

Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v9,
2022/09

ISSN 2178-6925

**FUNDAÇÃO PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS
FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS DE TEÓFILO OTONI CURSO:
ENGENHARIA CIVIL**

**A FUNÇÃO DA ENGENHARIA CIVIL NA SEGURANÇA E NA PROTEÇÃO EM
SERVIÇOS DE RADIOTERAPIA E RADIODIAGNÓSTICO.**

WERTON AVELINO DA SILVA SOARES

Aceite 03/10/2022 Publicação 12/10/2022

**TEÓFILO OTONI
2019**

RESUMO

Devido à importância das diversas fontes de radiações ionizantes em física médica e sua crescente utilização em medicina, medicina veterinária e odontologia, faz-se necessário a obtenção de conhecimento, por parte dos responsáveis, em relação a elaboração de projeto e execução de edificações onde haverá implantação de serviços de radioterapia ou de radiodiagnóstico como os raios x, mastografia, fluoroscopia, radioterapia, radiografia periapical, braquiterapia, ressonância magnética e diversos outros, assim como conhecimentos para a utilização correta do espaço pelo contratante e seus profissionais. A gestão de qualidade é um ponto em comum desde o projeto e execução até a utilização das salas pelos profissionais devidamente regulamentados, deve ter-se como diretriz principal a garantia da proteção radiológica, a objetivar-se a proteção do paciente em relação a excessivas doses de radiação em que possa vir a se expor, assim como a proteção tanto dos profissionais da área da radiologia médica quanto os que trabalham nas regiões circunvizinhas, que ficarão durante anos de sua vida sujeitos a essa fonte de radiação que pode causar gravíssimos problemas. Esse trabalho tem como objetivo demonstrar a inabitual utilização desses conhecimentos por parte dos responsáveis pelo projeto e execução desse tipo de edificação bem como a orientação dos mesmos em relação ao assunto.

Palavras chave: Proteção radiológica. Radioproteção. Radioterapia. Proteção do paciente. Física médica.

ABSTRACT

Due to the importance of several ionizing radiation sources in medical physics and its increasing utilization in medicine, veterinary medicine and odontology, it's needed for those in charge to obtain knowledge regarding project planning and execution of buildings where x-rays based radiotherapy and radio diagnostics, masthography, fluoroscopy, radiotherapy, periapical radiography, brachithery, magnetic resonance and several others will be implemented, just as the knowledge for correct space usage by the contractor and their professionals. Quality management is a common point stemming from project execution to room utilization by adequately regularized professionals, radiologic protection must be held as the main guideline, with the goal of patient protection against excessive radiation doses to which they could be exposed, just as the protection of both medical radiology professionals and those who work at the surroundings, which will be exposed during several years of their lives to this radiation source that could cause severe problems. This work has as goal to demonstrate the unusual application for these knowledges by those in charge of project and execution of such building type, as well as advising of such regarding the subject.

Keywords: Radiologic protection. Radio protection. Radiotherapy. Medical physics. Patient protection.

1. INTRODUÇÃO

Segundo AQUINO (2009, p.1) o primeiro Prêmio Nobel de Física (1901) foi concedido ao físico Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923), pela extraordinária descoberta de uma forma de radiação eletromagnética por ele denominada raios x. Esta, se deu por meio de um estudo sobre raios catódicos, que são basicamente feixes de elétrons em um tubo de vidro a vácuo que possuía catodo e anodo. Com a excitação desses elétrons por uma corrente elétrica, Röntgen percebeu que os mesmos se aceleravam e saíam do catodo para o anodo, e com a desaceleração de parte desses elétrons, ele observou que havia liberação de uma luz incandescente capaz de atravessar a matéria, até mesmo o corpo humano. Röntgen também foi responsável pela primeira radiografia em filme fotográfico (1895), o mesmo pediu que sua esposa posicionasse a mão entre uma placa com um filme fotográfico e o dispositivo emissor criado por ele, expondo e marcando a silhueta dos ossos no filme.

Quando foram descobertas as radiações ionizantes, foi observado que estas poderiam causar efeitos nocivos a sistemas biológicos, desde então, a proteção quanto a exposição excessiva a essa radiação é uma preocupação recorrente. Essa preocupação tem aumentado interesse de diversos estudiosos e é de grande relevância na área da radioproteção e radioterapia, e a necessidade dela ainda é mais importante e criteriosa, quando se trata da necessidade de utilização de uma energia mais elevada em relação utilização dos raios x utilizados para exames de imagem (BRAGA, 2016).

Para AQUINO (2009, p.1) “O uso das radiações ionizantes em medicina, indústria e pesquisa vem se desenvolvendo rapidamente no mundo”. Com essa afirmativa também precisa-se desenvolver técnicas e difundir conhecimento acerca de como proteger todos os envolvidos nesses trabalhos, bem como pacientes e transeuntes. O princípio de segurança dos reatores nucleares, tal como das formas de energia geradas pelo mesmo e seu uso, é dirigida no sentido de que as usinas nucleares, salas de radiodiagnóstico e radioterapia, bem como todos os ambientes que envolvam energia eletromagnética ionizante sejam projetadas, construídas e operadas com a maior excelência possível no que tange proteção, e tenham alta confiabilidade nesse sentido.

Seguindo a linha de pensamento do filósofo Jean-Paul Sartre, concluir-se-á que o ser humano, como ser dotado de racionalidade é responsável e deve escolher seu modo de lidar com os diversos transtornos que possam, por ventura, surgir. Logo, com o aumento do número de atividades nucleares, de radiofrequência, radiodiagnóstico, dentre outras utilizadas em todo mundo, aumenta-se também a necessidade de se proteger os usuários, operadores e a

população exposta a radiação excessiva, bem como fazer o descarte correto do lixo atômico gerado por essas atividades.

De acordo com FERREIRA (2011, p.20) “As consequências das radiações ionizantes para os humanos são muito variáveis dependendo do órgão e sistemas atingidos bem como do tipo de energia de radiação e da frequência de exposição”. Em virtude do exposto, faz-se necessário um bom projeto de blindagem, bem como uma excelente execução de barreiras que protejam todos os envolvidos expostos a essas radiações ionizantes, a fim de minimizar ou até mesmo excluir a hipótese de contato direto com essa radiação que pode causar problemas gravíssimos.

BRAGA (2016, p.15) afirma que, no decorrer dos anos, houve desenvolvimento de técnicas e materiais específicos com o objetivo de abrandar as doses externas de feixes de radiação ionizante. Esse desenvolvimento deve-se a estudos e pesquisas voltados para cálculo de blindagem e da proteção aos profissionais expostos, além da proteção ao público exposto em virtude de diversos fatos, bem como trabalhadores de áreas circunvizinhas, pacientes e seus acompanhantes.

A blindagem é a maneira mais eficiente de se proteger todos os envolvidos que possam estar expostos a radiações ionizantes, uma vez que esta deve ser combinada com a dosimetria, que é a medida da dose absorvida ou da dose de radiação fornecida a um sistema, esse é um método que utiliza a distância em que se deve guardar em relação ao emissor e também o tempo em que se pode ficar exposto (sempre deve ser o mínimo possível) para se obter valores reais de segurança em relação a utilização de equipamentos, em outras palavras a dosimetria é capaz de estimar características qualitativas através de dados quantitativos relacionados ao aparelho emissor (MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO, 2012).

A barreira primária ou blindagem primária é uma blindagem de espessura e material conveniente (concreto comum, argamassa baritada, concreto de alta densidade, placas de chumbo, lâminas de aço), suficiente para abrandar a uma condição admissível as taxas de radiação ionizante transmitidas a áreas abertas. Essas barreiras, no caso de salas de radiodiagnóstico e radioterapia, são as barreiras que estão dispostas onde necessariamente os feixes de radiação estarão apontados, normalmente são barreiras mais densas e espessas (MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO, 2012).

Existem também as barreiras secundárias ou blindagens secundárias, que tem a função de diminuir a níveis aceitáveis a radiação proveniente da fuga do equipamento, bem como do

espalhamento pela utilização. Normalmente são as blindagens perpendiculares a blindagem primária, da parte de trás em relação a locação do aparelho, teto e piso, a blindagem nesse último faz-se necessário principalmente quando houver implantação de salas de raio x a partir do primeiro andar e a do teto quando houver a necessidade de se apontar o aparelho emissor para cima (MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO, 2012). Vejamos a figura 01 onde há a representação das mesmas:

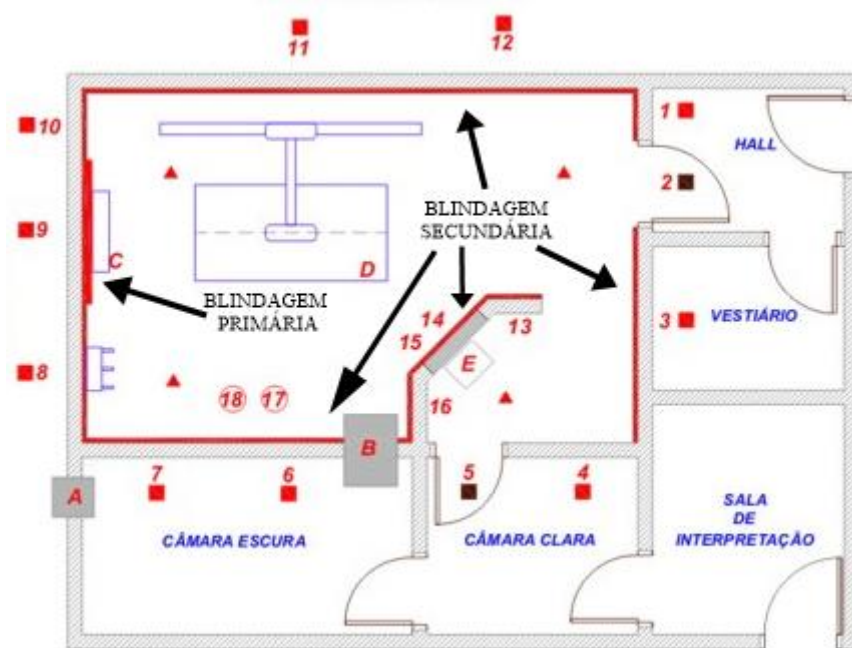


Figura 01: Planta baixa de uma sala de raio x convencional com as barreiras primária e secundárias.
Fonte: Grupo GRX, 2018.

Duas grandezas devem ser consideradas na proteção radiológica para quantificar doses de radiações recebidas pelo paciente em exames de diagnóstico, são elas a dose absorvida e a dose efetiva. Dose absorvida é uma medida dosimétrica básica na proteção radiológica, ela é a razão entre a energia absorvida (Joule) e a unidade de massa (Kg), sua unidade no SI (Sistema Internacional de Unidades) é o Gray (Gy). A dose efetiva se deriva de grandezas fundamentais, ela é obtida através da soma das doses absorvidas multiplicadas por fatores de ponderação preestabelecidos para cada tipo de radiação incidente e órgãos diferentes. Essa, exprime valores médios para humanos e considera todas as idades e ambos os sexos, ela é expressa no SI em J/Kg, e seu nome especial é Sievert (Sv) (ICRP, 2007).

Tendo o engenheiro civil como responsável pelo projeto estrutural, pela construção dessas instalações e muitas vezes pelo projeto arquitetônico, é de suma importância que este profissional tenha qualificação para estes, ou ao menos um conhecimento básico, a fim de se aperfeiçoar as técnicas construtivas no que tange a área de proteção radiológica, tanto médica

quanto industrial. Outra responsabilidade do engenheiro civil é a de compatibilizar projetos de blindagem com os principais projetos necessários para a construção de uma edificação, a objetivar-se sempre a minimização ou exclusão dos erros relativos a projeto, execução e instalação dos equipamentos.

1.1 Objetivo do trabalho

Uma edificação onde serão utilizados equipamentos que tem como princípio de funcionamento as radiações ionizantes não é uma edificação “simples” como está-se acostumado a lidar na engenharia civil. A mesma, envolve um circuito elétrico mais complexo, necessidade de um bom projeto térmico e de ventilação, projetos hidráulico e hidrossanitário, drenagem pluvial, projeto de tubulações para gases medicinais, além dos projetos convencionais (arquitetônico completo e estrutural), com o objetivo de se ter o máximo de ergonomia e segurança (INCA, 2000).

A considerar-se a crescente utilização das formas de radiações ionizantes, como por exemplo os raios x, ressonância magnética, fluoroscopia, radiografia periapical, mastografia, radioterapia, dentre outros, em medicina, medicina veterinária e odontologia, e a iminente ameaça à saúde humana tendo como base a exposição radiológica relacionada a esses exames e tratamentos, que são a principal fonte de exposição à radiação ionizante da população e ao mesmo tempo objetivar a garantia da qualidade de todos esses serviços, é extremamente importante que se tenham diretrizes de proteção que visem a segurança das instalações onde serão implantados os serviços supracitados, bem como a dos pacientes e dos profissionais que estarão expostos a essas radiações por um longo período de suas vidas em suas jornadas de trabalho.

Com base nos riscos citados anteriormente, e a se considerar a falta de conhecimentos por parte dos engenheiros civis, arquitetos entre outros profissionais ligados a área da construção civil (diretamente ou indiretamente) no que tange a execução de blindagens e proteção radiológica, conhecimentos esses, que visam a proteção da sociedade perante as radiações nocivas à saúde humana quando o indivíduo é exposto a doses excessivas ou por um período prolongado, que podemos citar o caso dos profissionais da área. Objetiva-se conscientizar e orientar os responsáveis pelo projeto e construção sobre a importância do planejamento de um projeto que prevê essa proteção tanto aos usuários como aos funcionários do setor, assim como uma execução cautelosa desses ambientes onde serão executados serviços relacionados a radiações ionizantes.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para SILVA (2016, p.1), “A proteção radiológica pode ser definida como um conjunto de medidas que visam proteger não só o homem, mas também nosso ecossistema de possíveis efeitos indesejáveis causados pelas radiações ionizantes”. Medidas essas, que são indispensáveis quando se trata de saúde pública, pois as radiações ionizantes podem causar problemas irreversíveis a curto, médio e longo prazo.

De acordo com o INCA (2000), a equipe responsável pelo projeto e construção das edificações que recebem os aparelhos em ambiente hospitalar é o hospital contratante, juntamente com a equipe de profissionais responsáveis pelo projeto e execução, profissionais como médico radioterapeuta, arquiteto, físico, engenheiro civil, engenheiro elétrico, engenheiro mecânico, construtor e vendedor dos equipamentos.

O desenvolvimento do projeto executivo cabe a cada área técnica, e ele será constituído por todos os projetos de cada área a respeitar-se a devida compatibilização. Será fundamental a interação permanente entre esses profissionais, a assegurar-se, assim, que o projeto e execução desse ambiente decorram da melhor forma possível. A regência destes trabalhos ficará por conta do arquiteto, ou na falta dele do engenheiro civil com a assistência do físico responsável pelo cálculo da blindagem, eles farão as comunicações entre todos os outros profissionais, com o contratante e também com a empresa que fornecerá os equipamentos (INCA, 2000).

Três etapas são essenciais para o projeto, elas são: estudo preliminar, projeto básico e projeto executivo. O início do desenvolvimento dessas etapas terá como referência o programa fisicofuncional, onde as características dos ambientes necessários ao modo de operação das atividades previstas da edificação deverão estar definidas (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2013).

O Brasil tem uma grande deficiência no que tange a produção de equipamentos de imagem que utilizam radiações ionizantes, assim como a maioria dos países em desenvolvimento, o que dificulta sua manutenção e implantação. As unidades de imagem médicas, por possuírem instalações de alto custo, grande quantidade de equipamentos e grande incidência de inovações tecnológicas, exigem um acompanhamento de projeto e execução cauteloso, assessorado por profissionais especializados em cada área de projeto, bem como dos responsáveis pela fabricação dos equipamentos (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2013).

O papel do engenheiro civil é assegurar que a sala onde serão implantados os equipamentos seja executada nos maiores padrões de qualidade, seguindo à risca todos os projetos confeccionados pelos profissionais anteriormente mencionados. Os materiais que constituirão o concreto e argamassa devem atender a todas as especificações para construção desse tipo de edificação, sua dosagem, densidade, dentre outras propriedades físicas necessárias terão de suprir com satisfação os projetos. As paredes de concreto que serão construídas não podem ter nenhum tipo de fenda por onde possa escapar radiação e não devem haver juntas de dilatação. O aço e o chumbo que serão componentes da blindagem devem ser afixados de forma que não se movam, pois caso ocorra a movimentação dos mesmos a blindagem poderá ser comprometida (INCA, 2000).

Os materiais comumente utilizados em radioproteção são o aço, chumbo e o concreto comum ou de alta densidade (com barita ou hematita). O concreto comum é o material mais utilizado, pela sua forma simples de produção e adensamento, grande disponibilidade de materiais e custo final mais baixo, em algumas blindagens ele pode ser utilizado juntamente com o aço para uma melhor eficiência. Quando há motivos de restrição na utilização de espaços ou no caso de reformas e mudanças na configuração da edificação, o aço e o chumbo podem ser excelentes alternativas de uso, esses normalmente são produzidos e comercializados, respectivamente, em forma de placas e lâminas. Um aspecto negativo do concreto é que a densidade não é tão homogênea em sua composição quanto o aço e o chumbo, diante disso, seu uso requer atenção especial, ademais, o engenheiro civil deve se atentar para situações que possam prejudicar a blindagem da sala, como fissuração (devido a cura do concreto), dilatações ou má adesão do mesmo a estruturas já existentes (INCA, 2000).

Para se diminuir a intensidade de radiação ionizante que alcança a entrada da sala de tratamento e/ou imagem é recomendada a execução de um labirinto, como mostrado na figura 02, a fim de diminuir a espessura da blindagem (normalmente feita de chumbo) da porta, que por ser um material de densidade muito alta, pode causar problemas na abertura e fechamento da mesma. A radiação citada que atinge a região da porta é proveniente do espalhamento da radiação primária apontada ao paciente, a superfícies da sala e da fuga pelo cabeçote do aparelho, contudo, é imprescindível que a porta esteja fora de alcance do feixe primário de radiação para prevenir que a parede do labirinto seja muito espessa (INCA, 2000).

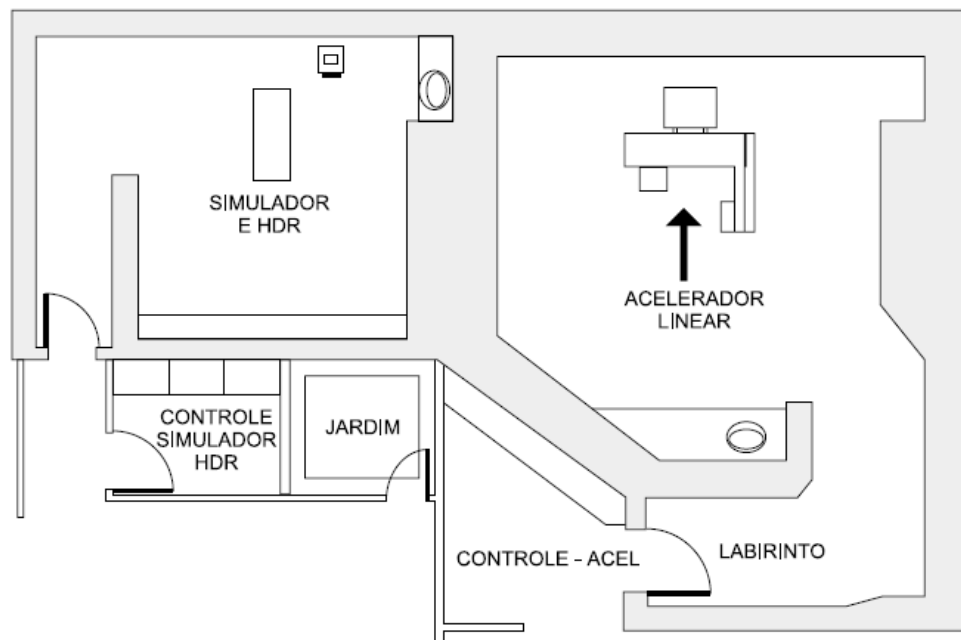


Figura 02: Planta baixa de uma sala com labirinto para acelerador linear.
Fonte: INCA, 2000.

O acelerador linear (LINAC) é o aparelho responsável pela produção da radiação ionizante (raios x e elétrons de alta energia), ele tem a capacidade de irradiar em várias direções, sempre cruzando o eixo do campo de irradiação com o eixo do cabeçote do equipamento. Os LINACs modernos são capazes de produzir diversas faixas de energia de elétrons e diferentes feixes de fótons (BRAGA, 2016).

Os elétrons são acelerados no tubo acelerador por campos magnéticos e elétricos que alternam entre si, após saírem, os elétrons entram no magneto onde são submetidos a outro campo magnético que altera a sua trajetória em 270° e são direcionados para uma barreira metálica, com o choque dos elétrons com a barreira há a produção de raios x de frenamento que em seguida são homogeneizados para utilização no tratamento ou produção de imagens dos pacientes (MEIRELES, 2016).

O INCA (2000) salienta sobre o RPAS (Relatório Preliminar de Avaliação de Segurança), que é o documento necessário para impetrar as autorizações de construção e de compra dos equipamentos utilizados no radiodiagnóstico e radioterapia junto a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). Cabe ressaltar que essas autorizações não são certidões de liberação de operação, para isso, após a conclusão das obras haverá testes de aceite, comissionamento e monitoração radiométrica para que então consiga-se junto a CNEN, o Relatório Final de Análise de Segurança (RFAS). Os documentos que são de responsabilidade

do arquiteto ou engenheiro que deve estar devidamente registrado no conselho de classe, para a obtenção do RPAS devem estar em ao menos três pranchas, e são eles:

- Planta de situação (Escala 1:200 ou 1:500), delimitando o serviço de radioterapia e/ou radiodiagnóstico e o hospital em relação a vizinhança;
- Planta baixa (Escala 1:50 ou 1:100) do serviço de radioterapia e/ou radiodiagnóstico, evidenciando as áreas de blindagem, instalações e sua vizinhança;
- Prancha (Escala 1:20 ou 1:50) com detalhamento da blindagem (plantas e cortes completos) para cada aparelho, bem como posicionamento do último, indicação das dimensões e pontos de cálculo da blindagem, direção do feixe primário, sistema de condicionamento de ar, projeto elétrico, hidráulico e hidrossanitário, dosimetria, chaves de segurança, sistema de visualização e intercomunicação, sistema de monitoramento da radiação, dentre outros. Anexar também um quadro com descrição do equipamento, carga de trabalho, limites de dosimetria, classificação da área para cada ponto de cálculo de blindagem, fatores de distância, uso e ocupação.

As salas de exames para procedimentos relacionados à radiologia devem ter área mínima de 23,05m² e pé direito mínimo de 2,70m. O piso deve ser liso, de preferência sem juntas de dilatação (caso haja, esta deve ser a mínima possível), resistente aos processos de limpeza e fácil higienização. As paredes devem ser de alvenaria, sendo vedado o uso de divisórias, de fácil higienização, resistente a limpeza, descontaminação e desinfecção. O teto deve resistir a lavagens e uso de desinfetantes. A porta deve ser revestida com material lavável (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2013).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como visto durante esse artigo, é de extrema importância que os profissionais da construção civil estejam cientes das etapas necessárias para se ter um excelente projeto e uma excelente execução de instalações onde serão prestados serviços relacionados a aparelhos que têm como princípio de funcionamento as radiações ionizantes. Quando as edificações são mal projetadas ou mal executadas, as falhas na proteção podem causar gravíssimos problemas a pacientes, profissionais ou qualquer outra pessoa exposta a essa radiação desnecessariamente por períodos prolongados. Ademais, é imprescindível que os responsáveis pelo projeto e execução de salas de raio x, em suas diversas modalidades, sejam capacitados para tal e

tenham um bom entendimento quanto a legislação vigente para aprovação de projetos e liberação do alvará de construção, a vislumbrar-se que o contratante não tenha problemas em conseguir as certidões de liberação de operação junto à CNEN, a evitar-se gastos desnecessários com readequação dos locais, afinal, uma das principais funções da engenharia civil é minimizar os custos e maximizar os benefícios com segurança e ergonomia.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AQUINO, Josilito Oliveira de. **Procedimentos de proteção radiológica e aplicações industriais da radiografia computadorizada**. [Tese de Doutorado]. Rio de Janeiro, mar. de 2009. Disponível em:< https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/40/073/40073549.pdf >. Acesso em, 25 de out. de 2019.
- BRAGA, Cap Kelmo Lins. **Estudo, utilizando o código mcnp, da radiação espalhada e produzida pelas paredes de salas de radioterapia e seus efeitos sobre doses equivalentes, doses efetivas e fatores de risco para carcinogênese radioinduzida nos pacientes**. [Dissertação de Mestrado]. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em:< http://www.ime.eb.mil.br/arquivos/Pos_Graduacao/SE7/Kelmo_2016.pdf >. Acesso em, 27 de out. de 2019.
- FERREIRA, Christiano Eduardo Martins. **Estudo comparativo entre as metodologias da ncrp-49 e da ncrp-147 para cálculo de blindagem para salas de fluoroscopia**. [Dissertação de Mestrado]. Rio de Janeiro, ago. de 2011. Disponível em:< https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/43/056/43056335.pdf >. Acesso em, 25 de out. de 2019.
- GRUPO GRX. **Projeto de barreiras/blindagem para sala de RX Convencional**. Disponível em:< <https://www.grxsp.com.br/projetos-de-blindagens-para-sala/projeto-barreiras-blindagem-sala-rx-convencional.html> >. Acesso em, 26 de out. de 2019.
- INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER - INCA. **Blindagem em radioterapia: técnica e normas**. Rio de Janeiro, 2000 c. Disponível em:< https://www.inca.gov.br/sites/ufu.sti.inca.local/files//media/document//pqrt_blind_rdrtrp_tec_n rms.pdf >. Acesso em, 25 de out. de 2019.
- INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION - ICRP. **The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection**. Essen, Germany, mar. de 2007. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37 (2-4).
- MEIRELES, Ramiro Conceição. **Avaliação da adequação do cálculo de blindagens de salas de radioterapia através do método de Monte Carlo e medidas experimentais**. [Dissertação de Mestrado]. Rio de Janeiro, 2016.
- MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. **Curso de introdução à proteção radiológica**. Rio de Janeiro, mar. 2012.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Programação arquitetônica de unidades funcionais de saúde**. Brasília, 2013. Disponível em:< http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/programacao_arquitetonica_somasus_v1.pdf >. Acesso em, 25 de out. de 2019.
- SILVA, Livia Kelli da. **Cálculo por Monte Carlo da dose efetiva em fantomas antropomórficos de voxels para avaliações de emergências radiológicas**. [Dissertação de

Mestrado]. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em:<
http://moodle.ird.gov.br/ensino/images/DissertacoesMestrado/DissertacoesMestrado2016/dissertao_lvia%20kelli%20da%20silva.pdf >. Acesso em, 26 de out. de 2019.