



**UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL DA LUSOFONIA AFRO-
BRASILEIRA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA**

MAURO JORGE ERNESTO

**O PAPEL DO FÍSICO NA RADIOTERAPIA: TRAZENDO A REALIDADE DE
ANGOLA**

REDENÇÃO-CE

2022

MAURO JORGE ERNESTO

**O PAPEL DO FÍSICO NA RADIOTERAPIA: TRAZENDO A REALIDADE DE
ANGOLA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Licenciatura em Física, do
Instituto de Ciências Exatas e da Natureza da
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia
Afro-Brasileira, como requisito parcial para a obtenção
do Título de Licenciado em Física.

Orientadora: Profa. Dra. Cinthia Marques Magalhães
Paschoal

REDENÇÃO-CE

2022

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Sistema de Bibliotecas da UNILAB
Catalogação de Publicação na Fonte.

Ernesto, Mauro Jorge.

E71p

O papel do Físico na radioterapia: Trazendo a realidade de Angola / Mauro Jorge Ernesto. - Redenção, 2022.
37f: il.

Monografia - Curso de Física, Instituto de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção, 2022.

Orientador: Profa. Dra. Cinthia Marques Magalhães Paschoal.

1. Radioterapia. 2. Física - Estudo e ensino. 3. Câncer. 4. Angola. I. Título

CE/UF/BSCA

CDD 530.07

MAURO JORGE ERNESTO

**O PAPEL DO FÍSICO NA RADIOTERAPIA: TRAZENDO A REALIDADE DE
ANGOLA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Licenciatura em Física, do
Instituto de Ciências Exatas e da Natureza da
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia
Afro-Brasileira, como requisito parcial para a obtenção
do Título de Licenciado em Física.

Orientadora: Profa. Dra. Cinthia Marques Magalhães
Paschoal

Aprovado em ___/___/___

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Cinthia Marques Magalhães Paschoal
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

Prof. Dr. Aurélio Wildson Teixeira de Noronha
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

Ma. Francisca Lima de Menezes
Radioterapia da Santa Casa de Misericórdia de Sobral

Dedico este trabalho, primeiramente aos meus pais Manuel Ernesto e Rebeca Jorge por tudo; a minha avó Ana Mario e a minha tia Emilia Ernesto.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, Manuel Ernesto e Rebeca Jorge por tudo que fizeram por mim. Agradeço a minha avó Ana Mario e a minha tia Emília Ernesto pelos ensinamentos, que me tornaram a pessoa que sou hoje.

Agradeço a minha família pelo apoio incondicional, apesar das minhas escolhas, especialmente, aos irmãos que a vida me deu Domingos Fernandes, Augusto Panzo e o Paulino Lucas.

Aos meus grandes amigos Lopes Domingos, Natércia Pereira, Jacinto Mendonça, João Liundula, Danilo e o Helmer Capussa, Costa, Eduardo Tulumbinha, Délio, entre vários outros pela amizade e pelos momentos inesquecíveis que compartilhamos.

Os meus agradecimentos aos meus companheiros de curso Domingos Fernandes, Sermos Domingos, Gaspar Domingos, Constantino Vasconcelos e o Ildo Ufala que apesar das dificuldades continuamos firmes e fortes atrás dos nossos sonhos.

Aos amigos que a UNILAB me apresentou, Vicente Kimbamba, Paz Paulo, Emanuel Cipriano, Neidilenio Baltazar, Danilson Palitá, Juvenal, Vanuza Malungo, Esperança, André GF, Evandro Jorge, Vanilson Costa, Osvaldo Betuel, Yola Arcanjo, Belmira Sorte, Telma Gola, Faria Cusseta, Mutumbua Manuel pelos momentos bons e maus que vivemos, pelos conselhos, que me ajudaram a prosseguir com fé e foco. A Lídia Cesária, minha companheira, pelo seu apoio incondicional.

Gostaria de agradecer à minha orientadora, Cinthia Marques Magalhães Paschoal, por me guiar por todo o percurso da pesquisa, com suas perguntas estimulantes e paciência. Nossas reuniões e conversas foram vitais para me inspirar a pensar fora da caixa. Gostaria também de agradecer aos membros da banca examinadora, por aceitarem fazer parte deste momento marcante da minha vida e pelas importantes contribuições dada ao meu trabalho.

A todos os professores, pelo apoio e conhecimento que foram fundamentais para a minha trajetória até aqui.

Por fim, agradeço ao ICEN e a UNILAB, em geral por transformar o sonho da formação superior em realidade.

Muito obrigado a todos!

"O futuro não é um lugar para onde estamos indo, mas um lugar que estamos criando. O caminho para ele não é encontrado, mas construído, e o ato de fazê-lo muda tanto o realizador quanto o destino".

J. Schaar

RESUMO

A radioterapia é uma área da Física Médica que utiliza a radiação ionizante para tratar certas doenças, como o câncer. O principal objetivo deste tratamento é destruir as células tumorais ou impedir que se multipliquem, sendo utilizadas duas técnicas, nomeadamente a teleterapia (ou radioterapia externa) e a braquiterapia. O físico médico tem papel muito importante na radioterapia, ele é o responsável por planejar o tratamento, facilitar o posicionamento do paciente e garantir a proteção radiológica dos funcionários do serviço de radioterapia. Quanto ao panorama de Angola, existe apenas um centro de referência dedicado ao tratamento e controle do câncer, localizado na província de Luanda. Levando em consideração a importância da radioterapia no tratamento do câncer e o fato de o autor (angolano e formando em Física) ter interesse na área, o presente trabalho visa demonstrar a importância dos físicos médicos na área da radioterapia, algumas das técnicas utilizadas, a finalidade deste tratamento, apresentar a abrangência dos serviços de radioterapia e a capacidade de funcionamento em Angola. Em preparação para este trabalho, foi realizado um levantamento bibliográfico sobre o tema radioterapia, com foco na importância de sua prática para os físicos médicos. Além disso, procuramos obter informação sobre os serviços de radioterapia em Angola. O trabalho propôs-se a apresentar este tema, pouco explorado e conhecido pelos alunos licenciados em física, para mostrar que a Física também contribui para o desenvolvimento de técnicas diagnósticas e terapêuticas em patologia médica.

Palavras-chave: Radioterapia; Física Médica; Câncer; Angola.

ABSTRACT

Radiotherapy is an area of medical physics that uses ionizing radiation to treat certain diseases, such as cancer. The main objective of this treatment is to destroy the tumor cells or prevent them from multiplying, and two techniques are used, namely teletherapy (or external radiation therapy) and brachytherapy. The medical physicist has a very important role in radiotherapy, he is responsible for planning the treatment, facilitating the positioning of the patient, and ensuring the radiological protection of the radiotherapy service staff. As for the Angolan panorama, there is only one reference center dedicated to cancer treatment and control, located in the province of Luanda. Taking into consideration the importance of radiotherapy in cancer treatment and the fact that the author (Angolan and physics graduate) has an interest in the area, the present work aims at demonstrating the importance of medical physicists in the field of radiotherapy, some of the techniques used, the purpose of this treatment, present the scope of radiotherapy services and the operating capacity in Angola. In preparation for this work, a bibliographical survey was carried out on the subject of radiotherapy, focusing on the importance of its practice for medical physicists. In addition, we sought to obtain information about radiotherapy services in Angola. The work proposed to present this theme, little explored and known by physics graduate students, in order to show that Physics also contributes to the development of diagnostic and therapeutic techniques in medical pathology.

Keywords: Radiotherapy; Medical Physics; Cancer; Angola.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABFM	Associação Brasileira de Física Médica
ANVISA	Agencia Nacional de Vigilância Sanitária (Brasil)
CNO	Centro Nacional de Oncologia (Angola)
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear (Brasil)
CT	Tomografia Computadorizada
DNA	Ácido Desoxirribonucleico
Gy	Gray
INCA	Instituto Nacional de Câncer (Brasil)
IACC	Instituto Angolano de Controle do Câncer
IMRT	Radioterapia de Intensidade Modulada
MU	Unidades Monitoras
MeV	Mega Elétron Volts
OAR	Órgãos de Risco
OMS	Organização Mundial da Saúde
QF	Fator de Qualidade
RM	Ressonância Magnética
SV	Sievert
UNEP	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
3DCRT	Radioterapia Conformacional em Três Dimensões
2D	Duas Dimensões

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ilustração de uma fonte externa de radioterapia ou teleterapia.....	15
Figura 2: Braquiterapia utilizada para o tratamento de câncer da próstata com a fonte de cobalto.	15
Figura 3: Acelerador linear.....	16
Figura 4: Exemplo ilustrando a diferença entre as técnicas 3DCRT e IMRT.....	20
Figura 5: Colimador multi-folhas (esquerda) e respectivo modo de funcionamento (direita).	21
Figura 6: Localização geográfica de Angola.....	26
Figura 7: Localização do Centro Nacional de Oncologia.....	27
Figura 8: Centro Nacional de Oncologia de Luanda.....	27
Figura 9: Imagem do acelerador linear utilizado no Serviço de Radioterapia do CNO.....	28

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. A RADIOTERAPIA	15
2.1 Linhas gerais	15
2.1.1 Dose de radiação e efeitos da radiação.....	17
2.2 Um pouco sobre IMRT E 3DCRT	19
3 O PAPEL DO FÍSICO EM UM SERVIÇO DE RADIOTERAPIA	23
4 A REALIDADE DA RADIOTERAPIA EM ANGOLA	26
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	30
REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	32

1. INTRODUÇÃO

A utilização da radioterapia teve início no ano de 1895, após a descoberta dos raios X pelo físico Wihelm Conrad Roentgen (Berdaky, 2000). Trata-se do emprego terapêutico de radiação ionizante (por exemplo, os raios X, raios gama) para tratar determinadas doenças, como o câncer.

Esta modalidade terapêutica desempenha um papel fundamental no tratamento de vários tipos de câncer. O principal objetivo deste tratamento é a destruição das células de tumor ou impedir que elas se multipliquem. Segundo o Instituto Nacional de Câncer (INCA, 2021), quando não é possível obter a cura, a radioterapia pode contribuir para a melhoria da qualidade de vida. Isso porque as aplicações diminuem o tamanho do tumor, o que alivia a pressão, reduz hemorragias, dores e outros sintomas, proporcionando alívio aos pacientes.

Na radioterapia, o físico tem papel muito importante, ele controla o uso das fontes de radiação, desenvolve programas de controle de qualidade, propicia rápida assimilação e desenvolvimento de novas tecnologias, atualizando planos de tratamento, assegurando aos pacientes maior curabilidade e melhor qualidade de vida (INCA, 2000).

Concernente ao panorama de Angola, segundo o Instituto Angolano de Controle de Câncer (IACC, 2021) foram atendidos 1.292 casos de câncer na instituição. Neste sentido, se prevê o aumento da demanda de pacientes para o Serviço de Radioterapia, com isso, surge a necessidade de recrutamento de novos técnicos e profissionais de radioterapia, adquirir novos equipamentos e ampliar os locais de atendimento para fazer frente às necessidades que se avizinham no serviço (Jornal de Angola, 2021).

Este trabalho tem como objetivo mostrar a importância do físico médico no setor da radioterapia, as técnicas utilizadas e a finalidade deste tratamento, e ainda, apresentar a abrangência dos serviços de radioterapia e a capacidade de funcionamento em Angola. Para a confecção do trabalho foi feito um levantamento bibliográfico sobre o tema da radioterapia, focando na importância do físico médico para o funcionamento da mesma. Ademais, buscou-se obter informações sobre os serviços de radioterapia em Angola.

A escolha desse tema se deu pela importância da radioterapia, sendo ela uma das principais técnicas no tratamento de câncer. Enquanto estudante de Física e angolano, acredito que me aprofundando na radioterapia, poderei ajudar bastante no aprimoramento dos serviços de radioterapia no meu país, contribuindo na melhoria da qualidade de vida dos pacientes com câncer. Anseio que o presente trabalho possa contribuir na elaboração de futuras pesquisas relacionadas ao serviço de radioterapia em Angola.

O presente trabalho está dividido em 5 seções, sendo a introdução esta primeira seção, na qual se apresenta brevemente sobre a radioterapia, sua importância no tratamento do câncer e a importância do físico, além dos objetivos do trabalho. Na segunda seção serão apresentados os conceitos relevantes sobre radioterapia, a finalidade deste tratamento, os equipamentos utilizados e as modalidades de tratamento, que são a teleterapia e braquiterapia. Na sequência, falaremos um pouco sobre a Radioterapia de Intensidade Modulada (IMRT) e a Radioterapia Conformacional em Três Dimensões (3DCRT), na qual serão apresentados os seus conceitos e a sua importância na radioterapia. Na terceira seção iremos abordar sobre a importância do físico médico em um serviço de radioterapia, apresentando o trabalho desenvolvido por este profissional dentro da radioterapia. Na seção seguinte iremos falar sobre a realidade da radioterapia em Angola, trazendo um pouco sobre a cobertura dos serviços no país. Sendo assim, será feito mapeamento que terá a finalidade de compreender sobre a acessibilidade da população aos serviços, conhecer os hospitais que oferecem o serviço de radioterapia e saber quantos aceleradores lineares existem no país. Na quinta seção temos as considerações finais relacionadas ao tema abordado e as consequências desta modalidade de tratamento.

2. A RADIOTERAPIA

2.1 Linhas gerais

A radioterapia é usada, principalmente, para tratar os diversos tipos de câncer. De acordo Souza *et al.* (2018), a radioterapia veio com o objetivo de destruir as células tumorais e cancerígenas através das ondas eletromagnéticas, que são aplicadas no local indicado pelo médico especialista. É essencial evidenciar que nesta modalidade terapêutica, além dos raios X e raios gama, também podem ser empregadas algumas partículas elementares, como elétrons e prótons.

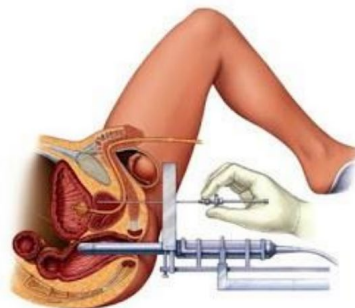
No tratamento envolvendo a radioterapia são utilizadas duas técnicas, sendo elas a teleterapia ou radioterapia externa (Figura 1), na qual a fonte está afastada do paciente; e a braquiterapia (Figura 2), que consiste na utilização de uma fonte radioativa selada para a aplicação da radiação diretamente no local a ser tratado.

Figura 1: Ilustração de uma fonte externa de radioterapia ou teleterapia.



Fonte: CAMARGO (2020).

Figura 2: Braquiterapia utilizada para o tratamento de câncer da próstata com a fonte de cobalto.



Fonte: MONTEIRO *et al.* (2017).

De modo geral, o aparelho mais utilizado na radioterapia é o acelerador linear (Figura 3). Segundo Berdaky (2000), esse aparelho usa ondas eletromagnéticas de alta frequência para acelerar partículas carregadas, tais como elétrons de altas energias, através de um tubo linear.

Nesse contexto, o Instituto Nacional de Câncer (2000, p. 14) esclarece que:

Estes aparelhos usam micro-ondas para acelerar elétrons a grandes velocidades em um tubo com vácuo. Numa extremidade do tubo, os elétrons muito velozes chocam-se com um alvo metálico, de alto número atômico. Na colisão com os núcleos dos átomos do alvo, os elétrons são subitamente desacelerados e liberam a energia relativa a esta perda de velocidade. Parte desta energia é transformada em raios X de freiamento, que tem energia variável na faixa de 1 MeV até a energia máxima do elétron no momento do choque.

O feixe de elétrons de energia alta pode ser utilizado para tratar tumores superficiais, ou podem colidir num alvo para produção de raios X, para tratamento de tumores mais profundos. O acelerador linear, antes de ser utilizado com pacientes, precisa passar por uma série de testes, chamados de testes de aceitação e de comissionamento (BERDAKY; CALDAS, 2001).

Figura 3: Acelerador linear.



Fonte: INCA (2016).

O físico médico é o profissional responsável pelo planejamento do tratamento, contribuindo para a orientação do paciente e garantia da proteção radiológica dos funcionários do serviço de radioterapia.

Souza (2013, p. 2), enfatiza o seguinte:

A atuação do físico médico no setor de radioterapia além de ser imprescindível do aspecto legal para autorização e funcionabilidade do serviço, é de grande importância principalmente no tocante na determinação precisa da distribuição de dose em todo o volume alvo, bem como na otimização e minimização da dose incidente nos órgãos sadios circunvizinhos.

No próximo tópico falaremos brevemente sobre dose de radiação e efeitos biológicos da radiação.

2.1.1 Dose de radiação e efeitos da radiação

Radiação é uma forma de energia, emitida por uma fonte e que se propaga através do vácuo, do ar ou de meios materiais (YOSHIMURA, 2015).

Quanto aos tipos de radiação, podemos encontrar as seguintes: Radiação alfa, beta, gama, raios X, ultravioleta, luz visível, ondas de rádio, infravermelha, micro-ondas, etc (OKUNO, 2018). É importante lembrar que a radiação é chamada ionizante quando possui energia suficiente para ionizar átomos e moléculas, são exemplos deste tipo de radiação, os raios X, os raios gama, a radiação alfa e beta. Já a radiação não ionizante não possui energia suficiente para alterar o átomo, por exemplo, ultravioleta, luz visível, ondas de rádio.

Uma dose de radiação não é como a dose geralmente utilizada para prescrever os medicamentos. Quando se fala em dose de radiação, encontramos diversos tipos de radiação, diversos tipos de grandezas dosimétricas e diferentes unidades de medidas.

Segundo o *United Nations Environment Programme* (UNEP, 2016, p. 7), “As quantidades de doses são expressas de diferentes formas, dependendo de quanto o corpo, ou alguma parte do corpo, tenha sido irradiado, se uma ou muitas pessoas foram expostas e, ainda, da duração do período de exposição”.

As doses de radiação podem ser medidas em dose absorvida, que é a unidade de dose que quantificam a quantidade de energia absorvida ou depositada por unidade de massa. Assim, a unidade de medida será ergs/g ou Joule/kg (conhecida como gray = Gy). A unidade usual de dose absorvida é o Gray (Gy), em homenagem ao físico inglês, Harold Gray, pioneiro em biologia da radiação (ANDREUCCI, 2019).

A dose equivalente é calculada através da dose absorvida multiplicada pelo QF (*Quality Factor* ou fator de qualidade), que relaciona o risco relativo do tipo de radiação absorvida com o risco da mesma dose de radiação X ou gama (MOREIRA, 2011).

Sobre a dose efetiva, o *United Nations Environment Programme* ou Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP, 2016, p. 8) afirma que, “[...] a fim de comparar doses quando diferentes tecidos e órgãos são irradiados, as doses equivalentes para diferentes partes do corpo são também ponderadas, sendo o resultado denominado dose efetiva, também expressa em sievert (Sv)”.

A exposição à radiação pode ser benéfica para os seres humanos, também pode causar efeitos lesivos a saúde, o impacto pode ser imediato ou a longo prazo nos tecidos humanos. Quanto aos benefícios da exposição à radiação na radioterapia, tem-se o fato de que a radiação pode danificar diretamente o DNA da célula matando deliberadamente células malignas, no tratamento do câncer (UNEP, 2016).

Quanto aos malefícios, a exposição à radiação pode causar efeitos imediatos como queimadura na pele, mucosite, náusea, vômitos, diarreia, desidratação, febre, dor de cabeça e pressão baixa, etc; e nos efeitos tardios podem ocorrer a desmielinizada da medula espinhal após alguns meses, a necrose, vasculoptia (danos nos vasos sanguíneos), catarata, esterilidade, etc (OKUNO; YOSHIMURA, 2010).

Neste sentido, o sistema de proteção radiológica desempenha um papel fundamental na segurança das pessoas em locais onde a utilização da radiação é frequente, pois este sistema tem como função evitar os efeitos determinísticos (que agrava com o aumento da dose a partir de um limiar), mantendo as doses abaixo do limiar relevante, uma vez que existe um limiar de dose para tais efeitos; e prevenir os efeitos estocásticos (que ocorre a partir do dano produzido em uma única célula, na qual a probabilidade de a radiação provocar câncer aumenta com a dose, sem nenhum limiar inferior) fazendo uso de todos os recursos disponíveis de proteção radiológica (AZEVEDO, “s.d”).

Na próxima seção, iremos abordar sobre a técnica Radioterapia Conformacional em Três Dimensões (3DCRT) e sobre a Radioterapia de Intensidade Modulada (IMRT).

2.2 Um pouco sobre IMRT E 3DCRT

Há alguns anos, a técnica mais utilizada na radioterapia era chamada 2D, cujo planejamento utilizava um simulador ou imagens radiológicas em duas dimensões, na qual o paciente tinha seu campo de tratamento delimitado mediante utilização de radioscopia e com os campos de irradiação baseados em referências ósseas e anatômicas. Um grande volume de tecido normal era irradiado e conseqüentemente ocorria um maior índice de complicações tanto agudas como tardias, o que limitava a dose final de radiação, pois não era possível calcular a dose absorvida pelo tumor ou pelos órgãos sadios (INCA, 2022).

Com o avanço das tecnologias, juntamente com o desenvolvimento dos computadores foi possível produzir novas técnicas radioterapêuticas usando simulações de tratamento em 3D. Inicialmente, foi criada a Radioterapia Conformacional em Três Dimensões (3DCRT, do inglês *3D Conformal Radiation Therapy*), que consiste em ajustar os feixes de radiação à região a ser tratada baseando-se em imagens tridimensionais resultantes de tomografias computadorizadas (CT) ou ressonância magnética (RM).

Haddad e Neves-Junior (2012, p.15) destacam que:

A radioterapia tridimensional conformada (3DCRT) tem por objetivo melhorar a eficácia do tratamento radioterápico utilizando campos de radiação cujos formatos são baseados em projeções construídas a partir de reconstrução tridimensional do volume alvo e dos órgãos de risco (OAR).

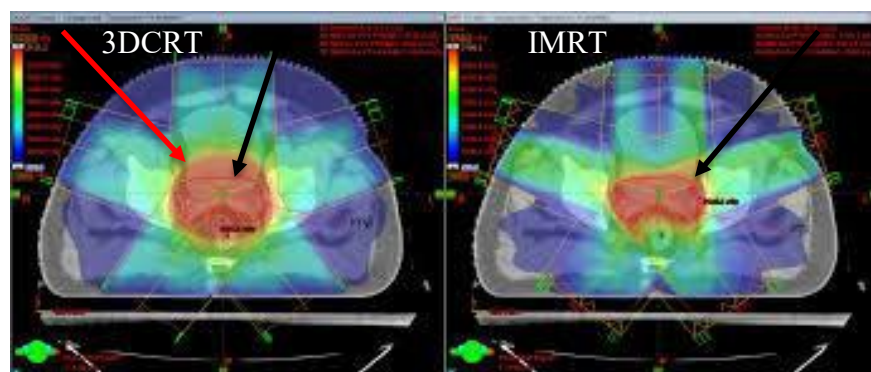
A 3DCRT é obtida por um conjunto de campos fixos de radiação, que são conformados utilizando imagens obtidas do volume alvo. “Os campos de radiação têm normalmente uma intensidade uniforme ao longo do feixe ou, quando apropriado, têm esta intensidade modificada por um simples acessório modificador da intensidade, tais como cunhas ou filtros compensadores” (MONTEIRO, 2016, p.6).

Com o passar dos anos, a técnica de 3DCRT foi aprimorada com a evolução da Radioterapia de Intensidade Modulada (IMRT, do inglês *Intensity Modulated Radiation Therapy*). Este método permite administrar doses elevadas de radiação aos volumes alvos, ou seja, a IMRT tem como objetivo aplicar altas dose de radiação no tumor alvo e diminuir as doses nos tecidos normais ao redor, reduzindo a toxicidade ao tratamento. “A radioterapia com intensidade modulada (IMRT) acrescenta um refinamento à 3DCRT: a possibilidade de variar a intensidade da fluência dentro da área do campo de radiação e, com isso, alcançar

uma distribuição de dose com conformidade muito superior” (HADDAD; NEVES-JUNIOR, 2012, p.15).

A diferença entre as duas técnicas (Figura 4) é que a 3DCRT usa campos fixos de radiação, para conformar a distribuição espacial da dose prescrita a um volume alvo tridimensional e ao mesmo tempo minimizar a dose nas estruturas normais ao redor; e a IMRT permite a conformação geométrica do feixe de radiação ao volume-alvo com maior precisão e, em simultâneo, a modulação da intensidade do feixe (MONTEIRO, 2016).

Figura 4: Exemplo ilustrando a diferença entre as técnicas 3DCRT e IMRT.



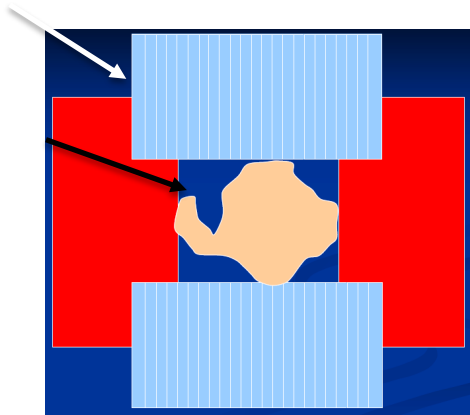
Fonte: NICOLUCCI (2020).

Analisando a Figura 4, podemos perceber que na técnica 3DCRT o campo de radiação (em vermelho) é maior, englobando o tumor (seta na cor preta) e alguns órgãos sadios; na técnica IMRT o campo de radiação (em vermelho) está mais concentrado ao volume alvo (tumor), poupando os órgãos de risco que estão ao redor.

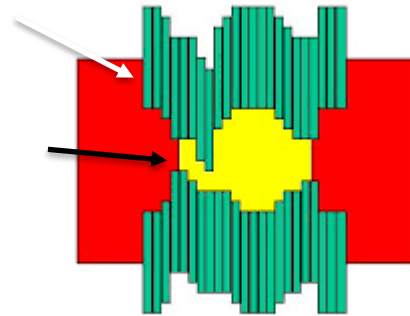
Apesar da 3DCRT ter proporcionado um efeito significativo na qualidade de vida dos pacientes, bem como na diminuição dos custos dos cuidados de saúde, verifica-se, em muitas ocasiões, que o aumento de conformação da dose ao volume tumoral e a capacidade de excluir os órgãos de risco não são ótimos, pois a 3DCRT pode não ter a capacidade de conseguir planos de tratamento satisfatórios (MONTEIRO, 2016).

No tratamento com a IMRT, o feixe de radiação dos campos de tratamento é modulado de maneira a irradiar o tumor exatamente na sua forma (ou aproximadamente), e aplicar pequenas doses nos tecidos ao redor. Sendo assim, utiliza-se o colimador multi-folhas dinâmico (Figura 5), que durante a liberação de feixes de radiação vai abrindo e fechando folhas individuais, para dar forma aos feixes de radiação, conforme a necessidade da sua intensidade. Isto permite o aumento do número de feixes, em múltiplos ângulos e diferentes planos, sem grande aumento no tempo de tratamento (COSTA *et al.*, 2009).

Figura 5: Colimador multi-folhas (esquerda) e respectivo modo de funcionamento (direita).



Fonte: REIS (2008).



Fonte: INCA (2022).

Na Figura 5, à esquerda, temos o colimador multi-folhas (seta na cor branca) e o tumor (seta na cor preta); à direita temos o colimador operando, conformando as suas múltiplas folhas ao volume alvo (tumor).

A utilização da IMRT requer a utilização de softwares precisos, capazes de obter imagens tridimensionais de alta resolução. Haddad e Neves-Junior (2012, p.16) enfatizam que:

A IMRT representa um paradigma que requer o conhecimento de imagens de múltiplas modalidades, de incertezas associadas ao posicionamento do paciente e também ao movimento interno de órgãos, probabilidade de controle tumoral e de complicações em tecidos normais, algoritmos de cálculo de dose e de otimização, particularidades envolvidas na entrega de feixes de intensidade não uniforme entre outros tópicos.

Quanto às vantagens, a eficácia do tratamento com IMRT e o seu grande potencial para alcançar o máximo de ganhos terapêuticos combativamente à 3DCRT tem sido provado por intermédio de vários estudos. Dentre as vantagens, temos:

[...] uma das maiores vantagens da IMRT em relação ao 3D-CRT é a sua capacidade e precisão ao produzir uma elevada conformidade nas distribuições de dose, essencialmente de forma côncava, que representam cerca de 30% dos casos clínicos. [...] A IMRT tornou possível a realização de múltiplos tratamentos em simultâneo, onde todo o tratamento pode ser integrado num único plano de tratamento. Além de todo o processo ser mais eficiente, também permite otimizar as doses globais, dado que, considera as interações de diferentes prescrições de dose para o mesmo tratamento (BARROS, 2010, p.28).

Das desvantagens, Barros (2010, p.29) afirma que:

[...] facto de a IMRT conformar de forma muito rígida a distribuição de dose ao volume-alvo, pode torná-la potencialmente perigosa, comparativamente aos métodos convencionais.

Outra desvantagem apontada a esta técnica é o conseqüente aumento da carga de trabalho do equipamento devido, essencialmente, ao aumento da dose total, elevado número de segmentos utilizados, aumento do tempo de irradiação diário/doente, o aumento das unidades monitoras (MU, do inglês Monitor Unit) e também à necessidade de uma verificação e controle de qualidade diário.

Esta técnica ganha grande relevância quando tratamos determinados tumores (por exemplo: cabeça e pescoço), dada a riqueza de órgãos críticos limitantes. Por apresentarem formas irregulares, requerem altas doses de radiação para atingirem a cura, com esta técnica também é possível tratar lesões recorrentes, que já receberam doses consideráveis de radiação (COSTA *et al.*, 2009).

No capítulo a seguir, iremos abordar sobre o papel do físico médico no serviço de radioterapia.

3 O PAPEL DO FÍSICO EM UM SERVIÇO DE RADIOTERAPIA

A Física Médica é uma especialidade, que consiste na aplicação dos conceitos, das leis, dos modelos, e métodos para o diagnóstico e tratamento de doenças, em que desempenha uma função bastante relevante não só na assistência médica, como também na pesquisa da área e na proteção radiológica (HADDAD, 2011).

O emprego dos raios X e da radioatividade no diagnóstico e na terapia foram responsáveis pela inserção dos físicos em hospitais, onde podem atuar nas seguintes áreas: Medicina Nuclear, radiodiagnóstico; raios X odontológicos e na Radioterapia (SBF, “s.d”).

Para Rodrigues (2007, p.10),

Este profissional desenvolve atividades que vão desde a instalação, manutenção e controle de qualidade dos mais diversos equipamentos, como também dos serviços de saúde prestados à comunidade. Determinam planos de terapias e controle de radiações, apontando quando há riscos para os trabalhadores, pacientes, indivíduos do público e meio ambiente.

Concernente ao serviço de radioterapia, a presença do físico médico é indispensável não só no planejamento de tratamentos, como também em todo o processo de controle de qualidade dos equipamentos emissores de radiação (HADDAD, 2011); na dosimetria e calibração das unidades de tratamento, quando necessário; no levantamento radiométrico; no controle de exposição dos trabalhadores e do público; no cálculo do plano terapêutico; no controle de qualidade do tratamento e no cálculo de blindagem.

No planejamento de tratamentos, o físico é o responsável pela determinação dos melhores ângulos de incidência dos feixes de radiação, pela exata localização do volume alvo do tumor a ser irradiado, pela confecção das curvas de distribuição de dose, pelos cálculos da dose determinada pelo rádio-oncologista e pela determinação do tempo de cada tratamento (ONCOGUIA, 2021).

No processo de controle de qualidade dos equipamentos emissores de radiação, o profissional da física é encarregado por estabelecer, mediante os testes de comissionamento, os dados que se tornarão referência para futuros processos de controle de qualidade. A finalidade, é que o desempenho de todas as máquinas, dispositivos e processos não se afastem de seus valores de referência mais que as respectivas tolerâncias (FURNARI, 2009).

Na dosimetria e calibração das unidades de tratamento, o físico médico é responsável pela etapa de simulação do tratamento, pela otimização dos protocolos de aquisição de

imagens, garantindo a segurança radiológica dos pacientes e a qualidade diagnóstica das imagens, delineando os órgãos de risco (HADDAD, 2011). Quanto à calibração, é atribuído ao físico médico a tarefa de calibrar o feixe de radiação do acelerador linear, para que a dose prescrita pelo médico seja entregue com precisão ao volume alvo (ALMEIDA; GERALDO, 2020).

No controle de exposição dos trabalhadores e do público, o físico é responsável do protocolo de segurança, em que envolve:

- a) descrição das instalações por meio de projeto, previamente aprovado pela CNEN, especificando as barreiras de radioproteção das salas de terapia;
- b) descrição técnica dos equipamentos e/ou das fontes de radiação ionizante existentes e de suas localizações no serviço;
- c) descrição de todas as vizinhanças laterais, inferiores e superiores de cada sala de tratamento, evidenciando as áreas a serem ocupadas por trabalhadores e público, [...];
- d) previsão da carga de trabalho dos equipamentos de radioterapia;
- e) descrição dos dispositivos de segurança para interrupção do feixe de radiação;
- f) lista dos trabalhadores ocupacionalmente expostos, com suas funções, qualificações e treinamentos especificados;
- g) cópia das instruções gerais a serem fornecidas por escrito aos trabalhadores, visando à execução dos respectivos trabalhos em segurança;
- h) descrição dos procedimentos de rotina executados no serviço que envolve o uso das fontes de radiação ionizante;
- i) citação dos procedimentos realizados, visando manter equipamentos em boas condições de funcionamento, minimizar as doses a pacientes e trabalhadores e melhorar a qualidade do serviço executado;
- j) descrição dos cuidados no manuseio das fontes de braquiterapia de baixa taxa de dose;
- k) plano de monitoração de área;
- l) plano de monitoração individual;
- m) descrição dos cuidados para transportes de fontes e de pacientes portadores de fontes dentro do serviço;
- n) resultados do levantamento radiométrico e dos testes de radiação de fuga, apresentados sob forma de laudo, como descrito nesta Norma Técnica (COLLACITE, 2008, p. 19).

No cálculo do plano de tratamento, é o físico médico que assegura por meio do cálculo, que a dose correta está sendo entregue ao volume alvo do tumor, minimizando os efeitos da radiação sobre os tecidos normais adjacentes (ONCOGUIA, 2021).

No controle de qualidade do tratamento, são desenvolvidas as seguintes atividades pelos físicos: verificar as condições de operação dos principais parâmetros de funcionamento dos equipamentos da radioterapia; recomendar condutas técnicas e dosimétricas que garantam o cumprimento da dose prescrita no volume tumoral alvo com a menor dose possível nos tecidos sãos; acompanhar e avaliar a implantação e a implementação dessas condutas, através de avaliações locais e postais; promover cursos e treinamentos específicos, tanto presenciais quanto a distância, segundo as necessidades identificadas, além de colaborar no desenvolvimento de monografias, dissertações e teses; colaborar com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), as Vigilâncias Sanitárias e a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) em assuntos comuns das áreas de radioterapia; coordenar e/ou participar de projetos de pesquisa e desenvolvimento de sistemas dosimétricos e de controle de qualidade (INCA, 2021).

O trabalho desenvolvido pelo físico médico apresenta uma grande relevância para a sociedade, pois além da radioterapia, radiodiagnóstico e medicina nuclear, esse profissional pode atuar na indústria de equipamentos e acessórios em setores de assistência, treinamento e vendas. Os físicos médicos, também, são capazes de formar empresas de consultoria em informática médica, proteção radiológica, bem como controle da qualidade em diversas áreas, e realizam atendimento nas diversas regiões, contribuindo para o desenvolvimento socioeconômico do país. Neste sentido, o desenvolvimento desta área é fundamental para o progresso da tecnologia e atendimento em Saúde de um país. Para isso, é preciso fortalecer a profissão de físico médico, definindo mais precisamente as qualificações de um especialista na área; criando mais programas de graduação, especialização e pós-graduação na área; estabelecimento de comitês de supervisão de atividades de treinamento (SBF, “s.d”).

No capítulo a seguir, iremos abordar sobre a realidade da radioterapia em Angola.

4 A REALIDADE DA RADIOTERAPIA EM ANGOLA

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2021), anualmente, são registrados, em Angola, 15 mil casos de câncer, com probabilidade para 10 mil mortes. No entanto, esses números podem ser maiores. Em uma entrevista à Rádio Nacional de Angola (RNA, 2022), a diretora clínica do IACC afirma que mais de 300 pessoas, em média, com câncer dão entrada diariamente na instituição, contabilizando mais de 100.000 casos por ano. É importante referir que os pacientes atendidos no IACC são provenientes das 23 províncias em que o país é dividido.

Esta discrepância entre os dados da OMS e do IACC existe porque em Angola a disponibilidade das informações na área da saúde é muito limitada, sendo uma das razões a centralização dos serviços de oncologia em Luanda e a falta de um sistema de informação sanitária eficaz no país.

Conhecendo um pouco de Angola, geograficamente (Figura 6), é um país localizado na costa ocidental do continente africano, banhado pelo Oceano Atlântico, possui uma extensão territorial de 1.246.700 quilometro quadrado (km²), repartidos por 23 províncias, 177 municípios, 559 Comunas e 27.641 aldeias ou bairros (KESONGO, 2022).

Figura 6: Localização geográfica e o mapa político de Angola (seta para capital Luanda).



Fonte: Google Maps (2022).



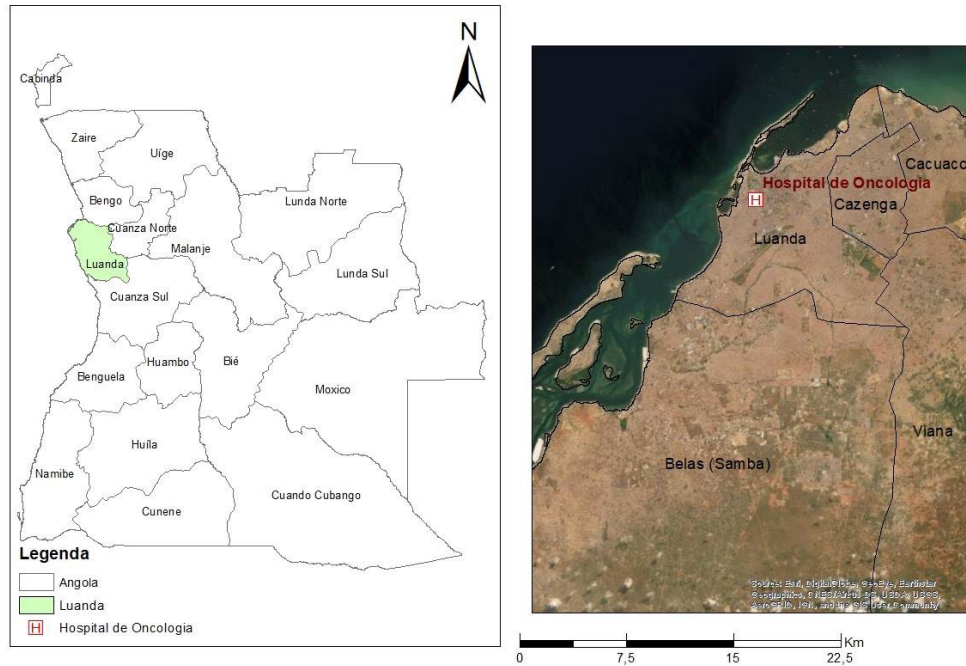
Fonte: ZORGLUB (2010).

O país possui cerca de 32,87 milhões de habitantes, constituída por uma maioria jovem (Banco Mundial, 2020).

Existe apenas um hospital no país dedicado ao tratamento e controle do câncer, o Instituto de Controlo do Cancro de Angola (IACC), conhecido como Centro Nacional de

Oncologia (CNO), que está localizado na província de Luanda (Figura 7) (JORNAL DE ANGOLA, 2021).

Figura 7: Localização do Centro Nacional de Oncologia.



Fonte: DANIEL (2020).

O CNO (Figura 8) é uma instituição de saúde pública da rede nacional de hospitais de referência, criada em 1979, integrante do serviço nacional de saúde de Angola. A assistência é prestada nas seguintes áreas: prevenção, rastreio, diagnóstico precoce e tratamento especializado e inovador dos doentes. Geograficamente, localiza-se na zona urbana da Maianga, na cidade de Luanda, na rua Amílcar Cabral (BANGO, 2013).

Figura 8: Centro Nacional de Oncologia de Luanda.



Fonte: Jornal de Angola (2020).

Atualmente, o hospital reúne as principais opções de tratamento na área da oncologia, como a quimioterapia, radioterapia, cirurgia, hormonioterapia e imunoterapia, bem como banco de dados centralizado de registros hospitalares para todas as informações do paciente em Oncologia, que se apresenta como uma grande unidade dentro do Sistema de Oncologia e Saúde em Angola (BANGO, 2013). Quanto ao serviço de radioterapia, o instituto conta com um acelerador linear multienergia Varian (Figura 9), capaz de emitir duas energias de fótons (6 e 15 MeV) e outros dois de elétrons (6 e 9 MeV), oferecendo serviços de radiologia para tomografia computadorizada, ressonância magnética, ultrassom, mamografia fixa e móvel, além de equipamentos de raios X (ARMANDO, 2014).

Figura 9: Imagem do acelerador linear utilizado no Serviço de Radioterapia do CNO.



Fonte: BANGO (2013).

Esta unidade de processamento pode emitir uma ampla faixa de energias de raios X e elétrons, permitindo que se escolha a energia mais adequada para cada tratamento. A energia utilizada oscila entre 4 MV e um máximo de 25 MV (BANGO, 2013).

No serviço de radioterapia do instituto não são empregadas as técnicas de braquiterapia e IMRT. Sendo assim, no tratamento envolvendo a radioterapia é utilizado apenas a teleterapia, na modalidade 3DCRT.

É necessário reiterar a importância da radioterapia no tratamento de diferentes tipos de câncer. Nesse sentido, a radioterapia tem uma contribuição considerável para o tratamento realizado no CNO, com 63% dos pacientes tratados beneficiando-se de quimioterapia/radioterapia simultaneamente, 17% beneficiando de radioterapia isolada e 9% beneficiando de quimioterapia/radioterapia/cirurgia simultaneamente (BANGO, 2013).

Constitui-se como principal desafio a falta de um sistema de informação para determinar gravidade do câncer no país; a existência de apenas um centro especializado para dar cobertura a uma população estimada em 32,87 milhões de habitantes; número reduzido de médicos especialistas em oncologia; falta de estrutura de ensino, pesquisa e extensão acadêmica; falta de colaboração multidisciplinar e multissetorial nacional e internacional; por fim, a falta de especialistas em física médica (ARMANDO, 2014).

Segundo a Associação Brasileira de Física médica (ABFM, 2021), “os profissionais de Física Médica são indispensáveis na utilização de tecnologias de ponta como aceleradores lineares clínicos, tomógrafos gama, sistema de braquiterapia de alta taxa de dose, tomógrafos de ressonância magnética, assim como na garantia da qualidade dos serviços de saúde prestados à sociedade”.

Para suprir a carência de profissionais na área da radioterapia, o governo angolano assinou um acordo com o Ministério da Saúde do Brasil, que prevê a capacitação de novos profissionais angolanos no INCA em especialidades relacionadas à oncologia, como radioterapia, radiologia, oncologia cirúrgica, etc. O documento foi assinado pelo ministro da Saúde brasileiro Luiz Henrique Mandetta e sua colega angolana Sílvia Lutucuta (INCA, 2019).

O instituto nacional de câncer (INCA, 2021), enfatiza que: “O projeto de cooperação tem como objetivos consolidar a Política e o Plano Nacional de Prevenção e Controle do Câncer em Angola e melhorar a atenção prestada aos pacientes do Instituto Angolano de Controlo do Câncer (IACC) no que diz respeito à detecção precoce, à confirmação diagnóstica e ao tratamento do câncer”.

Neste sentido, o poder executivo angolano juntamente com a direção do Centro Nacional de Oncologia (CNO) têm feito um grande trabalho para melhorar a qualidade dos tratamentos oncológicos oferecidos à população, investindo na capacitação dos seus quadros e melhorando a qualidade de ensino nacional.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho que teve como foco principal mostrar a importância do físico médico no setor da radioterapia, as técnicas utilizadas e a finalidade deste tratamento, e ainda, apresentar a realidade da radioterapia em Angola. Através da pesquisa bibliográfica, foi possível mostrar o papel importante da radioterapia no tratamento do câncer, possibilitando evitar o aumento das células cancerígenas, muitas vezes impedindo que elas se espalhem para outras partes do corpo, até o ponto em que a doença desapareça completamente.

Foi possível perceber que, no serviço de radioterapia, a presença do físico médico é indispensável, pois ele é responsável pelo plano de tratamento radioterápico, por revisar e liberar o planejamento para o médico radioncologista. O planejamento da radioterapia envolve a criação da melhor matriz de campo possível, entregando a dose prescrita ao alvo, reduzindo a dose para órgãos adjacentes e instruindo o acelerador linear sobre como entregar a dose calculando as unidades monitoras. Além do planejamento, o físico médico é responsável pelo controle de qualidade de todos os equipamentos, garantindo a eficiência do processo de tratamento e aderente ao plano de proteção radiológica de toda a equipe envolvida.

Sobre a cobertura dos serviços de radioterapia em Angola, baseando-se no estudo realizado, podemos inferir que a cobertura assistencial dos serviços de radioterapia, tanto a nível provincial de Luanda como a nível nacional, é inadequada dada a carência de hospitais de referência e de profissionais qualificados. O serviço disponível atualmente, necessita de um planejamento urgente e plena utilização dado o número de doentes que necessitam de radioterapia.

Por meio deste trabalho, espero poder contribuir para futuras pesquisas relacionadas à contribuição da radioterapia na melhoria da assistência à saúde dos pacientes em acompanhamento no Centro Nacional de Oncologia (CNO), em Luanda-Angola. Como apresentado, a radioterapia tem um papel importante no tratamento do câncer. Por meio de sua aplicação, os resultados podem evitar o aumento das células cancerígenas, muitas vezes impedindo que elas se espalhem para outras partes do corpo, até mesmo a um nível em que a doença desapareça completamente, o que pode ocorrer com o uso da quimioterapia no tratamento, por exemplo.

Por fim, este trabalho inclui apenas uma introdução aos tópicos discutidos, pois o escopo da radioterapia é muito amplo e não se limita aos conteúdos e tópicos abordados até o momento. O principal objetivo foi apresentar este tema, pouco explorado e conhecido pelos

alunos licenciados em física, para mostrar que a física como campo também contribui para o desenvolvimento de técnicas diagnósticas e terapêuticas em patologia médica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A.C.Camargo Cancer Center. **Orientações para Pacientes Radioterapia**. São Paulo. 2020.

Almeida, Lucas Soares; Geraldo, Jony Marques. **CONTROLE DE QUALIDADE E OUTRAS QUESTÕES RELEVANTES SOBRE DOSÍMETROS CLÍNICOS E SEU USO**. Radioterapia Mineira. 2020. Disponível em: <<http://www.radioterapiamineira.org/carcinogenese-radioinduzida>>. Acessado em: 03 de jun. de 2022

ALMEIDA, Camila Brito de. **Radioterapia de Intensidade Modulada (IMRT): princípios e técnicas**. 2012. 1 CD-ROM. Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Física Médica) - Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Instituto de Biociências de Botucatu, 2012. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/117978>>. Acessado em: 30 de mai. de 2022.

Angola: aspectos gerais. Disponível em: <<https://www.worldbank.org/pt/country/angola/overview>>. Acessado em: 29 de jun. 2022.

ANDREUCCI, Ricardo. **Proteção Radiológica / Aspectos Industriais**. Ed JUN./2019.

ARMANDO, António et al. **A epidemiologia do cancro em Angola Resultados do Registo de Cancro do Centro Nacional de Oncologia de Luanda/Angola**. 2015.

ARMANDO, António. **REGISTRO DE CÂNCER DE BASE POPULACIONAL: ANÁLISE DA FACTIBILIDADE DA SUA IMPLANTAÇÃO EM ANGOLA**. 2014. 145 f. Tese (Doutorado em Epidemiologia) - Faculdade de Medicina, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014. Disponível em: Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/196607/000920044.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acessado em: 14 de jun. 2022.

Atualização para técnicos em radioterapia / Instituto Nacional de Câncer (Brasil). - Rio de Janeiro: INCA, 2010. Disponível em: <https://www.inca.gov.br/sites/ufu.sti.inca.local/files/media/document/atualizacao_para_tecnicos_em_radioterapia.pdf>. Acessado em: 30 jun. 2022.

BARROS, Catarina da Silva. **Estudo, avaliação e optimização em radioterapia - IMRT**. Orientador: Adelaide de Jesus. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova Lisboa, Lisboa, 2010. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10362/4797>. Acesso em: 9 mai. 2022.

BANGO, Euclides Chilemo Zacarias. **Contributo da Radioterapia na Melhoria dos Cuidados de Saúde no Centro Nacional de Oncologia – Luanda**. 2013. 47 f. Dissertação (Mestrado em Radiações Aplicadas às Tecnologias da Saúde) – Instituto Politécnico de Lisboa, Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa, Lisboa, 2013. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10400.21/3938>>. Acessado em: 14 de jun. 2022.

BERDAKY, Mafalda F.; CALDAS, Linda V.E. **IMPLANTAÇÃO DE UM PROGRAMA DE CONTROLE DE QUALIDADE DE UM ACELERADOR LINEAR DE 6 MeV DE FÓTONS**. Radiol Bras, V. 34, p.281–284, 2001.

BERDAKY, M. F. **Implantação de um serviço de radioterapia com acelerador linear (fótons): Testes de aceitação, dosimetria e controle de qualidade.** 2000. 82 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear) Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo.

Cálculo de Blindagem – BrasiRad. Disponível em: <<https://brasilrad.com.br/servicos-antiga/calculo-de-blindagem/>>. Acessado em: 07 de jun. de 2022

Cancro mata 683 pessoas em 2020. **Jornal de Angola**, Luanda, 13 de fev 2021. Disponível em: <<https://www.jornaldeangola.ao/ao/noticias/cancro-mata-683-pessoas-em-2020/>>. Acessado em: 15 de mai. de 2022.

CABIA, Nayara Cardoso. **Radioterapia com elétrons.** 2009. 1 CD-ROM. Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Física Médica) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Botucatu, 2009. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/118445>>. Acessado em: 30 jun. 2022.

COLLACITE, Ana Luiza. **Levantamento radiométrico, cálculo de blindagem e planejamentos rotineiros realizados no Instituto de Radioterapia do Vale do Paraíba e no Hospital Regional de Taubaté no período de 2006, 2007, e 2008.** 2008, 110. Trabalho de conclusão (bacharelado – Física médica) – Instituto de Biociências de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, São Paulo, 2008. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/118704/collacite_al_tcc_bot.pdf?sequence=1>. Acessado em: 10 de Jun. 2022

COSTA, Maria Adelina et al. **Radioterapia de intensidade modulada do feixe (IMRT)** - ilustração da técnica, suas indicações e vantagens. In: 55º CONGRESSO NACIONAL DA SPORL, 2., 2008, Vilamoura. **Congresso [...]**. 2009. v. 47, p. 95-99.

COSTA, Damião Ferreira da Silva. **Os princípios físicos do tratamento de câncer por radioterapia.** Orientador: Marcos Antônio Matos Souza. 2017. 75 p. Trabalho de conclusão de curso (Licenciatura em Física) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Parnaíba, 2017.

DA SILVA, Ana Ribeiro et al. A RADIOTERAPIA E O TRATAMENTO DO CÂNCER. Faculdade INESUL, Londrina, Paraná, [2019?]. Disponível em: <https://www.inesul.edu.br/revista/arquivos/arq-idvol_64_1569875565.pdf>. Acessado em: 30 jun. 2022.

DANIEL, Massuena Jesus Lopes. **Avaliação de necessidades em doentes oncológicos terminais acompanhados-Instituto Angolano de Controlo do Câncer e seus cuidadores.** 2020. 107 f. Dissertação (Mestrado em Cuidados Paliativos) - Faculdade de Medicina, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/51936/1/12710_Tese.pdf>. Acessado em: 14 de jun. 2022.

DE SOUZA, Damaris Pacífico et al. **A importância da radioterapia no tratamento do câncer de mama.** Brazilian Journal of Surgery and Clinical Research – BJSCR. RONDONIA. Vol.25, n.1, pp.35-38 (Dez 2018 – Fev 2019).

DE SOUZA, Anderson Sorgatti. **Análise quantitativa dos parâmetros físicos e radiométricos de processamento radioterápicos em tumores de mama.** 2013. 24p. Monografia (Graduação em Física Médica) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Instituto de Biociências, São Paulo, 2013.

DE AZEVEDO, Ana Cecília Pedrosa. **Radioproteção em Serviços de Saúde.** Disponível em: <<http://www.fiocruz.br/biossegurancahospitalar/dados/material10.pdf>>. Acessado em: 01 jul. 2022.

DE CHIARA, Ana Cláudia M. **Impacto da radioterapia de intensidade modulada nas blindagens da sala de tratamento.** In: XIV Congresso Brasileiro de Física Médica. Disponível em: <https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/42/039/42039869.pdf>. Acessado em: 20 de mai. de 2022.

DOS SANTOS, Gelson Pinto. **DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DOSIMÉTRICO MULTIDIODOS PARA GARANTIA DA QUALIDADE EM EQUIPAMENTOS RADIOTERAPÊUTICOS.** 2002. 75 f. Dissertação (Mestrado em Ciências: Tecnologia Nuclear- Aplicações) – Instituto de Pesquisa Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002. Disponível em: <https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/41/064/41064244.pdf>. Acessado em: 03 de Jun. 2022

EBERLIN, Bárbara Büscher von Teschenhausen. **Dosimetria Física e Controle de Qualidade em Radioterapia.** 2008. 1 CD-ROM. Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Física Médica) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Botucatu, 2008. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/118929>>. Acessado em: 03 de Jun. 2022.

Física Médica - Sociedade Brasileira de Física (SBF). Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/v1/arquivos_diversos/4CNCTel/medica.pdf>. Acessado em: 29 de mai. de 2022.

FURNARI, L. Controle de qualidade em radioterapia. **Revista Brasileira de Física Médica**, [S. l.], v. 3, n. 1, p. 77–90, 2015. DOI: 10.29384/rbfm.2009.v3.n1.p77-90. Disponível em: <<https://www.rbfm.org.br/rbfm/article/view/37>>. Acessado em: 30 jun. 2022.

FANTON, Fernanda. **A importância da Radioterapia e do processo de acompanhamento em mulheres com câncer de mama após o fim do tratamento.** Curso Superior de Tecnologia em Radiologia, Projeto de Intervenção Profissional II, Semestre 2019/4, Caxias do Sul. Disponível em: <<https://repositorio.ucs.br/11338/5852>>. Acessado em: 30 jun. 2022.

FERRIGNO, Robson. **Panorama da Radioterapia no Brasil.** Sociedade Brasileira de Radioterapia – SBRT. Disponível em: <http://www.oncoguia.org.br/pub/15_oncoguia_noticias/Panorama_Radioterapia_Brasil.pdf>. Acessado em: 30 jun. 2022.

FERRIGNO, Robson; DE ARAÚJO, Carlos M. Mendonça; DA SILVA, João Luis Fernandes. Aplicações Clínicas de IMRT. In: DE ALMEIDA, Carlos E. **Bases físicas de um programa**

de garantia da qualidade em IMRT. Editor científico: Carlos Eduardo de Almeida. – Rio de Janeiro: Centro de Estudos do Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes /UERJ, 2012. il.; 259 p.

HADDAD, Cecília M. Kalil; NEVES-JUNIOR, Wellington F. Pimenta. Descrição Geral da Técnica de IMRT. In: DE ALMEIDA, Carlos E. **Bases físicas de um programa de garantia da qualidade em IMRT.** Editor científico: Carlos Eduardo de Almeida. – Rio de Janeiro: Centro de Estudos do Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes /UERJ, 2012. il.; 259 p.

HADDAD, Cecilia Kalil. **A importância da Física Médica no cenário de desenvolvimento do País.** Disc. Scientia. Série: Ciências Naturais e Tecnológicas, S. Maria, v. 12, n. 1, p. 8-10, 2011.

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER (Brasil). **Cartilha - Radioterapia.** Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <<https://www.inca.gov.br/tratamento/radioterapia#:~:text=Quando%20n%C3%A3o%20%C3%A9%20poss%C3%ADvel%20obter,sintomas%2C%20proporcionando%20al%C3%ADvio%20aos%20pacientes>>. Acessado em: 13 mai. 2022.

Instituto Angolano de Controlo do Câncer (Angola). **Estatísticas.** Luanda, 2021. Disponível em: <<https://iacc-angola.ao/estatisticas/>>. Acessado em: 15 de mai. de 2022

Instituto do Câncer Rio Preto (Brasil). **TRATAMENTO RADIOTERÁPICO OU RADIOTERAPIA.** São Paulo, 2021. Disponível em: <<https://incariopreto.com.br/radioterapia-11/>>. Acessado em: 18 de mai. de 2022

Instituto Oncoguia (Brasil). **A importância da equipe multidisciplinar durante a radioterapia.** São Paulo, 2021. Disponível em: <<http://www.oncoguia.org.br/conteudo/equipe-multidisciplinar/4618/698/>>. Acessado em: 02 de jun. de 2022

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER (Brasil). **Programa de Qualidade em Radioterapia.** Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <<https://www.inca.gov.br/programa-qualidade-em-radioterapia>>. Acessado em: 07 de jun. de 2022.

Informe ATS: avaliação de tecnologia em saúde/ Agência Nacional de Saúde Suplementar. Ano 1 (jun. 2008). Dados eletrônicos. - Rio de Janeiro: ANS, 2008. Disponível em: <<https://www.gov.br/ans/pt-br/arquivos/centrais-deconteudo/2009/20091105radioterapiaimrt-pdf>>. Acessado em: 18 de mai. de 2022.

LOPES, Lygia Vieira. **Cancro da Mama em Angola Caracterização clínico-patológica e recursos necessários para a definição e concretização de um programa de ação.** 2009. 117 f. Tese (Doutorado em Ciências Médicas) - Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar, Universidade do Porto, Porto, 2009. Disponível em: <<https://hdl.handle.net/10216/90869>>. Acessado em: 14 de jun. 2022.

MONTEIRO, Armanda G. Carvalho Reis. **Comparação de duas Técnicas de Radioterapia de Intensidade Modulada no tratamento do cancro da próstata.** Repositório Científico do Instituto Politécnico do Porto, Porto, ano 2015, p. 2-20, 4 fev. 2016.

MONTEIRO, Daniella Santos; et.al. **Tratamento Radioterápico do Câncer de Próstata**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 2, Vol. 13. pp 474-481., janeiro de 2017. ISSN: 2448-0959

Ministério da Saúde (Brasil). Instituto Nacional de Câncer. Curso para técnicos em radioterapia. Rio de Janeiro: INCA, 2000.

Morales, Felipe de Carvalho. **Sistema de Acelerador Linear Comercial para Radioterapia**. 2011. 90 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica) - Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2011. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/120065/morales_fc_tcc_guara.pdf?seq>. Acessado em: 30 jun. 2022.

Ministério da Ciência e Tecnologia (Brasil), Comissão Nacional de Energia Nuclear, **Resolução CNEN nº 164/14, Norma CNEN NN-3.01 de março de 2014**. Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia. 2014.

MOREIRA, João Vítor de Almeida. **Radiobiologia – efeito das radiações ionizantes na célula – e formas de proteção das radiações ionizantes**. 2011. 91 f. Dissertação (Mestrado em Medicina) – Instituto de Ciências da Saúde, Universidade da Beira Interior, Cavilhão, 2011. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10400.6/987>>. Acessado em: 01 de jul. 2022.

NICOLUCCI, Patrícia. 3DCRT e IMRT. 27-27 de oct de 2020. Notas de Aula.

Organização Mundial da Saúde (OMS). **Contribuindo para a melhoria da Saúde em Angola**. Disponível em: <<https://www.afro.who.int/sites/default/files/countries/Angola/Relat%C3%B3rio%20Bianual%20da%20OMS%20em%20Angola%202018-2019.pdf>>. Acessado em 25 de jun. 2022.

OKUNO, Emico. **Radiação: efeitos, riscos e benefícios**. São Paulo: Ocina de Textos, 2018.

OKUNO, E. et al. Física para ciências biológicas e biomédicas. São Paulo: Harbra, 1982.

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

PIMENTA, Elsa Bifano. **Dosimetria Experimental de Modalidades de Radioterapia de Mama 3D-CRT, sIMRT e IMAT em Fantoma de Tórax**. 2019. 103 f. Dissertação (mestrado em Ciências e Técnicas Nucleares) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2019. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/1843/30458>>. Acessado em: 29 de mai. 2022.

Radioterapia: orientações aos pacientes / Instituto Nacional de Câncer. Coordenação Geral de Ações Estratégicas. Divisão de Comunicação Social. – 2ª reimp. Rio de Janeiro: INCA, 2011.

RICHARD, andré melo; SANTOS, helena cunha. **IMRT e a proteção radiológica no tratamento do câncer de próstata**. Brazilian Journal of Radiation Sciences, [S. l.], v. 3, n. 1, 2015. DOI: 10.15392/bjrs.v3i1.98. Disponível em: <<https://www.bjrs.org.br/revista/index.php/REVISTA/article/view/98>>. Acesso em: 1 jul. 2022.

RODRIGUES, Fátima Hernandes. **O QUE FAZ UM FÍSICO NO HOSPITAL?** Revista Didática Sistemática, ISSN 1809-3108, Volume 5, janeiro a junho de 2007. Disponível em: <<http://repositorio.furg.br/bitstream/handle/1/630/O.que.faz.um.f%C3%ADsico.no.hospital.pdf?sequence=1>>. Acessado em: 10 de jun. 2022.

UNEP - United Nations Environment Programme. **RADIAÇÃO EFEITOS E FONTES.** UNEP, 2016. Disponível em: <<http://www.aben.com.br/Arquivos/544/544.pdf>>. Acessado em: 01 de jul. 2022.

YOSHIMURA, E. M. Física das Radiações: interação da radiação com a matéria. **Revista Brasileira de Física Médica**, [S. l.], v. 3, n. 1, p. 57–67, 2015. DOI: 10.29384/rbfm.2009.v3.n1.p57-67. Disponível em: <<https://www.rbfm.org.br/rbfm/article/view/35>>. Acessado em: 2 jul. 2022.