico. Através deste instrumento, em meu nome e em nome dos demais co-autores, porventura existentes, cedo os direitos autorais do referido artigo à Sociedade Brasileira de Proteção Radiológica, que está autorizada a publicá-lo em meio impresso, digital, ou outro existente, sem retribuição financeira para os autores. Em virtude de aparecerem nesta revista de acesso público, os artigos são de uso gratuito, com atribuições próprias, em aplicações educacionais e não-comerciais.

---

### Política de Privacidade

Os nomes e endereços informados nesta revista serão usados exclusivamente para os serviços prestados por esta publicação, não sendo disponibilizados para outras finalidades ou a terceiros.

---

ISSN: 2319-0612

**ANEXO C: ARTIGO EXEMPLO PARA SUBMISSÃO DE ARTIGOS À REVISTA  
BRAZILIAN JOURNAL OF RADIATION SCIENCES**



BRAZILIAN JOURNAL  
OF  
RADIATION SCIENCES  
XX (XXXX) XX-XX



**O título deve ser conciso e informativo, com um máximo  
de 3 linhas; apenas a primeira letra maiúscula; use  
Times New Roman, negrito, 20 pt, espaçamento 1.5,  
centralizado**

Sobrenome<sup>a</sup> X. Y., Sobrenome<sup>a</sup> X. Y., Sobrenome<sup>a</sup> X. Y

*<sup>1</sup>Instituição, Código Postal, Endereço completo*

*e-mail do [author@xxxx.xxx](mailto:author@xxxx.xxx)*

**RESUMO**

Digite aqui o texto do Resumo em Português, limitado a 250 palavras em um parágrafo único e justificado. Utilize fonte Times New Roman, 10 pt, negrito, com espaçamento 1.5. Devem ser listadas de três a cinco palavras-chave, selecionadas de acordo com as recomendações DeCS, separadas por vírgula. Os artigos submetidos em Português devem incluir um Abstract em Inglês.

*Palavras-chave: Palavra-chave 1, Palavra-chave 2, Palavra-chave 3.*

**ABSTRACT**

Type here the text of the Abstract in English. Abstracts should be limited to 250 words in a one-paragraph and justified. Use Times New Roman, 10 pt, Bold, 1.5-line spacing. A list of three to five keywords, selected according to DeCS recommendations and separated by commas should be provided.

*Keywords: keyword 1, keyword 2, keyword 3.*

## 1. INTRODUÇÃO

A Introdução deve explicar claramente o contexto do artigo. Nesta sessão devem ser apresentados os objetivos e a hipótese a ser discutida.

A primeira linha de cada parágrafo deve ser recuada a 0,63 cm em relação à margem esquerda, como mostrado neste Modelo.

Deixe uma linha em branco antes e após cada nível de título de sessão. O primeiro nível de título deve utilizar fonte Times New Roman, 14 pt, negrito, maiúscula e ser numerado com algarismos arábicos.

O manuscrito deve ser formatado em papel A4 (212 x 297 mm), com margens de 2 cm (esquerda e direita) e 4 cm (superior e inferior), espaçamento 1,5 e letra Times New Roman 12 pt ao longo de todo o texto. Todos os parágrafos devem ser justificados. O texto não deve ser hifenizado.

Os autores devem revisar e aprovar a versão final do artigo e assumir responsabilidade coletiva pelo material e informações publicadas. O arquivo final deve ser inferior a 8 MB. E recomenda-se que o artigo tenha um total de 4 a 18 páginas

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta sessão devem ser descritos os materiais utilizados, os dados experimentais e protocolos aplicados, em nível de detalhe suficiente para permitir que outros pesquisadores reproduzam o experimento. O Sistema Internacional (SI) deve ser utilizado para unidades e símbolos. Abreviações e acrônimos devem ser definidos na primeira ocorrência no texto, mesmo se já tiverem sido empregadas no Resumo do artigo.

### 2.1. Subtítulo

Deixe uma linha em branco antes do subtítulo da sessão. Utilize espaçamento de 3 pt após o subtítulo. O subtítulo deve utilizar letra Times New Roman, 12 pt, negrito, apenas com a primeira

letra em maiúsculo e ser numerado com algarismos arábicos. Recomenda-se evitar mais de um nível de subtítulo.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Fica a critério do autor a decisão de combinar os Resultados e Discussões em uma única sessão ou separá-los em duas sessões independentes, conforme as características do artigo.

As Figuras devem ser centralizadas na página, como título acima, em Times New Roman 12 pt, itálico e espaçamento simples, conforme exemplo da Figura 1. Informe a origem da imagem abaixo da mesma sempre que utilizar material de outras fontes. As imagens devem ser inseridas como arquivo jpeg ou png, com qualidade suficiente para ser visualizada em monitores comuns. Entretanto tenha em mente que quanto maior a resolução da imagem, maior será o tamanho do arquivo final.



**Figura 1:** *Sociedade Brasileira de Proteção Radiológica.*  
Fonte: Página Web da SBPR.

As tabelas devem ser formatadas, preferencialmente, de acordo com o exemplo da Tabela 1, utilizando letra Times New Roman, 12 pt e espaçamento simples, em seu corpo e títulos. As informações das colunas devem ser centralizadas. Os títulos das colunas devem ser centralizados e em

negrito. Os títulos das linhas podem ser centralizados ou alinhados à esquerda. O uso do negrito nos títulos das linhas é opcional. Não devem ser usadas linhas verticais.

**Tabela 1:** Exemplo de formato de tabela.

	Título da Coluna		
Título da Coluna	Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3
Linha 1	XXX	XXX	XXX
Linha 2	XXX	XXX	XXX
Linha 3	XXX	XXX	XXX
Linha 4	XXX	XXX	XXX

Todas as tabelas e figuras devem ser referenciadas no corpo do texto em uma posição anterior às mesmas. O título deve refletir seu conteúdo de forma clara e concisa. Recomenda-se evitar a inclusão de tabelas com número reduzido de informações, que podem ser facilmente apresentadas na forma de texto simples.

As equações devem ser centralizadas na linha e numeradas sequencialmente de acordo com o exemplo a seguir:

$$Y = ax + b \quad (1)$$

#### 4. CONCLUSÕES

Nesta sessão o autor deve destacar as principais contribuições do trabalho ao estado-da-arte, associando claramente os objetivos e as conclusões. As conclusões podem também conter um resumo das implicações e desdobramentos do trabalho assim como sugestões de futuras pesquisas e recomendações de melhorias em um tema específico.

## AGRADECIMENTOS

Esta sessão é opcional e não deve ser numerada, sendo posicionada antes da sessão de Referências. Podem ser incluídos nomes de indivíduos e instituições que tenham contribuído tecnicamente para a realização do trabalho. No caso de apoio financeiro de empresas e órgãos de fomento públicos ou privados, a BJRS/SBPR recomenda fortemente que seja informado o código do contrato ou número do projeto. Não serão aceitas referências de ordem pessoal a familiares dos autores e a entidades políticas e religiosas.

## REFERÊNCIAS

Esta sessão não é numerada. As referências devem ser mencionadas sequencialmente ao longo do texto em algarismos arábicos entre colchetes, e.g., "Dosage determinations using radioactive isotopes have been previously described [1]..." Caso mais de uma referência seja citada, elas devem ser separadas por vírgulas. Por exemplo, "(...) são alguns exemplos de grandezas radiológicas [2,4]". No caso de uma sequência de referências, o intervalo pode ser utilizado: "de acordo com as referências apresentadas [1-6]". O termo "et al." pode ser utilizado ao citar uma referência no texto que tenha mais de três autores. Por exemplo, "(...) de acordo com Souza et al. [1] alterações cromossômicas são esperadas (...)".

A lista de referências deve ser numerada consecutivamente e na mesma ordem na qual são mencionadas pela primeira vez no texto do artigo. Por favor, siga o formato sugerido neste modelo, para cada tipo de referência, conforme apresentado a seguir.

[1] MARINELLI, L.; QUIMBY, E.; HINE, G. Dosage determination with radioactive isotopes II, practical considerations in therapy and protection. *Am J Roent Radium Ther*, v. 59, p. 260-280, 1948.

[2] CEMBER, H. **Introduction to health physics**, 3<sup>rd</sup> ed. New York: McGraw-Hill, 1996.

- [3] BUSHONG, S. C. Health physics. In: BUSHONG, S. C. **Radiologic science for technologists: physics, biology and protection**, 6<sup>th</sup> ed., St.Louis: Mosby, 1997. p. 430-493.
- [4] ICRU - International Commission on Radiation Units and Measurements. **Fundamental quantities and units for ionizing radiation. ICRU Report 60**, Bethesda: ICRU, 1998. 24p.
- [5] RASBAND, W. S. **ImageJ**, U. S. National Institutes of Health. Bethesda, Maryland, USA. 2011. Available at: <<http://imagej.nih.gov/ij/>>. Last accessed: 10 Sept. 2012.
- [6] SOUZA P. L. G.; BRANDÃO J. O.; CALIXTO M. S.; MENDES M. E.; SANTOS J. Â. DE L.; SANTOS N.; VILELA E. C.; LIMA F. F. Rate verification of chromosome alterations in human blood irradiated by neutron-gamma mixed field, In: **INTERNATIONAL NUCLEAR ATLANTIC CONFERENCE**, 2011, Belo Horizonte. Annals... Belo Horizonte: Comissão Nacional de Energia Nuclear, 2011. p. 24-32.