



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

ANÁLISE QUANTITATIVA DOS PARÂMETROS FÍSICOS E
RADIOMÉTRICOS DE PROCEDIMENTOS RADIOTERÁPICOS EM
TUMORES DE MAMA

ANDERSON SORGATTI DE SOUZA

BOTUCATU
2013





UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

ANÁLISE QUANTITATIVA DOS PARÂMETROS FÍSICOS E RADIOMÉTRICOS DE
PROCEDIMENTOS RADIOTERÁPICOS EM TUMORES DE MAMA

ANDERSON SORGATTI DE SOUZA

Orientador: Prof. Dr. Marco Antônio Rodrigues Fernandes

Monografia apresentada ao Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Campus de Botucatu, para obtenção do título de Bacharel em Física Médica.

BOTUCATU

2013

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pelo fim de mais esta etapa e começo de uma nova caminhada.

Aos meus pais, Silvia Sorgatti e Marcos Aurélio de Souza, que me deram a oportunidade de cursar a faculdade, sempre estiveram ao meu lado nas minhas escolhas e pelo carinho e apoio que deram neste período.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Marco Antônio Rodrigues Fernandes, pela grande oportunidade de iniciação científica, paciência, dedicação, incentivo e conselhos que me ofereceu.

Ao meu amigo Natanael Izidoro pela paciência ao meu ensinar técnicas de tratamentos radioterapicos, e pelas diversas vezes que cedeu sua residência até de madrugada para realizar a elaboração deste TCC.

A todos os alunos da VI Turma de Física Médica da UNESP Botucatu por fazer desses quatro anos os melhores da minha vida.

Aos meus amigos de sala pela convivência diária Lucas Recco, Bruna Teiga, Maysa Costa, Guilherme Bulgraen, Renato Medeiros, Murilo Gaio, pela amizade, grupo de estudos e companheirismo.

Os meus amigos-irmãos da Republica Só-Kanela que sempre estiveram ao meu lado dando força, além dos momentos felizes que passamos juntos com conversas e muitas risadas.

RESUMO

O trabalho apresenta os parâmetros radiométricos determinados pelo físico médico durante a rotina do serviço de radioterapia nos planejamentos de casos de câncer de mama. Foram analisados os contornos do volume mamário de pacientes submetidos à radiação de tumores da mama no Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da UNESP de Botucatu (HCFMB) durante o ano de 2012. A fim de analisar a influência dos parâmetros físicos e radiométricos para a determinação da distribuição de dose do volume mamário irradiado, foram elaboradas quatro medidas de curvas de isodose em quatro alturas diferentes da mama, e comparadas com as curvas de isodose plotadas computacionalmente. Na rotina dos planejamentos, o físico médico precisa determinar a curva de isodose que proporciona a melhor homogeneidade na distribuição de dose do volume irradiado. A escolha do plano terapêutico pode ser feito por sistemas computacionais dedicados, os quais requerem investimentos significativamente onerosos, disponíveis em serviços que possuem melhor aporte financeiro. No Serviço de Física Médica do Setor de Radioterapia do HC FMB, utiliza-se um software para determinação bidimensional das curvas isodose, no entanto, este software encontra-se desatualizado e frequentemente fica inoperante face à falta de manutenção e por ser um sistema fechado sem viabilidade de interferências de profissionais de informática. Este fato exige a elaboração manual de curvas de isodose, as quais são sujeitas a incertezas devido à subjetividade na interpretação clínica do médico radioterapeuta e do físico médico responsável pelo planejamento, além de dispendiar de significativo tempo de cálculo. A escolha da curva de isodose ideal depende da energia do feixe de radiação, da geometria e dimensões da área irradiada. As avaliações dos contornos mamários estudadas neste trabalho mostraram que, para uma dada energia utilizada, como exemplo a energia de 1,25 MeV dos raios gamas da Unidade de Telecobaltoterapia, a determinação da porcentagem de dose profunda (PDP) calculada no ponto médio entre os campos interno e externo do contorno mamário, a uma distância correspondente a $1/3$ (um terço) inferior da altura do contorno, fornece o valor da curva de isodose adequada em 77,8% dos casos clínicos estudados e avaliados computacionalmente. Desta forma, na deficiência de funcionalidade dos sistemas computacionais, a aplicação da metodologia sugerida neste trabalho mostrou-se eficaz no sentido de otimizar o tempo de cálculo para a determinação da curva de isodose em planejamentos radioterápicos de tumores da mama.

ABSTRACT

The paper presents the radiometric parameters determined by the medical physicist during routine radiotherapy planning service in cases of breast cancer . The contours of the breast volume in patients undergoing radiation breast tumors at the Hospital das Clinicas, Faculty of Medicine , UNESP, Botucatu (HCFMB) during the year 2012 were analyzed . In order to analyze the influence of physical and radiometric parameters for the determination of the dose distribution of irradiated breast volume , four measurements of isodose curves were prepared in four different heights breast , and compared with the isodose curves plotted computationally . In the routine of planning , the medical physicist must determine the isodose curve that gives the best dose distribution homogeneity in the irradiated volume . The choice of the treatment plan can be done by dedicated computer systems , which require significantly costly investments available services having better financial support . In the Service of Medical Physics , Department of Radiotherapy , HC FMB , we use a two-dimensional software for determination of isodose curves , however , this software is out of date and frequently becomes inoperable due to the lack of maintenance and it is a closed system without feasibility of interference from computer professionals . This fact requires manual preparation of isodose curves , which are subject to uncertainties due to the subjectivity in the clinical interpretation of medical radiation oncologist and medical physicist responsible for planning , plus dispendiar significant calculation time . The choice of the optimal isodose curve depends on the energy of the radiation beam , the geometry and dimensions of the irradiated area . The contours of the breast studied in this work evaluations showed that , for a given energy input , such as the energy of 1.25 MeV of gamma radiation Unit Telecobaltoterapia , the determination of the percentage depth dose (PDP) calculated at the midpoint between the internal and external fields of the breast contour at a distance corresponding to $1/3$ (one third) height of the lower boundary , provides the proper amount of the isodose curve in 77.8 % of patients, and clinical cases computationally evaluated . Thus , the functionality of the systems computacionas disability , the application of the Methodology suggested in this work proved to be effective in optimizing the computation time for determining the curve isodose radioteráicos planning of breast tumors .

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Separação entre campos interno e externo.

Figura 02 - Altura do campo de radiação.

Figura 03 - Espessura de ar entre a linha inicial dos campos interno e externo.

Figura 04 - Cartas de isodose para feixes de raios-X produzidos em acelerador linear de 6 MeV para diferentes tamanhos de campo e a mesma distancia foco-superfície.

Figura 05 - Cartas de isodoses, com correção, em (a), com a presença de um pulmão, menos denso que a água; em (b), com a presença de osso, mais denso que a água.

Figura 06 - Contorno da mama com as linhas de isodose determinada.

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Valores medidos dos parâmetros geométricos e físicos do contorno das mamas (campo interno).

Tabela 02 - Valores medidos dos parâmetros geométricos e físicos do contorno das mamas (campo externo).

Tabela 03 - Valores da isodose em diferentes alturas do tecido mamário em trinta e seis contornos de mama.

SUMÁRIO

RESUMO.....	I
ABSTRACT.....	II
LISTA DE FIGURAS.....	III
LISTA DE TABELAS.....	IV
SUMÁRIO.....	V
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. ATUAÇÃO DO FÍSICO MÉDICO NA RADIOTERAPIA.....	1
1.2 RADIOTERAPIA – PRINCÍPIOS E TÉCNICAS	2
1.3 CÂNCER.....	4
1.4 CÂNCEROLOGIA BRASILEIRA – BREVE HISTÓRICO.....	4
1.5 CÂNCER DE MAMA.....	4
1.5.1 TIPOS DE CÂNCER DE MAMA.....	5
1.6 TRATAMENTOS DO CÂNCER DE MAMA.....	5
1.6.1 QUIMIOTERAPIA.....	5
1.6.2 HORMONIOTERAPIA.....	6
1.7 CIRURGIAS CONSERVADORAS.....	6
1.8 CIRURGIAS NÃO CONSERVADORAS.....	6
1.9 RADIOTERAPIA.....	7
1.9.1 TELETERAPIA.....	7
1.9.2 BRAQUITERAPIA.....	8
1.9.3 RADIOTERAPIA INTRAOPERATÓRIA.....	8
1.10 RADIOTERAPIA NO TRATAMENTO DO CÂNCER DE MAMA.....	8
1.11 OBJETIVO.....	9
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	10
2.1 SEPARAÇÃO ENTRE OS CAMPOS INTERNOS E EXTERNOS.....	10
2.2 ALTURA DO CAMPO DE RADIAÇÃO NA PROFUNDIDADE CORRESPONDENTE AO MEIO DA SEPARAÇÃO DOS CAMPOS.....	11
2.3 ESPESSURA DE AR.....	11
2.4 CURVAS DE ISODOSE.....	12
2.5 CURVA DE ISODOSE CALCULADA COMPUTACIONALMENTE (BI-	

DIMENSIONAL).....	15
2.6 MÉTODOS DE CÁLCULO DE DOSE EM RADIOTERAPIA EM CÂNCER DE MAMA.....	15
2.6.1 AVALIAÇÃO DA CURVA DE ISODOSE OBTIDA COMPUTACIONALMENTE.....	15
2.6.2 CÁLCULO DA ISODOSE: PDP CORRESPONDENTE A 1/3 DA ALTURA DA MAMA.....	15
2.6.3 CÁLCULO PELA DOSE-SUPERFÍCIE MÁXIMA.....	16
2.6.3.1 SISTEMA DE CÁLCULO DO SERVIÇO DE RADIOTERAPIA DA UNESP DE BOTUCATU.....	16
2.7 SISTEMA DE CÁLCULO DO SERVIÇO DE RADIOTERAPIA DO HOSPITAL MANOEL DE ABREU DE BAURU.....	16
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
4 CONCLUSÃO.....	22
5 REFERÊNCIA.....	23

1. INTRODUÇÃO

1.1 Atuação do físico médico na radioterapia.

No Brasil, estimativas apontam um grande número (cerca de 518 mil) de novos casos de câncer por ano, correspondendo a umas das doenças com maior número de óbitos, o que reforça a importância da prevenção e da eficiência do tratamento. A consequência desse fato é o aumento da quantidade de pacientes encaminhados a serviços especializados de radioterapia. O que, aliado ao desenvolvimento de novos equipamentos e técnicas terapêuticas, decorrentes do avanço tecnológico, evidencia a importância da atuação do físico médico em radioterapia na sua prática profissional.

Quando um paciente é diagnosticado com câncer, ele é encaminhado para um hospital especializado em oncologia para que seja submetido ao método de tratamento mais indicado para o seu caso. Existem diferentes técnicas e abordagens escolhidas conforme a indicação do médico oncologista: Cirurgia, Quimioterapia e Radioterapia, sozinhas ou associadas.

Na radioterapia, utilizam-se feixes de radiação ionizantes, produzidos por equipamentos de raios-X superficiais e de ortovoltagem, aceleradores lineares ou equipamentos com fonte radioativa, com doses de radiação adequadas para eliminar as células tumorais. Quando corretamente planejada e aplicada, é uma excelente técnica para tratar o câncer.

O trabalho em equipe do Serviço de Radioterapia é fundamental para o sucesso do tratamento. Cada um dos componentes da equipe tem sua importância. O físico-médico especialista em radioterapia é o responsável pelo planejamento radioterápico, contribui para a orientação do paciente e também deve garantir a proteção radiológica da equipe e funcionários do Serviço de Radioterapia.

A primeira etapa do planejamento radioterápico consiste na simulação dos campos de radiação e envolve a atuação do físico médico que deve delimitar as regiões anatômicas a serem irradiadas. A região sob radiação pode ser definida mediante imagens radiológicas obtidas por equipamentos de tomografia computadorizada ou raios-x convencionais, conforme as condições e aportes financeiros do serviço de radioterapia.

Sistemas modernos e atualizados oferecem técnicas tri dimensionais de avaliações anatomo-radiográficas, mas, no entanto, requerem valores financeiros significativos.

Técnicas radioterápicas avançadas como a IMRT (Radioterapia por Intensidade Modulada de feixe) ainda não são subsidiadas pelo sistema público de saúde.

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 minização da dose incidente nos órgãos sadios circunvizinhos,

1.2 Radioterapia – Princípios e Técnicas

A radioterapia é uma modalidade terapêutica empregada em vários tipos de câncer, inclusive no câncer de mama. Seu objetivo é destruir células tumorais com feixe de radiação ionizante. Uma dose preconizada de radiação é aplicada, durante um determinado tempo, a um volume de tecido que engloba todo o tumor, buscando erradicar as células tumorais, evitando danos maiores às células normais. Ela pode ter finalidade curativa, remissiva, profilática e paliativa, proporcionando uma melhora na qualidade de vida e um aumento da sobrevida.

As técnicas radioterápicas são planejadas em função dos parâmetros físicos e radiométricos da lesão e dos equipamentos emissores de radiação, que podem ser determinados.

Estas técnicas constituem a radioterapia clínica e se prestam para tratamento de lesões superficiais, semiprofundas ou profundas, dependendo da qualidade da radiação gerada pelo equipamento.

A braquiterapia é o tratamento feito através de isótopos radioativos (cobalto, célio, irídio etc.) ou sais de rádio são utilizados sob a forma de tubos, agulhas, fios, sementes.

Os equipamentos utilizados em teleterapia operam com energias maiores que 1,0MV, sendo classificados na literatura como equipamentos de megavoltagem, que a partir de fontes de isótopo radioativo, como pastilhas de cobalto geram raios gama. Esses aparelhos são usados como fontes externas, mantendo distâncias da pele que variam de 80,0 centímetros a 1,0 metros.

No Brasil, existem vários serviços de radioterapia e o Ministério da Saúde informou que o Sistema Único de Saúde (SUS) conta atualmente (2013) com 277 serviços habilitados em oncologia, sendo 134 no Sudeste, 63 no Sul; 48 no Nordeste, 20 no Centro-Oeste e 12 no Norte. As unidades oferecem radioterapia, quimioterapia e cirurgia oncológica.

As radiações ionizantes são corpusculares ou eletromagnéticas e carregam energia, interagem com os tecidos e dão origem a elétrons rápidos que ionizam o meio e criam efeitos químicos como a hidrólise da água. A morte celular pode ocorrer então por variados mecanismos, desde a inativação de sistemas vitais para a célula até sua incapacidade de reprodução. Sua velocidade de regressão tumoral é variável com a sensibilidade do tumor à radiação, sua localização, origem celular e oxigenação, a qualidade, a quantidade da radiação e o tempo total em que ela é administrada. Para que o efeito biológico atinja maior número de células neoplásicas e a tolerância dos tecidos normais seja respeitada, a dose total de radiação a ser administrada é habitualmente fracionada em doses diárias iguais, quando se usa a terapia externa.

A maioria dos tumores radiosensíveis são radiocuráveis. Entretanto, alguns se disseminam independentemente do controle local; outros apresentam sensibilidade tão próxima à dos tecidos normais, que esta impede a aplicação da dose de erradicação. A curabilidade local só é atingida quando a dose de radiação aplicada é letal para todas as células tumorais, mas não ultrapassa a tolerância dos tecidos normais. Os efeitos das radiações são bem tolerados, desde que sejam respeitados os princípios de dose total de tratamento e a aplicação fracionada. No entanto, existem efeitos; os imediatos e os tardios.

Os efeitos imediatos são observados nos tecidos que apresentam maior capacidade proliferativa, como as gônadas, a epiderme, as mucosas dos trato digestivo, urinário e genital, e a medula óssea. Eles ocorrem somente se estes tecidos estiverem incluídos no campo de irradiação e podem ser potencializados pela administração simultânea de quimioterápicos. Manifestam-se clinicamente por anovulação ou azoospermia, epitelites, mucosites e mielodepressão (leucopenia e plaquetopenia) e devem ser tratados sintomaticamente, pois geralmente são bem tolerados e reversíveis. Já os tardios são raros e ocorrem quando as doses de tolerância dos tecidos normais são ultrapassadas, manifestam-se por atrofias e fibroses. Esses efeitos podem atingir qualquer tecido.

As unidades internacionalmente utilizadas para medir as quantidades de radiação são o Röentgen e o Gray. Röentgen (R) é a unidade que mede o índice de exposição, o número de ionizações desencadeadas no ar ambiental pela passagem de certa quantidade de radiação. O Gray (Gy) expressa a dose de radiação ionizante absorvida, devido à exposição em Roentgen. Para raios-x e raios gama, um 1,0 Gy corresponde a 1,0 Joule por quimlograma.

1.3 Câncer

Câncer é um grupo de doenças que ocorrem quando as células se tornam anormais, dividindo-se e formando mais células, sem controle ou ordem.

O câncer é resultado de uma série de alterações nos genes que controlam o crescimento e o comportamento celular. A ocorrência e a falta de controle dessas alterações gênicas são objeto de intensas pesquisas médicas em todo o mundo. Alguns desses genes são hereditários e seus portadores podem ter predisposição ao câncer, enquanto outros tipos de câncer são considerados esporádicos. (Richard D. Klausner NCI, 1998).

1.4 Cancerologia Brasileira – Breve histórico

Em 1934 se iniciou oficialmente o interesse governamental pela cancerologia brasileira, e o interesse do governo pela oncologia, com a fundação da Associação Paulista de Combate ao Câncer, pelo Dr. Antonio Prudente. Foi então sancionado um decreto pelo Presidente Getúlio Vargas, em setembro de 1941 onde criou o SNC (Serviço Nacional do Câncer), em decorrência deste interesse apareceu a Revista Brasileira de Cancerologia, inicialmente editada pelo Dr. Moacyr Santos Silva, afim de uma orientação geral a partir de publicações de artigos médicos relacionados a temas específicos de oncologia. A Sociedade Brasileira de Cancerologia foi fundada em menos de cinco anos depois, em 25 de julho de 1946. Com interesse no combate e no tratamento do câncer, o Dr. Antonio Prudente fundou em São Paulo o Hospital Antonio Cândido de Camargo (em homenagem ao primeiro presidente da Associação Paulista de Combate ao Câncer), inaugurado em 1953. Ao lado de seu marido, Dr. Prudente, Sra. Carmem Annes Dias Prudentes teve papel fundamental no auxílio da luta de seu marido contra o câncer, criando o voluntarismo das Redes Femininas de Combate ao Câncer (SALVAJOLI, SOUHAMI, FARIA, 1999).

1.5 Câncer de mama

Mamas são glândulas cuja principal função é a produção do leite, que se forma nos lóbulos e é conduzido até os mamilos por pequenos canais chamados ductos. Quando as células da mama passam a dividir-se de forma desordenada, um tumor maligno pode instalar-se principalmente nos ductos e mais raramente nos lóbulos.

Câncer de mama é uma doença que acomete mais as mulheres respondendo por 22% dos casos novos a cada ano (INCA). São fatores de risco a idade avançada, a

exposição prolongada aos hormônios femininos, o excesso de peso e a história familiar ou de mutação genética.

No Brasil, as taxas de mortalidade por câncer de mama continuam elevadas, muito provavelmente porque a doença ainda é diagnosticada em estados avançados. Na população mundial, a sobrevida média após cinco anos é de 61%.

1.5.1 Tipos de Câncer de mama

Os principais tipos de câncer de mama encontrados são carcinoma ductal in situ, carcinoma ductal invasivo e carcinoma lobular invasivo. O carcinoma ductal in situ é aquele em estado inicial, e não desenvolve metástase a princípio (HOSPITAL A.C CAMARGO, 2013).

O principal tipo de câncer de mama é o carcinoma ductal invasivo, pois este apresenta capacidade de metástase, o segundo tipo mais comum é o carcinoma lobular invasivo, além de ter capacidade apresentar metástase, este tem relação com o risco de desenvolver câncer na outra mama e no ovário (HOSPITAL A.C CAMARGO, 2013).

As lesões pré-cancerígenas, isto é, aquelas que predisõem o câncer de mama, compreende o carcinoma lobular in situ, hiperplasia ductal atípica e hiperplasia lobular atípica (HOSPITAL A.C CAMARGO, 2013).

1.6 Tratamentos do Câncer de mama

São várias as formas de tratamento que visam a melhor qualidade de vida da paciente diagnosticada com câncer de mama, e exige o trabalho de uma equipe multiprofissional para o conforto da paciente e sua família. Para tratamento loco-regional as modalidades terapêuticas são a Radioterapia e a cirurgia, já para o tratamento sistêmico emprega-se o uso da Quimioterapia e Hormonioterapia, sejam elas exclusivas ou concomitantes (BARROS, BARBOSA, GEBRIM, 2001).

1.6.1 Quimioterapia

Normalmente o tratamento de Quimioterapia é realizado após a cirurgia e a Radioterapia, porém em alguns lugares é antecedida à Radioterapia por conta de evitar as metástases hematogênicas, que representa um grande problema do câncer de mama. É mais indicado para pacientes com linfonodo axilar positivo (FARIA et al. 2001).

Porém há aquelas com linfonodo negativo que também são indicadas (FISHER, DIGMAM, DECILLIS, 1997).

Segundo Schettino (2010), a Quimioterapia é empregada em mulheres que apresentam maior risco de apresentar metástase, pois diminui a taxa de progressão da doença.

1.6.2 Hormonioterapia

A Hormonioterapia adjuvante a Radioterapia reduz o risco de recidiva local e aumenta a taxa de sobrevida. Têm finalidade neoadjuvante, adjuvante ou paliativa, é empregada em geral em mulheres pós-menopausa, que apresentam tumores com elevadas taxas de proteínas receptoras de estrogênio e progesterona, porém podem ser submetidas à Hormonioterapia mulheres na pré-menopausa, com entanto que apresentem tumores com receptores hormonais positivos (SMITH, ROSS, 2004).

1.7 Cirurgias Conservadoras

A tumorectomia consiste na exérese (retirada) do tumor sem margens, e a ressecção segmentar ou setorectomia consiste na retirada do tumor com margens. (SALVAJOLLI, SOUHAMI, FARIA, 1999; BARROS, BARBOSA, GEBRIM, 2001).

1.8 Cirurgias não conservadoras

Quando se retira a glândula mamária, porém preserva-se aréola, papila e pele, caracteriza a adenomastectomia subcutânea ou mastectomia subcutânea, quando todos esses itens antes citados são retirados, caracteriza a mastectomia simples ou total. A mastectomia radical modificada preserva um ou dois músculos peitorais com linfadenectomia axilar, e a mastectomia radical não preserva os músculos peitorais com linfadenectomia axilar (SALVAJOLLI, SOUHAMI, FARIA, 1999; BARROS, BARBOSA, GEBRIM, 2001).

A mastectomia radical, só deve ser empregada nos casos em que o músculo peitoral foi acometido, isso prevalece desde 1979 (NIH, 1979).

1.9 Radioterapia

A Radioterapia é uma modalidade médica que utiliza radiação ionizante para fins terapêuticos, que tem por objetivo aplicar a dose de radiação necessária para que haja o controle tumoral ideal, protegendo ao máximo os tecidos vizinhos saudáveis (SALVAJOLI, SOUHAMI, FARIA, 1999).

Pode ser realizada através da teleterapia, onde a fonte fica distante do tumor ou braquiterapia, definida como a fonte próxima ou inserida no tumor (SALVAJOLI, SOUHAMI, FARIA, 1999).

A teleterapia pode ser realizada nos aparelhos com feixe de fótons ou elétrons advindo do acelerador linear e através do aparelho de fonte de Co60, o qual libera raios gama de energia clínica aproximada de 1,25 MeV (SALVAJOLI, SOUHAMI, FARIA, 1999; VIÉGAS, 2004).

Aproximadamente na década de 1950, o feixe de raios-X utilizado na totalidade pelos setores de radioterapia eram de 300 kVp, isso mudou quando a criação das unidades de Co60 tomaram posição primária, por muitos anos o uso de radiação ionizante esteve diretamente associado ao uso destas unidades porém, vem entrando em desuso, devido ao fato de serem substituídos por aceleradores lineares de alta energia, que podem liberar feixes de energia de 4 a 30 MeV (VIÉGAS, 2004).

1.9.1 Teleterapia

Definida como a fonte distante do tumor, começou a ser utilizada em 29 de janeiro de 1896 quando a primeira paciente com câncer de mama foi tratada. A dose aplicada ao paciente era medida pela tolerância da pele à exposição, conhecida como dose eritema, esse fato só veio a mudar em 1929 (SALVAJOLI, SOUHAMI, FARIA, 1999).

A teleterapia pode ser empregada com o uso de aceleradores lineares com energia de fótons de 6 e 10 MeV, o qual é possível irradiar tumores na profundidade bem como tumores superficiais com feixe de elétrons de 4,6,9,12 e 15 utilizando o aplicador de elétrons (Figura 10) (SALVAJOLI, SOUHAMI, FARIA, 1999).

O tratamento realizado no aparelho de telecobalterapia com feixes gama, pode também realizar sessões de lesões superficiais como na profundidade, porém, com uma desvantagem de quando irradiado lesões profundas, a parte superficial é irradiada de maneira desnecessária e prejudicial (SALVAJOLI, SOUHAMI, FARIA, 1999).

1.9.2 Braquiterapia

A braquiterapia é classificada de acordo com a taxa de dose empregada no tumor, que pode ser alta taxa de dose onde a dose aplicada é maior que 1200 cGy/h, intermediária e baixa taxa de dose, onde a dose aplicada corresponde a menos que 200 cGy/h. Devido ao tamanho em miniatura das fontes é possível aplicá-las no local de onde foi retirado o tumor, esta técnica radioterápica é utilizada também em recidivas tumorais (VIÉGAS, 2004).

1.9.3 Radioterapia intraoperatória

O objetivo da Radioterapia intraoperatória é esterilizar resíduos de malignidade presentes na mama operada. A terapia intraoperatória (IORT) é realizada logo após a remoção do tumor, e pode evitar que seja necessária a irradiação após a operação em sessões fracionadas, reduzindo assim a exposição da pele, pulmão e mama contralateral desnecessariamente (BROMBERG et al. 2007).

Segundo Bromberg et al. (2007), o resultado após a irradiação intraoperatória da mama é equivalente à irradiação parcial em sessões externas diárias, com o benefício de ser dose única e conseqüentemente o custo ser menor e também diminuição dos efeitos colaterais.

A técnica é realizada inserindo o colimador na área operada e realizando a aplicação única, geralmente de 21 Gy (BROMBERG et al. 2007).

1.10 Radioterapia no tratamento do câncer de mama

Os objetivos da Radioterapia adjuvante após a mastectomia é de reduzir o risco de recidiva locorregional, que compreende o plastrão mamário e linfonodos axilares, mamários e da fossa clavicular e melhorar a sobrevida da paciente (MARTA, 2011).

Após a cirurgia conservadora, devem-se submeter todas as pacientes à Radioterapia, independente de não comprometimento cicatricial de resíduos neoplásicos, idade, uso de Quimioterapia e/ou Hormonoterapia. A Radioterapia, após a retirada cirúrgica da mama, seja setorectomia ou quadrantectomia e o manejo do linfonodo sentinela, é o tratamento padrão para tumores iniciais de câncer de mama (MARTA, 2011).

A modalidade mais utilizada para Radioterapia em câncer de mama é a teleterapia, existem diversas formas de fracionamento e dose para a realização do tratamento, porém a

maioria dos tratamentos, é utilizada a dose de 4.500 a 5.000 cGy de dose total com 180 a 200 cGy de fracionamento diário, cinco dias da semana (SALVAJOLLI, SOUHAMI, FARIA, 1999; MARTA, 2011).

A Radioterapia destrói mais facilmente as células que possuem um suporte de oxigênio e aquelas que estão em fase de divisão celular (mitose), que em geral são as células tumorais, pois essas são mais susceptíveis a radiação, porém podem atingir as células sadias também, por isso são realizados vários cálculos para direcionamento do feixe (HOMSI, 2009).

1.11 Objetivo

Analisar a influência dos parâmetros físicos e radiométricos para a determinação da distribuição de dose do volume mamário irradiado.

2. Materiais e Métodos

Durante a realização deste trabalho, primeiramente foi realizada uma extensão pesquisa bibliográfica sobre o tema de câncer, focando o câncer de mama estudando ainda as técnicas de diagnóstico e terapia deste tipo de neoplasia. Um período foi destinado para acompanhamento dos procedimentos de radioterapia realizados no Serviço de Radioterapia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu – UNESP e análise dos dados físicos e radiométricos dos campos e feixes de radiação empregados.

Através das fichas técnicas que compõem os prontuários de radioterapia dos pacientes com as informações específicas sobre os parâmetros físicos, foram analisados 36 contornos de mama de pacientes submetidos ao tratamento no serviço de radioterapia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu no ano de 2012.

Os parâmetros físicos analisados foram:

2.1 Separação entre os campos internos e externos

É a medida (em cm) que separa os campos interno e externo, tomando a base da mama como referência.

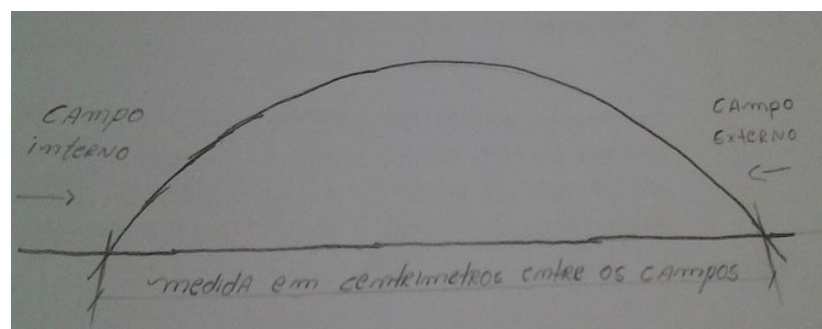


Figura 1 – Separação entre campos interno e externo

2.2 Altura do campo de radiação na profundidade correspondente ao meio da separação dos campos

É a altura da mama com base no meio da separação entre os campos interno e externo. Neste parâmetro dividimos a altura da mama em três partes, para que fosse analisada a PDP em três profundidades diferentes.

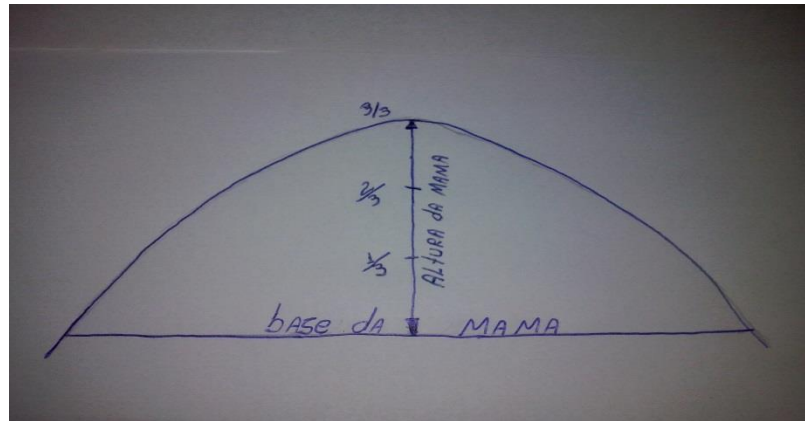


Figura 2 – Altura do campo de radiação

2.3 Espessura de ar

Ausência de tecido entre a linha inicial de entrada dos campos interno e externo, e a curvatura do tecido mamário.

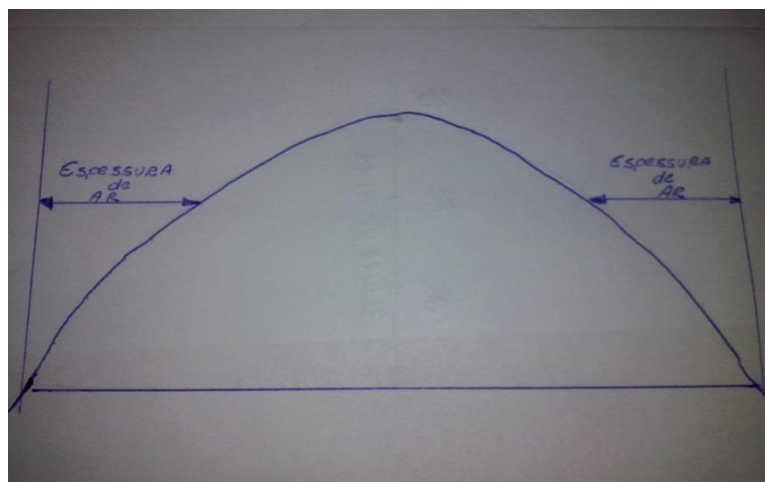


Figura 3 – Espessura de ar entre a linha inicial dos campos interno e externo

2.4 Curvas de isodose

Como forma de auxiliar a visualização da distribuição da dose de radiação no volume do tumor e no seu entorno são utilizadas as cartas (curvas) de isodose, que são mapas da distribuição da dose dentro do paciente. As curvas de isodose correspondem aos planos nos quais todos os pontos que o delimitam possuem a mesma dose de radiação, ou seja, são linhas que ligam os pontos interiores de mesma dose. (OLIVEIRA, 2009)

As curvas de isodose são elaboradas em função dos parâmetros geométricos e radiométricos dos feixes e campos de radiação. Os valores de atenuação da dose no tecido depende de vários fatores, dentre eles, a distância da fonte à superfície de tratamento, a energia do feixe, o uso de filtros aplainadores, das dimensões do campo e profundidade da lesão. Para o cálculo da dose é indispensável o uso da mesma. A partir destes dados é possível saber, com melhor precisão, a quantidade de radiação que está sendo absorvida pela região irradiada. As curvas são obtidas experimentalmente considerando o feixe de radiação incidente perpendicularmente à seção reta do campo (superfície de entrada), para simulação do tecido humano o material de atenuação deve ter densidade próxima de 1,0 g/cm³, valor correspondente à água em condições normais de temperatura e pressão (CNTP). Um procedimento experimental que pode ser utilizado para se obter as curvas de isodose é realizado utilizando - se um tanque de acrílico cheio de água e medindo-se a dose em vários pontos ao longo e transversalmente ao eixo central do campo, em relação à dose máxima na profundidade de equilíbrio eletrônico no eixo central. Há casos em que se deseja conhecer somente a percentagem de dose profunda ao longo do eixo central e não a sua distribuição e as cartas de isodose não são necessárias. Para estes casos existem tabelas, construídas experimentalmente da mesma forma que para as cartas de isodose, que dão a percentagem de dose profunda dependente do tamanho do campo, distância foco-superfície e qualidade da radiação. Para o cálculo da dose é indispensável o uso da carta de isodose ou de tabelas de percentagem de dose profunda. A partir destes dados é possível saber, com precisão, a quantidade de radiação que está sendo absorvida pela região irradiada. Mesmo para idênticas condições (energia, tamanho do campo, distância foco-superfície etc.), as curvas de isodose variam significativamente de aparelho para aparelho, devido a diferentes sistemas de colimação. Portanto elas devem ser obtidas para cada equipamento. (SCAFF, 2010) Na figura abaixo são mostradas cartas de isodose para feixes de raios-X produzidos em acelerador linear de 6 MeV para diferentes tamanhos de campo e a mesma distancia foco-superfície. Em (a) o campo e 5 cm x 5 cm; em (b) e 10 cm x 10 cm.

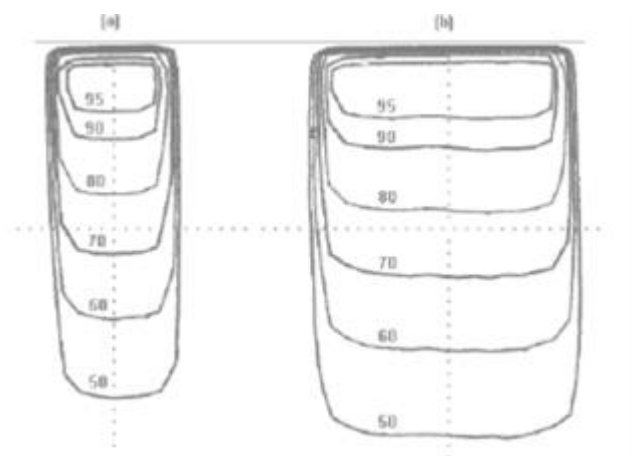


Figura 4 - Cartas de isodose para feixes de raios-X produzidos em acelerador linear de 6 MeV para diferentes tamanhos de campo e a mesma distancia foco-superficie.

As cartas de isodoses padrões devem ser corrigidas para compensar a presença de tecidos de diferentes densidades. Quando há essa necessidade de correção são usados bolus, que evitam a modificação da isodose devido ao contorno colocando um material de densidade igual a do tecido na superfície, de tal forma que as irregularidades de contorno não existam. Em (a), com a presença de um pulmão, menos denso que a água; em (b), com a presença de osso, mais denso que a água.

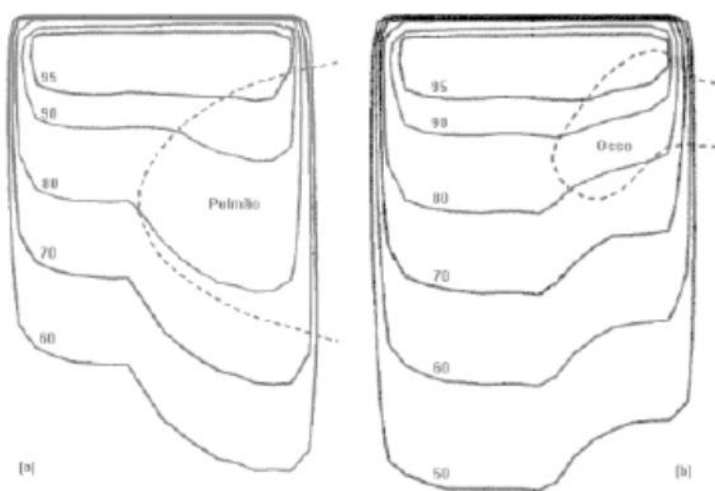


Figura 5 - Cartas de isodoses, com correção, em (a), com a presença de um pulmão, menos denso que a água; em (b), com a presença de osso, mais denso que a água.

Numa curva de isodose podem ser visualizadas inúmeras propriedades físicas do feixe de radiação. O local do ponto máximo, o build-up acontece quando fótons ou partículas capazes de produzir ionização interagem com a matéria transferem sua energia para as partículas ionizadas (elétrons) e estas partículas passam a interagir com o meio depositando nele uma dose D_m (Dose máxima).

A perda de energia por unidade de distância percorrida dentro do absorvedor (dE/dx) por uma partícula carregada, é inversamente proporcional à velocidade da partícula: $dE/dx \propto 1/v$. Portanto durante o percurso da partícula ionizante, a densidade de ionização crescerá até atingir um valor máximo próximo ao seu alcance máximo. Este padrão de ionização é o mesmo para todas as partículas carregadas, diferindo apenas quanto ao alcance. O alcance dos elétrons liberados por raios-X de quilovoltagem percorrem alguns mm na água ou tecido e elétrons liberados por raios-X produzidos em equipamentos de 20 MeV percorrem até 8 cm no tecido antes de parar.

Os fótons interagem com a matéria, produzindo elétrons por ionização. A intensidade de ionizações diminui com a profundidade. A fluência de elétrons e a dose absorvida pela matéria aumentam com a profundidade até um certo ponto, diminuindo à medida que os fótons são absorvidos. Em consequência disto a dose absorvida inicialmente aumenta com a profundidade, atingindo um máximo a partir do qual passa a decrescer. A região entre a superfície irradiada e a profundidade onde a dose atingiu o valor máximo é chamada de região de build-up (acúmulo). A espessura da região de build-up é denominada espessura de equilíbrio eletrônico. Além deste ponto a dose decresce pela atenuação e inversamente ao quadrado da distância.

A percentagem de dose profunda (PDP) é uma relação percentual da dose em determinada profundidade em relação à profundidade de dose máxima (equilíbrio eletrônico). Ela decresce com o aumento da profundidade devido à atenuação sofrida pela radiação e com o inverso do quadrado da distância, com exceção da região de build-up. A percentagem de dose profunda se eleva com a área do campo, pois com o aumento do volume irradiado tem-se maior quantidade de radiação espalhada.

$$P = (D_d / D_m) * 100,$$

onde P é a percentagem de dose profunda, D_d a dose na profundidade d no eixo central do feixe e D_m a dose na profundidade de equilíbrio eletrônico no eixo central do feixe. A dose D_d , por sua vez, é a dose D_m corrigida pela absorção do meio na

profundidade d , pelo fator de espalhamento B e pela dispersão com o inverso do quadrado da distância:

$$Dd = Dm \left(\frac{F + dm}{F + d} \right)^2 B e^{-md},$$

onde, d é a profundidade, dm a profundidade da região de equilíbrio eletrônico, F a distância foco-superfície e m é coeficiente de atenuação linear da radiação no meio.

2.5 Curva de isodose calculada computacionalmente (bi-dimensional)

Este método emprega o uso de um software de computador utilizado no Serviço de Radioterapia da UNESP Botucatu. O software utilizado é o Colmeia da empresa Oxford, neste programa desenhamos o contorno da mama da paciente, e o próprio software se encarregada de plotar as curvas de isodose.

2.6 Métodos de cálculo de dose em radioterapia em câncer de mama

2.6.1 Avaliação da curva de isodose obtida computacionalmente

Este método implica em analisar a curva de isodose que melhor se encaixa no tratamento do paciente, o responsável por analisar essa curva é o médico. Estas curvas de isodose são obtidas através do Software já descrito anteriormente.

2.6.2 Cálculo da isodose: PDP correspondente a 1/3 da altura da mama.

Neste método foi usado como referência a metade da separação entre os campos interno e externo, no meio destes campos foi traçado com o auxílio de uma régua a altura da mama. Após feito isso, foi dividida esta altura em 3 partes iguais, em cada terço da altura foi medido a profundidade de tecido mamário existente, e com base em uma tabela já previamente estabelecida com valores que relacionam a PDP e a profundidade de tecido, foi possível obter os valores das curvas de isodose em 4 alturas diferentes.

2.6.3 Cálculo pela Dose-Superfície Máxima

2.6.3.1 Sistema de cálculo do Serviço de Radioterapia da UNESP de Botucatu

2.6.3.1.a Mama presente

Neste método de cálculo foi usado o algoritmo seguinte:

$$DS = (160 + 6(d - 17)) * \left(\frac{DTU}{200}\right); \quad Tempo = \frac{Dose\ maxima}{\left(\frac{rend}{min}\right)(Fcamp)}$$

Onde: DS= Dose máxima

d= distância

DTU= Dose no tumor

Fcamp = Fator campo

2.6.3.1.b Mama ausente

Neste método de calculo foi usado o algoritmo seguinte:

$$DS = (148 + 3(d - 17)) * (DTU/200); \quad Tempo = \frac{Dose\ maxima}{\left(\frac{rend}{min}\right)(Fcamp)}$$

Onde: DS= Dose na máxima

d= distância

DTU= Dose no tumor

Fcamp= Fator campo

2.7 Sistema de cálculo do Serviço de Radioterapia do Hospital Manoel de Abreu de Bauru

No Hospital Estadual Manoel de Abreu de Bauru, os procedimentos de radioterapia são realizados em um único equipamento de telecobaltoterapia da marca Siemens modelo Theratron 80. A determinação do tempo de exposição é realizada considerando a curva de isodose obtida plotando a distribuição de dose no interior do volume de tratamento, além das características geométricas e radiométricas do volume alvo de irradiação. A equação seguinte apresenta expressão matemática utilizada para determinação do tempo de irradiação:

$$\text{Tempo} = (\text{Dose no tumor}) / (\text{Isodose} \times \text{FR} \times \text{FC} \times \text{FF})$$

Onde: Isodose = valor da isodose escolhida pelo médico radioterapeuta; FR = fator rendimento da unidade de telocobaltoterapia na data do cálculo; FC = fator campo determinado em função da abertura do campo de radiação; FF = fator filtro – quando utilizado;

O valor da isodose na expressão é substituído pelo valor de PDP, que após várias análises, concluiu-se que este deve ser determinado na profundidade de tecido atenuador correspondente à 2/3 (dois terços) da altura no meio da separação do contorno (limites dos campos interno e externo).

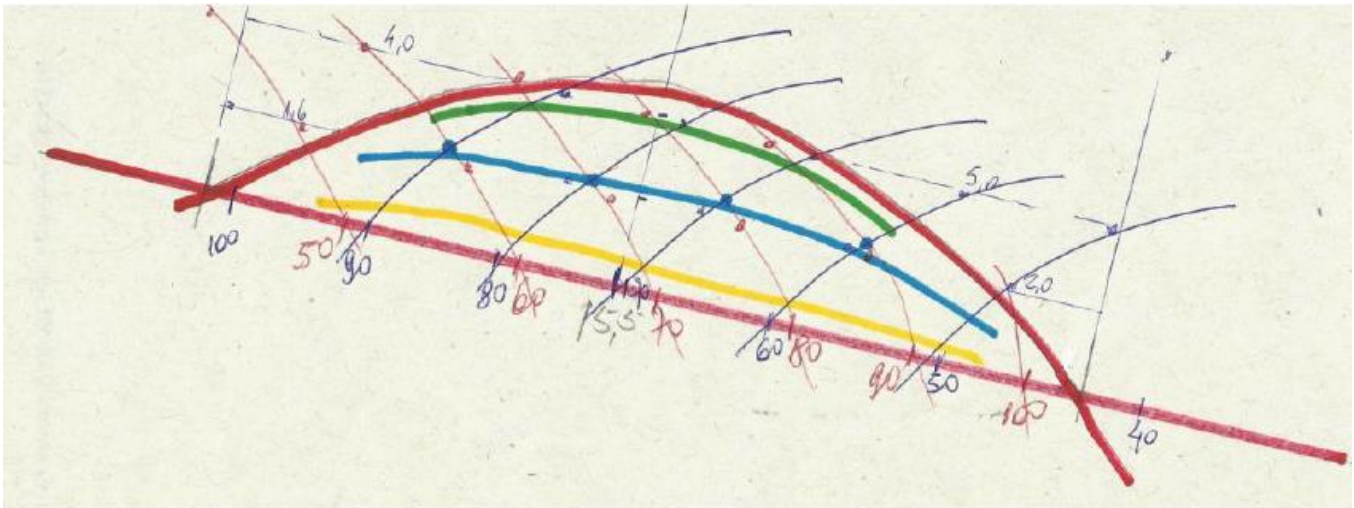


Figura 6 - Contorno da mama com as linhas de isodose determinada.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 1 apresenta as características dos contornos do campo interno de trinta e seis mamas analisadas neste trabalho.

Tabela 1 – Valores medidos dos parâmetros geométricos e físicos do contorno das mamas (campo interno).

Contorno	Base da mama		1/3 da altura da mama		2/3 da altura da mama		3/3 da altura da mama	
	Esp ar (cm)	PDP%	Esp ar (cm)	PDP%	Esp ar (cm)	PDP%	Esp ar (cm)	PDP%
1	0	54,2	2,5	62,05	6,4	76,45	14	0
2	0	65,4	1,8	72,6	3,7	79,5	10,1	0
3	0	64,6	2,3	73,9	4,7	82,7	10,5	0
4	0	67,5	1,3	72,5	3,6	80,9	9,6	0
5	0	58	2,5	66,3	6	79,3	12,9	0
6	0	74,4	2,2	83,5	4	91,3	7,7	0
7	0	66,3	2,3	74,8	4,5	82,7	10,1	0
8	0	59,3	1,7	65,2	4,2	73,8	9,5	0
9	0	62,7	2	69,9	5,1	81,6	11,1	59,8
10	0	68	1,4	72,8	3,5	81,6	9,6	0
11	0	54	2,4	60,2	5,2	72,5	9,8	89,3
12	0	53,6	1,5	58,0	3,2	65,8	12,9	0
13	0	63,2	0,6	64,9	1,7	69,0	11,4	0
14	0	62,7	2,3	70,8	4,8	81,6	11,0	0
15	0	70,8	2,9	82,6	5,5	94,6	8,7	0
16	0	62	2,8	72,7	6,0	84,3	11,4	0
17	0	61,5	2,1	70,4	4,2	78,1	11,5	0
18	0	69,9	2	77,7	4	85,8	9	0
19	0	68,9	1,7	75,7	3,7	83,7	9,2	0
20	0	58,7	2	65,6	4,3	75,4	12	0
21	0	59,8	2,6	68,4	4,7	76	12	0
22	0	66,1	1,8	73,8	3,5	79,6	10	0
23	0	60,4	1,5	65,4	3,4	72,7	12	0
24	0	61,5	2,4	70,2	5	79,9	11,5	0
25	0	69,1	2	79,2	5	90	8,8	0
26	0	61	3,1	71,8	6,5	84,7	11,8	0
27	0	69,9	2,6	81,6	5,1	90,2	9,1	0
28	0	66,1	3	77,7	6	90,2	10	0
29	0	76	2	85,5	4,2	94,4	7,2	0
30	0	59,3	2	65,2	4,4	74,7	12	0
31	0	64,4	1,4	69,6	2,7	75,7	10,5	0

32	0	66,1	2	71,8	3,7	79,6	10	0
33	0	63,2	3,6	76	6,1	86	11	0
34	0	67,1	1,8	74	4	83,4	9,5	0
35	0	68,7	1,5	75,7	3,5	82,6	9,2	0
36	0	71,8	1,7	77,7	3,5	84,7	8,5	0

Onde: Esp ar: Espessura de ar

PDP: Porcentagem Dose Profunda

A tabela 2 apresenta as características dos contornos do campo externo de trinta e seis mamas analisadas neste trabalho.

Tabela 2 – Valores medidos dos parâmetros geométricos e físicos do contorno das mamas (campo externo).

Contorno	Base da mama		1/3 da altura da mama		2/3 da altura da mama		3/3 da altura da mama	
	Esp ar (cm)	PDP%	Esp ar (cm)	PDP%	Esp ar (cm)	PDP%	Esp ar (cm)	PDP%
1	0	55,75	2	62,08	3,7	69	7,3	0
2	0	65,4	1,8	72,6	4,5	81,4	10,1	0
3	0	64,6	1,8	70,2	5,7	80,7	10,6	0
4	0	67,5	1,9	74,1	5	86	9,6	0
5	0	58	1,3	62	3,4	69	10	0
6	0	74,4	2	83,5	2,4	90,3	7,7	0
7	0	66,3	1,5	72	4,5	83,8	10,1	85
8	0	59,3	2,3	68	5,5	80,6	12	98,6
9	0	62,7	1,1	66,1	3,4	75,7	7,3	0
10	0	68	1,5	72,8	3,2	79,6	9,7	77,5
11	0	54,0	2,8	61,8	6,4	74,4	14,4	0
12	0	53,6	2,7	63,8	6,8	80,3	12,9	0
13	0	63,2	3,0	73,5	6,0	83,8	11,4	0
14	0	62,7	2,0	69,9	4,3	79,6	11,0	0
15	0	70,8	1,8	77,7	3,9	83,7	6,1	94,6
16	0	62,0	2,4	70,9	5,0	80,3	11,4	0
17	0	61,5	3,7	76,1	6	84	11,5	0
18	0	69,9	2,6	77,7	3,7	85,8	9	0
19	0	68,9	1,6	75,7	4	85,8	9	0
20	0	58,7	2,5	65,6	5,4	77,4	12	0
21	0	59,8	2,3	66,6	5,5	79,9	12	0

22	0	66,1	2,5	72,7	4	81,6	10	0
23	0	60,4	2,4	67,2	5,4	78,4	12	0
24	0	61,5	0,9	67,5	2,5	70,2	11,5	0
25	0	69,1	1,4	79,2	3,2	83,4	8,8	0
26	0	61	2,5	68	5	77,7	11,8	0
27	0	69,9	1,6	75,7	4,1	84,7	9,1	0
28	0	66,1	0,9	69,9	2	75,7	5,7	85,8
29	0	76	1	81,3	1,7	83,4	3,1	90
30	0	59,3	2,4	66,1	5,4	77,7	12	0
31	0	64,4	2,1	69,6	5,7	83,7	10,5	0
32	0	66,1	2,6	76,7	5,3	88	10	0
33	0	63,2	2,3	70,2	4,2	78	11	0
34	0	67,1	1,9	75	4,5	85,5	9,5	0
35	0	68,7	2,4	79,6	5,2	91,3	9,2	0
36	0	71,8	2,1	79,6	4,7	90,2	8,5	0

Onde: Esp ar: Espessura de ar

PDP: Porcentagem Dose Profunda

A tabela 3 mostra os valores das curvas de isodose nas diferentes alturas de trinta e seis mamas analisadas neste trabalho, e a curva de isodose escolhida pelo médico. Nesta curva escolhida pelo médico, o método de cálculo da isodose foi o computacional plotada pelo software já descrito anteriormente.

Tabela 3 – Valores da isodose em diferentes alturas do tecido mamário em trinta e seis contornos de mama.

	Base da mama	1/3 da altura da mama	2/3 da altura da mama	3/3 da altura da mama	
Contornos	ISODOSE (%)	ISODOSE (%)	ISODOSE (%)	ISODOSE (%)	Escolhida pelo médico (%)
1	109,95	124,1	145	0	135
2	130	145,2	160	0	152
3	129,2	144,1	163,4	0	150
4	135	146,6	166,9	0	155
5	116	128,3	148,3	0	137
6	148,8	167	181,6	0	165
7	132,6	146,8	166,5	85	155
8	118,6	133,2	154,4	98,6	190

9	125,4	136	157,3	59,8	150
10	136	145,6	161,2	77,5	150
11	108	122	146,9	89,3	135
12	107,2	121,8	146,1	0	155
13	126,4	138,4	152,8	0	147
14	125,4	140,7	161,2	0	150
15	141,6	160,3	178,3	94,6	165
16	124	143,6	164,6	0	148
17	123	146,5	162,1	0	150
18	139,8	155,4	171,6	0	155
19	137,8	151,4	169,5	0	165
20	117,4	131,2	152,8	0	150
21	119,6	135	155,9	0	148
22	132,2	146,5	161,2	0	155
23	120,8	132,6	151,1	0	150
24	123	137,7	150,1	0	135
25	138,2	158,4	173,4	0	158
26	122	139,8	162,4	0	150
27	139,8	157,3	174,9	0	165
28	132,2	147,6	165,9	85,8	210
29	152	166,8	177,8	90	170
30	118,6	131,3	152,4	0	290
31	128,8	139,2	159,4	0	150
32	132,2	148,5	167,6	0	155
33	126,4	146,2	164	0	150
34	134,2	149	168,9	0	240
35	137,4	155,3	173,9	0	145
36	143,6	157,3	174,9	0	165

Os parâmetros geométricos, físicos e radiométricos são de fundamental importância para garantir uma boa qualidade no tratamento radioterápico em câncer de mama.

Com base nestes parâmetros, buscamos relacionar um método de cálculo de isodose que mais se aproximasse do método convencional (bi-dimensional), e que garanta uma confiável margem de acerto, para a realização dos cálculos de tempo de exposição do paciente.

Podemos notar com base nas tabelas que no 3/3 da altura das mamas, em alguns casos, há ausência de PDP, isso se deve ao fato de não haver tecido mamário para reagir com a radiação, por isso os valores de isodose nesses pontos são zero.

4. CONCLUSÃO

Com base nas tabelas e no intuito de analisar os parâmetros físicos e radiométricos para obtenção de uma curva de isodose que garanta uma boa qualidade ao tratamento radioterápico em câncer de mama, podemos concluir que em 77,8% dos casos analisados, a curva de isodose escolhida pelo médico está entre $1/3$ e $2/3$ da altura da mama.

O processo para obtenção das curvas de isodose no método manual demorou em média 10 minutos, enquanto o bi-dimensional demorou 4 minutos.

As curvas de isodose bi dimensionais, onde se disponibiliza um sistema computacional para digitalização dos contornos das mamas irradiadas e para cálculo dos pontos quentes e frios internos ao contorno, fornecem maiores informações para os profissionais (físico e médico) sobre a distribuição da dose de radiação no volume de tratamento. Observando a escolha da curva de isodose, para um mesmo contorno, elaborado por ambos os métodos: bi dimensional computacional e o processo manual, pode-se notar uma diferença em torno de 7% no valor de normalização da curva. Desta forma, pode-se concluir que a obtenção da curva de isodose bi dimensional proporciona melhor uniformização da dose no interior do volume irradiado, além de orientar o físico médico quanto a apresentação de pontos de maior gradiente de dose.

A realização do trabalho em campo, com a participação interativa do estudante de física médica no ambiente da radioterapia, além de facilitar a compreensão dos conceitos teóricos abordados nas salas de aulas, também colabora para um melhor entendimento da rotina dos procedimentos e orienta na escolha do futuro campo da física médica a ser seguido pelo egresso do curso de bacharel em física médica.

5. REFERÊNCIAS

BILMORIA M M. The woman at increased risk for breast cancer: evaluation and management strategies. *Cancer* 1995; 45:263-78.

FISHER B, ANDERSON S, REDMOND CK, et al. Reanalysis and results after 12 years of follow-up in a randomized clinical trial comparing total mastectomy with lumpectomy with or without irradiation in the treatment of breast cancer. *N Engl J Med* 1995; 333:1456-61.

FISHER B, COSTANTINO J, REDMOND C, et al. Lumpectomy compared with lumpectomy and radiation therapy for the treatment of intraductal breast cancer. *N Engl J Med*. 1993; 328:1581-6.

HAMMER J, VAN LIMBERGEN E. Consensus meeting on breast cancer: to boost or not to boost and how to do it. Stresa: European Society for Therapeutic Radiology and Oncology; 2001.

JOHNSON-THOMPSON MC, Guthrie J. Ongoing research to identify environmental risk factors in breast carcinoma. *Cancer* 2000; 88:1224-9.

OLIVEIRA, Luciano Santa Rita Oliveira. Notas de aula: Tecnologia em Radioterapia. Disponível em: http://www.lucianosantarita.pro.br/Arquivos/Notas_aula_radioterapia_2009.pdf.

OVERGAARD M, HANSEN P, OVERGAARD J, et al. Postoperative radiotherapy in high-risk premenopausal women with breast cancer who receive adjuvant chemotherapy. *N Engl J Med* 1997; 337:949-54.

RAGAZ J, JACKSON SM, LE N, et al. Adjuvant radiotherapy and chemotherapy in nodepositive premenopausal women with breast cancer. *N Engl J Med* 1997; 337:956-62. SCAFF, Luiz A. M. Física na radioterapia - A Base analógica de uma era digital. n/d. v. 2. 2010.

SWITZERLAND, Gallen. Adjuvant therapy of primary breast cancer (abstract book), 7th International Conference . 2001.

TURKKI, Anderson Dibble. Nutrição. 17 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988.

RODRIGUES, B. T. Radioterapia em Câncer de Mama - Importância da Determinação da Curva de Isodose. 2012. Trabalho de conclusão (bacharelado – Física médica) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Botucatu, São Paulo.

MACHADO,P,E. Radioterapia no tratamento do câncer de mama – Análise dos parâmetros radiométricos e avanços tecnológicos na Universidade Estadual Paulista. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à FATEC - Faculdade de Tecnologia de Botucatu, São Paulo.