



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Curso de Graduação em Física Médica

WALTER JUNIOR SIEPIERSKI

**AVALIAÇÃO DAS DOSES DE RADIAÇÃO ENVOLVIDAS EM
PROCEDIMENTOS DE RADIOTERAPIA EM GESTANTES E
POSSÍVEIS EFEITOS DA RADIAÇÃO IONIZANTE NO FETO**

**Uberlândia
2022**

WALTER JUNIOR SIEPIERSKI

**AVALIAÇÃO DAS DOSES DE RADIAÇÃO ENVOLVIDAS EM
PROCEDIMENTOS DE RADIOTERAPIA EM GESTANTES E
POSSÍVEIS EFEITOS DA RADIAÇÃO IONIZANTE NO FETO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Física da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Física Médica.

Orientadora: Prof^a. Dra. Ana Paula Perini.

**Uberlândia
2022**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Curso de Graduação em Física Médica

WALTER JUNIOR SIEPIERSKI

Banca Examinadora:

Orientadora: Prof^a. Dra. Ana Paula Perini

Mestre em Ciências Daniela Carvalho Silva
Membro

Mestre em Ciências Lucas Wilian Gonçalves de Souza
Membro

**Uberlândia
2022**

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me dar forças todos os dias e me fazer perseverar nessa etapa da minha vida.

A meus pais Walter e Eliane, e minhas irmãs Luana e Larissa pelo carinho recebido nas ligações quase diárias, durante esses anos longe de casa.

À toda minha família, minha avó Estelita e meu avô Boleslaw, todos os tios, tias primos, primas e amigos.

À minha namorada Eduarda e a sua família por todo apoio e motivação que me deram.

À minha orientadora Profa. Dra. Ana Paula Perini por toda atenção e ensinamentos, assim como toda a Universidade Federal de Uberlândia.

RESUMO

A incidência de surgimento de algum tipo de câncer em mulheres grávidas ocorre com baixa frequência, no entanto, procedimentos de radioterapia em gestantes exigem cuidados especiais diferentes de um tratamento realizado em condições normais. No caso de tratamento de gestantes, é necessário incluir o feto no planejamento de proteção radiológica, onde se faz necessária a utilização de uma blindagem abdominal de chumbo como forma de resguardar o feto da radiação. O cuidado com o feto é importante porque caso receba valores de doses de radiação significantes, corre sérios riscos de desenvolver alguma anomalia como: o retardo mental e do desenvolvimento, a microcefalia, alguma teratogenia, entre outros. Este trabalho de revisão bibliográfica visa analisar casos reais e simulações em cenários de radioterapia de mulheres grávidas, com a finalidade de obtenção dos valores de dose de radiação no tratamento e para o feto. Para isso, foram selecionados artigos científicos que continham informações relacionadas aos tratamentos de radioterapia para mulheres grávidas, bem como os valores de doses envolvidos. Após a seleção dos artigos, foi feito um fichamento para coletar as informações relevantes. Por meio do levantamento bibliográfico realizado neste trabalho, pode-se concluir que apesar das consequências que podem advir da exposição à radiação ionizante, é possível tratar alguns tipos de câncer que podem se desenvolver durante a gravidez por meio da radioterapia, sempre tentando resguardar o feto, por meio de barreiras de proteção.

Palavras-chave: radioterapia; gestantes; proteção radiológica; feto.

ABSTRACT

The incidence of the appearance of some type of cancer in pregnant women occurs with low frequency, however, radiotherapy procedures in pregnant women require special care different from a treatment performed under normal conditions. In the case of treatment of pregnant women, it is necessary to include the fetus in the planning of radiological protection, where the use of an abdominal lead shield is necessary as a way of protecting the fetus from radiation. Care for the fetus is important because if it receives significant radiation doses, it may develop some anomaly such as: mental and growth retardation, microcephaly, some teratogenicity, among others. This bibliographic review aims to analyze real cases and simulations in radiotherapy scenarios for pregnant women, in order to obtain radiation dose values for the treatment and for the fetus. For this, scientific papers were selected, with information related to therapy treatments for pregnant women, as well as the values of radiation doses involved in the treatment. After selecting the articles, the relevant information were collected. Through the bibliographic review carried out in this work, it may be concluded that despite the consequences that may arise from exposure to ionizing radiation, it is possible to treat some types of cancer that may develop during pregnancy through radiotherapy, always trying to protect the fetus, using protective barriers.

Keywords: radiotherapy; pregnant women; radiation protection; fetus.

Lista de Figuras

Figura 1- Acelerador linear Clinac 6/100 da Varian	16
Figura 2- Equipamento para radiocirurgia Leskell Gamma Knife	17
Figura 3- Vista em corte da proteção abdominal usada no Trabalho de Nuyttens <i>et al.</i> , (2002).....	19
Figura 4- Exemplo de equipamento de cobaltoterapia	20
Figura 5- Cenário de planejamento do tratamento de radioterapia com o objeto simulador Alderson-Rando-water e câmara de ionização posicionados no equipamento, com a utilização de proteção abdominal de chumbo	20
Figura 6- Mulher grávida com escudo de chumbo em radioterapia.....	22

Lista de Tabelas

Tabela 1- Efeitos biológicos no feto em função da dose e período gestacional.....**13**

Tabela 2- Tipos de câncer, doses de radiação envolvidas, equipamentos utilizados e uso de proteção para o feto em tratamentos para mulheres grávidas em radioterapia**23**

Sumário

1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVOS.....	11
3. REVISÃO DA LITERATURA	12
3.1.Efeitos biológicos da radiação.....	12
3.2 Relevância de desastres radioativos.....	13
3.3 Princípio da proteção radiológica.....	14
4. MATERIAIS E METODOLOGIA	14
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	15
5.1 Tumores cerebrais	15
5.2 Cânceres de cabeça e pescoço	18
5.3 Cânceres de mama.....	21
5.4 Cânceres do colo de útero	22
6. CONCLUSÃO	25
REFERÊNCIAS.....	27

1. INTRODUÇÃO

Os estudos sobre a radiação ionizante começaram no final do século XIX, pelo físico e engenheiro mecânico alemão Wilhelm Conrad Rontgen (1845 – 1923), por meio de seus experimentos com descargas elétricas em tubo de raios catódicos, ou tubo de Crookes, quando descobriu os raios X [OKUNO, 2018]. Com isso, ele realizou a primeira radiografia da história, que foi da mão de sua esposa, rendendo-lhe o prêmio Nobel em Física, em 1901 [OKUNO, 2018].

Outros dois nomes de grande relevância para a evolução dos estudos envolvendo a radioatividade são: Antoine Henri Becquerel (1852 – 1908) e Marie Curie (1867 – 1934). O estudo realizado por estes dois pesquisadores contribuiu para o entendimento do comportamento da radiação e a sua interação com o tecido humano, o que trouxe a utilização da radioatividade por parte de muitos médicos e estudiosos em tratamentos de diversas doenças, iniciando, assim, a radioterapia [CARVALHO, 2014].

Para o tratamento do câncer, a radioterapia vem sendo bastante utilizada e, quando necessária, pode ser complementada com outros métodos como a quimioterapia e a cirurgia [INCA, 2021]. Por utilizar a radiação ionizante, se exige uma série de cuidados que devem ser tomados durante o tratamento, já que a interação da radiação com a matéria pode causar sérios danos, principalmente em indivíduos com multiplicação celular acelerada, como por exemplo o feto [SILVA; CAVALCANTI; CARNEIRO, 2014].

Apesar de apresentar baixa incidência (cerca de 1 caso de câncer a cada 1000 mulheres grávidas), os procedimentos radioterápicos, se necessários, durante a gravidez devem ser planejados com cautela, visto que o feto é altamente radiosensível e, por isso, deve-se encontrar maneiras de minimizar ao máximo o contato do bebê com a radiação em prol de evitar efeitos como: a teratogenia, as malformações, o retardo mental ou até mesmo o aborto [PECCATORI *et al.*, 2013; PETREK, 1994; HAMANN 2017; SNEED *et al.*, 1995].

2. OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo fazer uma revisão bibliográfica de casos e de simulações em que gestantes necessitaram de tratamento por radioterapia, analisando os valores de doses utilizadas no tratamento e no feto, assim como os possíveis efeitos deletérios provindos da radiação ionizante nos fetos.

Sendo assim, nota-se a importância do estudo bibliográfico das situações já ocorridas para o avanço tecnológico dos tratamentos radioativos em geral, e principalmente daqueles que envolvem pessoas ainda em formação (feto), focando e preservando assim, a qualidade de vida das gerações futuras.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. Efeitos biológicos da radiação

As primeiras reações observadas em decorrência da exposição exagerada à radiação ionizante foram dermatite aguda e queda capilar nas mãos e na cabeça, respectivamente, que foram as partes do corpo mais examinadas nas primeiras radiografias [OKUNO; YOSHIMURA, 2010]. A falta do controle da intensidade e energia do feixe de raios X, contribuiu para o agravamento dessas reações e aparecimentos dos efeitos biológicos. Classificam-se os efeitos biológicos da radiação ionizante quanto a sua natureza, como efeitos estocásticos ou reações teciduais [OKUNO; YOSHIMURA, 2010].

Os efeitos estocásticos ocorrem sem um valor mínimo de exposição, e o aumento da exposição está relacionado ao surgimento de uma anomalia, e não a gravidade da mesma [OKUNO; YOSHIMURA, 2010]. Este é um processo em que há alteração na molécula de DNA, a qual não é reparada pelo próprio organismo e passa a se replicar carregando uma nova informação genética. Normalmente o surgimento de tumor ocorre anos após a exposição [VELUDO, 2011].

As reações teciduais são aquelas relacionadas à morte celular, ocorrem a partir de um valor determinado de dose de radiação, e estão diretamente ligadas ao nível de dose, ou seja, quanto maior o valor de dose recebido, piores serão as consequências [VELUDO, 2011]. Portanto, o indivíduo pode desenvolver doenças como: queimadura local na pele, inflamação da mucosa no revestimento do trato gastrointestinal, escamação da pele, tireoidite, lesão pulmonar, vasculite, entre outros [CONNOR, 2019; OKUNO, YOSHIMURA, 2010].

Quando se trata de indivíduos em desenvolvimento embrionário, os efeitos causados em decorrência da exposição à radiação são diferentes em relação aos já citados anteriormente, isso porque o embrião é bastante radiossensível devido a sua alta taxa de diferenciação celular [D'IPPOLITO; MEDEIROS, 2005]. As patologias que podem surgir no feto, estão relacionadas ao período de formação e desenvolvimento de determinado órgão, pois é durante a formação de tecidos que há maior sensibilidade à radiação. Dessa forma, para cada estágio da gestação haverá riscos

e diferentes tipos de complicações, como as apresentadas na Tabela 1 [BASTA; BAK; ROSZKOWSKI, 2015, MAZZOLA *et al.*, 2019].

Tabela 1- Efeitos biológicos no feto em função da dose e período gestacional

PERÍODO GESTACIONAL	DOSE LIMITE (Gy)	POSSÍVEIS EFEITOS
Até 2 semanas	0,10	Aborto espontâneo
Até 8 semanas	0,10	Malformações, microcefalia e retardo no crescimento
Até 15 semanas	0,30	Diminuição de QI e microcefalia
Até 25 semanas	0,50	Microcefalia, retardo no crescimento, catarata e esterilidade
Após 25 semanas	0,50	Baixo risco de retardo no crescimento e de microcefalia

Fonte - Autor, 2022.

3.2 Relevância de desastres radioativos

Para se determinar a relação da radiação recebida e os seus efeitos, o acidente radioativo em Chernobyl (1986) e as bombas nucleares lançadas em Hiroshima e Nagasaki (1945), tiveram um papel importante nos estudos sobre os efeitos biológicos, pois durante esses acontecimentos os fetos, que estavam em desenvolvimento, apresentaram algumas anomalias, como as citadas na Tabela 1 [BRENT, 1984]. Vale ressaltar que a população afetada nos casos de acidentes radioativos, receberam uma quantidade de radiação bastante elevada, diferentemente de procedimentos médicos, que utilizam doses menores e com um controle adequado. No entanto, é muito importante estudar estes casos para a obtenção de parâmetros da interação da radiação com o ser vivo em desenvolvimento embrionário [D'IPPOLITO; MEDEIROS, 2005].

3. 3 Princípio da proteção radiológica

No uso da radiação ionizante faz-se de grande importância o princípio ALARA que em inglês significa: *As Low As Reasonably Achievable*, e traduzido significa: tão baixo quanto razoavelmente exequível, ou seja, para quaisquer procedimentos com o uso da radiação ionizante, a equipe profissional deve sempre buscar meios de minimizar os níveis de doses que chegam até o paciente e entregar resultados de boa qualidade, com objetivo de evitar uma exposição desnecessária à radiação ionizante e conseqüentemente o desenvolvimento de células cancerígenas futuramente [MILLER, 1983].

4. MATERIAIS E METODOLOGIA

Os materiais utilizados para o desenvolvimento deste trabalho foram artigos científicos encontrados em sites como: PubMed, SciELO, Google Scholar e Science Direct. Com isso, foram coletados os valores de doses de radiação envolvidos em procedimentos de radioterapia em gestantes, tanto de casos reais quanto de alguns testes realizados com objetos simuladores.

Dentre 21 artigos analisados e fichados, 9 deles foram selecionados por apresentar os seguintes critérios: o período da gestação, o método de tratamento, o uso ou não do escudo de chumbo, a dose prescrita para o tratamento e a dose fetal. Desta forma, foram excluídos os artigos que não continham todos estes quesitos citados.

Algumas palavras-chave para encontrar artigos relacionado a este tema foram: radioterapia, proteção radiológica e gravidez ou em inglês *radiotherapy, radiation protection and pregnant*.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

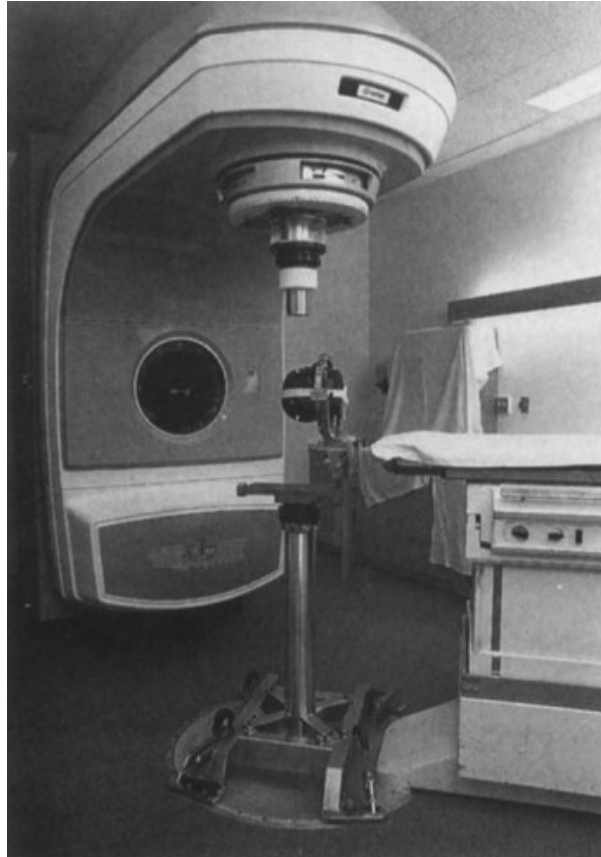
Para fazer a seção de resultados e discussões foram apresentados os casos de tratamento por radioterapia, avaliados de acordo com o tipo de tumor. Posteriormente, foi construída a Tabela 2 para reunir todos os estudos analisados.

5.1 Tumores cerebrais

Caso 01:

Paciente de 23 anos, na 26^a semana de gestação apresentando sintomas de enjojo, vômitos, tonturas e dores de cabeça [SNEED *et al.*, 1995]. Após a realização de ressonância magnética foi diagnosticado um ependimoma, tumor localizado no tronco cerebral [SNEED *et al.*, 1995]. Para o tratamento foi utilizado o acelerador linear Varian Clinac 6/100 de 6 MV (Figura 1), sendo a dose total ao final do tratamento de 68 Gray (Gy), fracionada em 62 sessões de 1 Gy e 3 sessões de 2 Gy [SNEED *et al.*, 1995]. Neste tratamento não foi utilizada a proteção de chumbo na região abdominal da mãe, devido à falta de estrutura capaz de suportar o peso de todo o aparato, sendo inviável o apoio da proteção diretamente sobre a barriga da paciente [SNEED *et al.*, 1995]. Sendo assim, apenas o uso de dosímetros termoluminescentes (TLD) foi utilizado para o controle dos níveis de dose que chegaram até o feto [SNEED *et al.*, 1995]. Ao final de todo o tratamento, foi registrada uma exposição fetal entre 0,054 Gy a 0,068 Gy [SNEED *et al.*, 1995]. O bebê nasceu de parto normal, pesando 1,45 kg e sem nenhuma sequela decorrente da exposição à radiação ionizante [SNEED *et al.*, 1995].

Figura 1- Acelerador linear Clinac 6/100 da Varian



Fonte – Figura retirada de Engler *et al.*, (1994).

Caso 02:

Paciente de 29 anos, na 27^a semana de gestação foi diagnosticada com um astrocitoma anaplásico envolto do trato óptico esquerdo [SNEED *et al.*, 1995]. Para o tratamento foi prescrita uma dose total de 78 Gy fracionada em 77 sessões, sendo a inicial de 2 Gy e as 76 restantes de 1 Gy, com o uso do acelerador linear Varian Clinac 6/100 de 6 MV [SNEED *et al.*, 1995]. Não houve uso de proteção abdominal com escudo de chumbo pelo mesmo motivo do caso 01, falta de suporte para escudo de chumbo, e foram utilizados apenas dosímetros TLD para registrar a dose fetal total que foi de 0,031 Gy [SNEED *et al.*, 1995]. O bebê nasceu saudável com 3,54 kg e sem nenhuma sequela devido à exposição à radiação ionizante [SNEED *et al.*, 1995].

Caso 03:

Paciente de 33 anos, na 14^a semana de gestação apresentando dores de cabeça e mudanças de humor, foi diagnosticada com um glioblastoma frontal multiforme, depois da realização de um exame de imagem por ressonância magnética

[MCGRANE *et al.*, 2012]. Para o tratamento foi prescrita uma dose total de 60 Gy fracionada em 30 sessões de 2 Gy, com o uso de um acelerador linear [MCGRANE *et al.*, 2012]. Neste caso, um escudo na região abdominal da mãe foi utilizado e com o uso de dosímetros TLD, a dose total registrada no feto foi de 0,005 Gy [MCGRANE *et al.*, 2012]. A criança nasceu saudável e dois anos depois do seu nascimento, continuou apresentando desenvolvimento normal [MCGRANE *et al.*, 2012].

Caso 04:

Paciente de 40 anos, na 24^a semana de gestação foi diagnosticada com um melanoma e submetida ao procedimento de radiocirurgia, utilizando o equipamento Leskell Gamma Knife modelo C [YU *et al.*, 2003] (Figura 2). O tratamento durou aproximadamente 8 minutos e utilizou uma única dose de 20 Gy no local do tumor [YU *et al.*, 2003]. Com o uso de dosímetros TLD na região abdominal da mãe, a exposição fetal medida foi de 0,002 Gy, cerca de 0,01% de toda a dose entregue a mãe [YU *et al.*, 2003]. Após 9 semanas, foi feito o parto por cesariana e até 14 meses de idade, o bebê não apresentou nenhuma sequela devido à exposição à radiação [YU *et al.*, 2003].

Figura 2- Equipamento para radiocirurgia Leskell Gamma Knife



Fonte – Figura retirada de Goetsch, (2002).

5.2 Cânceres de cabeça e pescoço

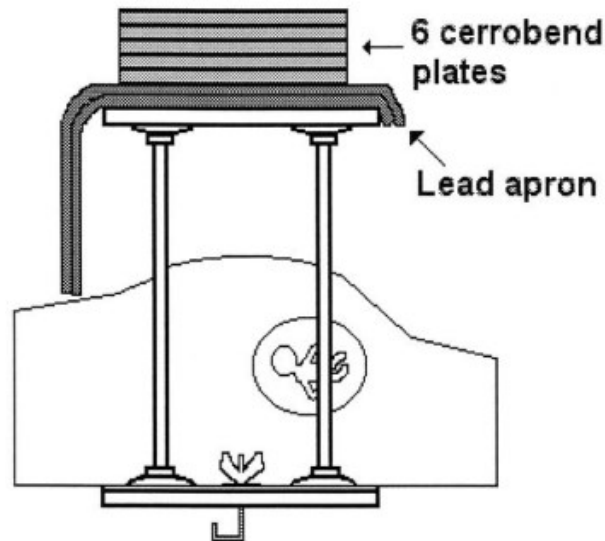
Caso 05:

Paciente de 29 anos, na 16^a semana de gestação foi diagnosticada com um carcinoma espinocelular na língua [NUYTTENS *et al.*, 2002]. Para evitar qualquer exposição fetal, a radioterapia foi adiada para depois do parto, mas, mesmo assim, foram feitas simulações com uso de objetos simuladores antropomórficos para determinar qual seria a dose fetal neste tratamento. A dose total prescrita foi de 64 Gy em frações de 2 Gy e foi usado um acelerador linear Varian Clinac 6/100 de 6 MV. Na simulação com o objeto Alderson-Rando e com a adesão do escudo de chumbo no abdômen, a dose fetal variou de 0,027 Gy a 0,086 Gy, enquanto sem a blindagem a dose fetal variou de 0,043 Gy a 0,129 Gy [NUYTTENS *et al.*, 2002]. Portanto, o uso da proteção abdominal promoveu a redução de aproximadamente 34% da dose que chegaria ao feto. A dose de radiação que chegou até o feto no procedimento, neste caso, foi de 0,09 Gy [NUYTTENS *et al.*, 2002].

Caso 06:

Paciente de 26 anos, na 27^a semana de gestação foi diagnosticada com doença de Hodgkin esclerosante [NUYTTENS *et al.*, 2002]. Parte do tratamento foi feito durante a gravidez, havendo uma interrupção para o parto, que foi de cesariana, e após 7 dias o tratamento foi retomado [NUYTTENS *et al.*, 2002]. Foi usado um acelerador linear Varian Clinac 6/100 de 6 MV e a dose total prescrita foi de 19 Gy fracionada em 12 sessões [NUYTTENS *et al.*, 2002]. Um objeto simulador Alderson-Rando foi utilizado para reproduzir o procedimento, e a dose fetal variou de 0,15 Gy a 0,53 Gy sem o uso de blindagem, já com o uso da proteção abdominal, composta por um avental de chumbo e placas de liga de cerrobend (Figura 3), a dose fetal variou de 0,11 Gy a 0,42 Gy [NUYTTENS *et al.*, 2002]. No procedimento real a dose estimada que o bebê recebeu foi de 0,42 Gy, portanto, o uso da proteção abdominal promoveu a redução de aproximadamente 21% para a dose máxima. Após a radioterapia, o bebê nasceu saudável e até 8 anos após seu nascimento desenvolveu-se normalmente, não apresentando retardo mental ou qualquer outra sequela em decorrência da exposição à radiação ionizante [NUYTTENS *et al.*, 2002].

Figura 3- Vista em corte da proteção abdominal usada no Trabalho de Nuyttens *et al.*, (2002)



Fonte– Figura retirada de Nuyttens *et al.*, (2002).

Caso 07:

Na década de noventa, 16 pacientes com doença de Hodgkin esclerosante nodular, que estavam entre a 6^a e 32^a semana de gestação, foram tratadas com a técnica de radioterapia [WOO *et al.*, 1992]. Destas 16 pacientes, 6 foram tratadas usando acelerador linear de 6 MV e as outras 10 com o Cobalto-60 (Figura 4). Para todos os casos a dose total foi de 40 Gy fracionado em 20 sessões de 2 Gy, com a utilização de proteção abdominal de chumbo [WOO *et al.*, 1992]. Com dosímetros TLDs e o objeto simulador Alderson-Rando-water (Figura 5), as doses fetais medidas em simulação para 9 das 16 pacientes, variaram entre 0,014 Gy a 0,055 Gy com o uso do acelerador linear, já com o Cobalto-60 a dose apresentou valores entre 0,1 Gy e 0,136 Gy [WOO *et al.*, 1992]. A blindagem conferiu ao feto, redução significativa da dose que o atingiu. Todas as 16 pacientes tiveram seus filhos sem nenhuma teratogenia [WOO *et al.*, 1992].

Figura 4- Fotografia de um equipamento de cobaltoterapia



Fonte– Figura retirada de IPEN, (2017).

Figura 5- Cenário de planejamento do tratamento de radioterapia com o objeto simulador Alderson-Rando-water e câmara de ionização, posicionados no equipamento, com a utilização de proteção abdominal de chumbo apresentado no trabalho de WOO *et al.*, (2002)



Fonte – Figura retirada de Woo *et al.*, (1992).

5.3 Cânceres de mama

Caso 08:

Paciente de 41 anos, entre a 4^a e 5^a semana de gestação, diagnosticada com um carcinoma ductal infiltrante grau 2 [LEONARDI *et al.*, 2017]. O tratamento de radioterapia foi adiado para a 15^a semana de gestação, e a dose prescrita foi de 21 Gy [LEONARDI *et al.*, 2017]. Foi utilizada um avental de chumbo de 2 mm no abdômen e, com o uso de dosímetro TLD a dose fetal medida foi de 0,00084 Gy, correspondendo a 0,004% da dose total prescrita no tratamento [LEONARDI *et al.*, 2017]. Para este tratamento foi utilizado o acelerador linear de 6 MV da marca Sordina IORT Technologies S.p.A. Ao fim da gestação (39 semanas) o bebê nasceu saudável [LEONARDI *et al.*, 2017].

Caso 09:

Paciente de 45 anos, foi diagnosticada com carcinoma ductal invasivo grau 2. O tratamento foi planejado e executado sem incluir a proteção fetal, pois no início era desconhecida a gravidez, que só foi descoberta no final da segunda semana do tratamento [ANTYPAS *et al.*, 1998]. Foi usado um acelerador linear de 6 MV e a dose prescrita foi 46 Gy fracionada em 20 sessões de 2,3 Gy [ANTYPAS *et al.*, 1998]. Para melhor planejamento do tratamento, foi usado o objeto simulador Alderson-Rando para verificar a dose que atingiria o feto com escudo de chumbo, que no caso foi de 0,038 Gy [ANTYPAS *et al.*, 1998]. Com o uso de dosímetro TLD a dose fetal acumulada foi 0,039 Gy correspondente a 0,085% da dose total recebida pela mãe [ANTYPAS *et al.*, 1998]. A radioterapia durou entre a 2^a e 6^a semana de gestação, e pelo tamanho do feto e distância em relação ao isocentro irradiado foi possível continuar o tratamento sem proteção abdominal [ANTYPAS *et al.*, 1998].

Caso 10:

Paciente de 41 anos, na 15^a semana de gestação foi diagnosticada com carcinoma ductal grau 3 [NGU *et al.*, 1992]. Para o tratamento utilizou-se um acelerador linear de 6 MV, dosímetros TLDs e proteção abdominal de 9 mm de chumbo (Figura 6) [NGU *et al.*, 1992]. A mama foi irradiada com uma dose total de 50 Gy fracionada em 25 sessões, e o feto recebeu aproximadamente 0,16 Gy até o

final da gestação [NGU *et al.*, 1992]. Considerando este mesmo caso, foi feito um estudo com objeto simulador Alderson-Rando, em que foi determinado o quanto de dose o feto receberia sem a proteção abdominal, que foi de aproximadamente 0,21 Gy, evidenciando uma redução de aproximadamente 24% do valor da dose fetal com a utilização da blindagem [NGU *et al.*, 1992].

Figura 6- Mulher grávida com escudo de chumbo em radioterapia



Fonte – Figura retirada de Ngu *et al.*, (1992).

5.4 Câncer do colo de útero

Caso 11:

Paciente de 41 anos, na 30ª semana de gestação, diagnosticada com câncer do colo do útero estágio 1B [GUSTAVSON *et al.*, 1981]. Para este caso, a paciente recebeu uma dose total de 40 Gy, utilizando um acelerador linear de 32,5 MV [GUSTAVSON *et al.*, 1981]. Não houve proteção de chumbo para o feto e, com isso, ele foi irradiado na região da cabeça e nasceu na 36ª semana de gestação por cesariana [GUSTAVSON *et al.*, 1981]. Inicialmente, não foi observado nenhum efeito congênito, no entanto, após 4 meses a menina apresentava alta sensibilidade a sons e, aos 8 meses surgiram problemas nas articulações e, também, microcefalia [GUSTAVSON *et al.*, 1981]. Aos 12 anos de idade ela tinha poucos cabelos, a sua dentição era malformada e escura, além de muita dificuldade em realizar quaisquer

movimentos. Aos 13 anos a menina morreu após agravantes provindos de uma pneumonia [GUSTAVSON *et al.*, 1981].

Após o estudo detalhado de todos os onze casos apresentados é possível visualizá-los em disposição informativa de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2- Tipos de câncer, doses de radiação envolvidas, equipamentos utilizados e uso de proteção para o feto em tratamentos para mulheres grávidas em radioterapia

AUTOR	CASO	TIPO DE CÂNCER	DOSE TUMORAL (Gy)	DOSE FETAL (Gy)	TIPO DE EQUIPAMENTO	USO DO ESCUDO DE CHUMBO
SNEED <i>et al.</i> , 1995	01	Cerebral	68	0,054 a 0,068	Acelerador linear	Não
SNEED <i>et al.</i> , 1995	02	Cerebral	78	0,031	Acelerador linear	Não
MCGRANE <i>et al.</i> , 2012	03	Cerebral	60	0,005	Acelerador linear	Sim
YU <i>et al.</i> , 2003	04	Cerebral	20	0,002	Gamma knife	Não foi informado
NUYTTENS <i>et al.</i> , 2002	05	Cabeça e Pescoço	64	0,090	Acelerador linear	Sim
NUYTTENS <i>et al.</i> , 2002	06	Cabeça e Pescoço	19	0,420	Acelerador linear	Sim
WOO <i>et al.</i> , 1992	07	Cabeça e Pescoço	40	0,014 a 0,055	Acelerador linear	Sim
WOO <i>et al.</i> , 1992	07	Cabeça e Pescoço	40	0,100 a 0,136	Cobalto-60	Sim
LEONARDI <i>et al.</i> , 2017	08	Mama	21	0,00084	Acelerador linear	Sim
ANTYPAS <i>et al.</i> , 1998	09	Mama	46	0,039	Acelerador linear	Não
NGU <i>et al.</i> , 1992	10	Mama	50	0,160	Acelerador linear	Sim
GUSTAVSON <i>et al.</i> , 1981	11	Colo do útero	40	40	Acelerador linear	Não

Fonte - Autor, 2022.

Os métodos radioterápicos mais usados nos casos, apresentados na Tabela 2, são os aceleradores lineares, que possuem o feixe de radiação com maior foco em relação ao Cobalto-60, o qual tende a espalhar mais a radiação [NGU *et al.*, 1992].

Outro fator, que deve ser observado de forma cuidadosa nestes casos, é a não utilização da proteção abdominal, ou escudo de proteção, colocado na mãe, mesmo com tantas evidências sobre seus benefícios em relação ao feto. Nos casos de câncer cerebral 01 e 02, de acordo com Sneed *et al.*, (1995), o aparato não pôde ser instalado pela falta de estrutura que suportasse todo o peso do material, sendo que este não poderia ser apoiado na barriga da paciente. Já no caso de câncer de mama 09, de acordo com Antypas *et al.*, (1998) não foi utilizada a blindagem devido ao desconhecimento da gestação e, posteriormente, a não utilização do protetor abdominal se justificou pela grande distância entre o local a ser irradiado e o feto. Por último, o caso 11 de câncer de colo de útero, de acordo com Gustavson *et al.*, (1981), não foi possível a proteção abdominal, pois o feto estava alojado no centro do alvo a ser irradiado e, por isso, recebeu toda a dose administrada no tratamento da mãe.

Sendo assim, de acordo com as informações expostas por Gustavson *et al.*, (1981), percebe-se que as variáveis do caso 11 não eram nada seguras para o feto, principalmente pelo fato de a distância entre a área cancerígena a ser tratada e o feto ser praticamente nula, impossibilitando assim o uso da proteção abdominal. Outro fator agravante foi o período gestacional em que a mulher se encontrava, 30^a semana, em que o bebê já tinha tamanho suficiente para ocupar uma área uterina grande, e, já estava com a cabeça virada para o colo do útero, região que recebeu a dose de 40 Gy, recebendo, assim, uma dose muito superior ao limite para o aparecimento de efeitos deletérios da radiação.

6. CONCLUSÃO

Por meio dos resultados apresentados neste trabalho, apesar das consequências que podem advir pela exposição à radiação ionizante, conclui-se que é possível tratar alguns tipos de câncer que podem se desenvolver durante a gravidez por meio da radioterapia, caso não possa esperar até o nascimento do bebê, tendo como base os princípios da radioproteção de otimização, justificção e limitação de dose. Sendo assim, dependendo da localização do câncer, é possível fazer uso de proteção abdominal que permite uma redução significativa na dose recebida pelo feto, exceto em casos como o de câncer do colo do útero em que o feto se encontra no centro do alvo a ser irradiado.

A partir do estudo dos casos apresentados neste trabalho nota-se a importância fundamental da presença de um profissional da área de Física Médica para o planejamento e execução de procedimentos radioterápicos. Os vários estudos e conhecimentos adquiridos sobre os efeitos biológicos da radiação ionizante em pessoas e, dos métodos mais adequados de proteção radiológica, proporcionam a eficácia e segurança a todos os envolvidos.

REFERÊNCIAS

- ANTYPAS, C., SANDILOS, P., KOUVARIS, J., BALAFOUTA, E., KARINOU, E., KOLLAROS, N., VLAHOS, L. (1998). **Fetal Dose Evaluation During Breast Cancer Radiotherapy**. *International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics*, 40(4), 995–999.
- BASTA, P., BAK, A., & ROSZKOWSKI, K. (2015). **Cancer treatment in pregnant women**. *Współczesna Onkologia*, 5, 354–360.
- BRENT, R. L. (1984). **The effects of ionizing radiation, microwaves, and ultrasound on the developing embryo: Clinical interpretations and applications of the data**. *Current Problems in Pediatrics*, 14(9), 8–87.
- CARVALHO, F. P. **Marie Curie: pioneira na descoberta da radioatividade, dos primeiros radionuclídeos e suas aplicações em medicina**. *Gazeta de Física*. Sociedade Portuguesa de Física, 2014.
- CONNOR, N (2019). **What is Deterministic and Stochastic Effect**. *Radiation Dosimetry*. Disponível em: < <https://www.radiation-dosimetry.org/what-is-deterministic-and-stochastic-effect-definition/> > Acesso em: 05 abr. 2022
- D'IPPOLITO, G. MEDEIROS, R. B. (2005). **Exames radiológicos na gestação**. *Radiologia Brasileira*, 38(6), 447–450.
- ENGLER, M. J., CURRAN, B. H., TSAI, J. S., STERNICK, E. S., SELLES, W. D., WAZER, D. E., ROCKWELL, M. T. (1994). **Fine tuning of linear accelerator accessories for stereotactic radiotherapy**. *International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics*, 28(4), 1001–1008.
- GOETSCH, S. J. (2002). **Risk analysis of Leksell Gamma Knife Model C with automatic positioning system**. *International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics*, 52(3), 869–877.
- GUSTAVSON, K. H., JAGELL, S., BLOMQUIST, H. K., NORDENSON, I. (1981). **Microcephaly, Mental Retardation and Chromosomal Aberrations in a Girl Following Radiation Therapy During Late Fetal Life**. *Acta Radiologica: Oncology*, 20(3), 209–212.

HAMANN, J. H (2017). **Afastamento de gestante das atividades com radiação contínua obrigatório mesmo após a Reforma Trabalhista**. CONTER - Conselho Nacional de Técnicos em Radiologia. Disponível em: < <http://conter.gov.br/site/noticia/nao-se-discute#:~:text=N%C3%83O%20SE%20DISCUTE> -, Afastamento%20de%20gestante%20das%20atividades%20com%20radia%C3%A7%C3%A3o, mesmo%20ap%C3%B3s%20a%20Reforma%20Trabalhista&text=A%20Reforma%20Trabalhista%20abriu%20a,e%20media%2C%20mediante%20atestado%20m%C3%A9dico. > Acesso em: 15 abr. 2022

INSTITUTO NACIONAL DO CANCER (INCA). **Tratamento do câncer**. 2021. Disponível em: < <https://www.inca.gov.br/tratamento#:~:text=O%20tratamento%20do%20c%C3%A2nc%20pode,ou%20transplante%20de%20medula%20%C3%B3ssea>. > Acesso em: 30 mar. 2022

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES (IPEN). **Transporte de pastilha de cobalto para máquina de radioterapia é autorizado**. 2017. Disponível em: < https://www.ipen.br/portal_por/portal/interna.php?secao_id=40&campo=8203 > Acesso em 26 jun. 2022

LEONARDI, M., CECCONI, A., LURASCHI, R., RONDI, E., CATTANI, F., LAZZARI, R., MORRAA, A., SOTO, S., ZANAGOLO, V., GALIMBERTI, V., GENTILINI O., PECCATORI F., JERECZEK-FOSSA, B ORECCHIA, R. (2017). **Electron Beam Intraoperative Radiotherapy (ELIOT) in Pregnant Women with Breast Cancer: From in Vivo Dosimetry to Clinical Practice**. Breast Care, 12(6), 396–400.

MAZZOLA, R., CORRADINI, S., EIDEMUELLER, M., FIGLIA, V., FIORENTINO, A., GIAJ-LEVRA, N., NICOSIA, L., RICCHETTI, F., RIGO, M., MUSOLA, M., CECCARONI, M., GORI, S., MAGRINI, S. M., ALONGI, F. (2019). **Modern radiotherapy in cancer treatment during pregnancy**. Critical Reviews in Oncology/Hematology.

MCGRANE, J., BEDFORD, T., KELLY, S. (2012). **Successful Pregnancy and Delivery after Concomitant Temozolomide and Radiotherapy Treatment of Glioblastoma Multiforme**. Clinical Oncology, 24(4), 311.

MILLER, D. L., SCHAUER, D (1983). **The ALARA principle in medical imaging.** philosophy, v. 44, p. 595-600.

NGU, S. L. C., DUVAL, P., COLLINS, C. (1992). **Foetal radiation dose in radiotherapy for breast cancer.** Australasian Radiology, 36(4), 321–322.

NUYTTENS, J., PRADO, K., JENRETTE, J., WILLIAMS, T. (2002). **Fetal dose during radiotherapy: clinical implementation and review of the literature.** Cancer/Radiothérapie, 6(6), 352–357.

OKUNO, E. **Radiação: efeitos, riscos e benefícios.** 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2018. 144 p.

OKUNO, E. YOSHIMURA, E. M. **Física das Radiações.** São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 296 p.

PECCATORI, F. A., AZIM, H. A., ORECCHIA, R., HOEKSTRA, H. J., PAVLIDIS, N., KESIC, V., PENTHEROUDAKIS, G. (2013). **Cancer, pregnancy and fertility: ESMO Clinical Practice Guidelines for diagnosis, treatment and follow-up.** Annals of Oncology, 24(suppl 6), vi160–vi170.

PETREK, J. A. (1994). **Breast cancer during pregnancy.** Cancer. 74(S1), 518–527. doi:10.1002/cncr.2820741341

SILVA, E. C. DE S., CAVALCANTI, M. B., CARNEIRO, P. F. P. (2014). **Radioterapia versus Radiossensibilidade Individual.** Caderno De Graduação - Ciências Biológicas e da Saúde - UNIT - PERNAMBUCO, 1(3), 111–117.

SNEED, P. K., ALBRIGHT, N. W., WARA, W. M., PRADOS, M. D., WILSON, C. B. (1995). **Fetal dose estimates for radiotherapy of brain tumors during pregnancy.** International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics, 32(3), 823–830.

VELUDO, P. C. **Efeitos da radiação X e níveis de exposição em exames imagiológicos: inquéritos a clínicos gerais.** 2011. 65 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) - Curso de Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2011.

WOO, S. Y., FULLER, L. M., CUNDIFF, J. H., BONDY, M. L., HAGEMASTER, F. B., MCLAUGHLIN, P., VELASQUEZ, W. S., SWAN, F. Jr., RODRIGUEZ, M. A., CABANILLAS, F., ALLEN, P. K., CARPENTER, R. J., (1992). **Radiotherapy during pregnancy for clinical stages IA–IIA Hodgkin’s disease**. *International Journal of Radiation Oncology*Biology*Physics*, 23(2), 407–412.

YU, C., JOZSEF, G., APUZZO, M. L. J., MACPHERSON, D. M., PETROVICH, Z. (2003). **Fetal Radiation Doses for Model C Gamma Knife Radiosurgery**. *Neurosurgery*, 52(3), 687–693.