

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE MEDICINA DE BOTUCATU
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM PESQUISA E DESENVOLVIMENTO –
BIOTECNOLOGIA MÉDICA

AVALIAÇÃO DA DOSE DE RADIAÇÃO ABSORVIDA EM EXAMES RADIOLÓGICOS
DURANTE O PLANEJAMENTO RADIOTERÁPICO

RAFAELA FERRAZ DE CAMARGO

Botucatu-SP

2014

RAFAELA FERRAZ DE CAMARGO

**AVALIAÇÃO DA DOSE DE RADIAÇÃO ABSORVIDA EM EXAMES RADIOLÓGICOS
DURANTE O PLANEJAMENTO RADIOTERÁPICO**

Dissertação apresentada à Faculdade de
Medicina de Botucatu, da Universidade
Estadual Paulista, Campus de Botucatu,
para obtenção do Título de Mestre em
Pesquisa e Desenvolvimento –
Biotecnologia Médica.

Orientador: Dr. Batista de Oliveira Júnior

Co-orientador: Dr. Marco Antonio Rodrigues Fernandes

Botucatu-SP

2014

Rafaela Ferraz de Camargo

**AVALIAÇÃO DA DOSE DE RADIAÇÃO ABSORVIDA EM EXAMES RADIOLÓGICOS
DURANTE O PLANEJAMENTO RADIOTERÁPICO**

Dissertação apresentada à Faculdade de Medicina de Botucatu, da Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu, para obtenção do Título de Mestre em Pesquisa e Desenvolvimento – Biotecnologia Médica.

Orientador: Prof. Dr. Batista de Oliveira Júnior

Co-orientador: Prof. Dr. Marco Antonio Rodrigues Fernandes

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Marco Antonio Rodrigues Fernandes
Faculdade de Medicina de Botucatu

Prof. Dr. Vidal Haddad Júnior
Faculdade de Medicina de Botucatu

Prof. Dr. Vladimir Eliodoro da Costa
Instituto de Biociências de Botucatu

Botucatu, 20 de março de 2014.

Dedicatória

Dedico este trabalho a todos os pacientes com câncer e àqueles assistidos no Setor Técnico de Radioterapia do HC de Botucatu, os quais apesar das dificuldades no enfrentamento da doença nos transmitem palavras de alegria e conforto sempre, fazendo com que nossos dias sejam mais iluminados, nos fazendo entender que as dificuldades existem e basta apenas lutar para que elas sejam vencidas!!

Agradecimentos

Primeiramente agradeço a Deus e a Nossa Senhora Aparecida, de quem sou grande devota, por terem me concedido a realização desse trabalho, por terem me amparado e acalmado nos momentos difíceis dessa caminhada.

Ao meu orientador Dr. Batista de Oliveira Júnior pela disponibilidade e aceite para a realização deste trabalho no Setor Técnico de Radioterapia da UNESP de Botucatu.

Ao meu querido Co-orientador Prof. Dr. Marco Antonio Rodrigues Fernandes, o qual me acompanha desde a graduação e se tornou um grande amigo. Serei eternamente grata por todos os ensinamentos passados, pela amizade, pela disponibilidade, apoio, compreensão, sabedoria, pelas dicas profissionais e pessoais, pela confiança depositada, por acreditar em mim e no meu trabalho, mesmo quando até eu mesma duvidava. Obrigada por fazer com que este sonho de concretização do Mestrado se tornasse realidade!! Muito obrigada por me amparar e auxiliar em todas as fases da dissertação, sem você essa etapa não teria chegado ao fim.

Aos meus pais Ademilson e Darci a quem devo todas as conquistas da minha vida, os quais me ensinaram a ser uma pessoa batalhadora e nunca desistir dos meus sonhos. A minha irmã Ana Paula que mesmo distante sempre esteve me ajudando...Que a minha ausência em muitos momentos possa ser retribuída com a conclusão desse trabalho, sendo mais uma etapa cumprida na minha vida!

A todos os meus familiares, especialmente a tia Dal, que sempre me ajudou e me acolheu quando me mudei a esta cidade de Botucatu, obrigada por sempre se preocupar comigo e sempre confiar no meu trabalho, me dando força para que tudo desse certo!!

Ao meu namorado Fernando, que acompanhou e sofreu com a minha ausência para a realização desse trabalho!! Obrigada por acreditar em mim, mesmo quando as minhas loucuras da correria de vida profissional e acadêmica não estavam claramente definidas. Obrigada por estar sempre comigo e entender os momentos de dificuldades de quando eu deixava tudo de lado, inclusive o nosso relacionamento para me dedicar a este trabalho e aos trabalhos profissionais. Obrigada por sempre estar comigo!

A equipe de Radioterapia do HC da UNESP: Carina, Rozinete, Rafaella, Eric, Luiz, e especialmente aos Técnicos Adilson e Maria José os quais me auxiliaram no equipamento Simulador durante a realização do trabalho, e ao físico César que sempre esteve apto a auxiliar nas dúvidas.

Ao técnico Natanael, grande amigo, que esteve me auxiliando em diversos momentos tanto profissionais quanto acadêmicos, desde as aulas práticas da graduação, depois na orientação do estágio

de aperfeiçoamento, até nos tornarmos colegas de trabalho. Obrigada por ter me auxiliado em todos os momentos solicitados, ajudando na realização dos experimentos do trabalho, pelos incentivos para crescer profissionalmente. Obrigada por não me deixar desanimar com suas palavras de otimismo e vitória.

As queridas estagiárias que passaram pelo Setor Técnico de Radioterapia: Carol, Carla, Thaís, e Bia, e ao estagiário Renato que sempre me deram forças.

Aos colegas do mestrado: Kelly, Fernando, Nívea, Simone, Mariana, e Paulo, especialmente a colega Inara que sempre me animou e deu forças para que tudo desse certo, e a querida amiga Mari, que me auxiliou em alguns momentos deste trabalho, que me deu forças e me aguentou em todos os meus desabafos e problemas, unidos à vontade de desistir de tudo. Obrigada minha amiga por toda a força, por não ter me deixado desistir, por ter contribuído para que eu conseguisse concluir essa etapa em minha vida.

A secretária do Programa do Pós Graduação: Janisse, a qual sempre esteve apta a ajudar no que fosse preciso, colaborando na solução das dúvidas dos alunos, orientando para que tudo desse certo.

Aos professores do Conselho de Pós Graduação com quem tive a chance de conviver durante o mestrado e nas reuniões do Conselho: Dr. Paulo Eduardo de Abreu Machado, Dra. Maria Inês de Moura Pardini Filho, Dra. Elenice Deffune, e Dra. Rejane Maria Tommasini Grotto.

A todos os professores do Programa de Pós Graduação em Biotecnologia Médica, os quais passaram seus ensinamentos e nos conduziram nas dificuldades.

Ao Dr. Geraldo Franco Pires, e a toda equipe da Delegacia de Polícia de Anhembi, os quais ajudaram em relação à disponibilidade de horários para a realização das disciplinas do mestrado.

A todos os funcionários da Biblioteca do Campus da UNESP de Botucatu, por toda orientação e disponibilidade em ajudar sempre, principalmente a funcionária Luciana que colaborou na revisão das referências, a funcionária Rosemeire pela elaboração da ficha catalográfica e à colega Diva que sempre esteve apta a ajudar.

A todos os pacientes com câncer, os quais enfrentam uma grande barreira em sua caminhada, de medo, ansiedade, nervosismo, mas que acima de tudo, não deixam de nos receber com um sorriso, e tornar-se grandes amigos...

A todas as demais pessoas que me ajudaram de alguma maneira, direta ou indiretamente. Meu muito obrigado!

Epigrafe

“O Futuro pertence aqueles que acreditam na beleza de seus sonhos.” (Eleanor Roosevelt)

“É muito melhor lançar-se em busca de conquistas grandiosas, mesmo expondo-se ao fracasso, do que alinhar-se com os pobres de espírito, que nem sofrem muito, porque vivem numa penumbra cinzenta, onde não conhecem nem vitória, nem derrota.” (Theodore Roosevelt)

*“O SENHOR é o meu pastor, nada me faltará.
Refrigera a minha alma; guia-me pelas veredas da justiça, por amor do seu nome.
Ainda que eu andasse pelo vale da sombra da morte, não temeria mal algum, porque tu estás comigo; a tua vara e o teu cajado me consolam”. (Salmo 23)*

Lista de ilustrações

Figura 1 – Ampola de raios-x.....	29
Figura 2 – Simulador convencional.....	29
Figura 3 – Radiografia de simulação e imagem de portal film.....	30
Figura 4 – Colimador MLC (multileaf)	32
Figura 5 – Acelerador linear – Unesp Botucatu	32
Figura 6 – Unidade de telecobaltoterapia	33
Figura 7 – Simulador convencional – Unesp Botucatu	54
Figura 8 – Croqui da sala de simulação e planejamento – Unesp Botucatu	55
Figura 9 - Dosímetro Unfors Thin X Rad	57
Figura 10 - Câmara de ionização 6 cc acoplada a eletrômetro Radcal	57
Figura 11 - Dosímetro Unforms Mult-Ometer	57
Figura 12 – Indicados de luz de campo e indicador de campo de tratamento	59
Figura 13 – Monitor da escopia	60
Figura 14 – Painel de comando.....	61
Figura 15 - Localização do dosímetro.....	62
Figura 16 - Dose.....	62
Figura 17 – Taxa de Dose.....	62
Figura 18 – Tempo	62
Figura 19 – Esquema explicativo para leitura das tabelas	66
Figura 20 – Dose média de radiação absorvida por região de planejamento	74
Figura 21 – Tempo médio de escopia	76
Figura 22 – Número médio de escopias	77

Lista de tabelas

Tabela 1 - Estimativa - casos novos de câncer em homens no Brasil em 2014.	25
Tabela 2 - Estimativa - casos novos de câncer em mulheres no Brasil em 2014	25
Tabela 3 – EBR e TLE para várias doses de radiação	40
Tabela 4 – Dose efetiva em órgãos recebida por equipamento de TC para planejamento em RXT	48
Tabela 5 – Dose de radiação em órgãos devido á utilização da técnica de IGRT	49
Tabela 6 – Dose de radiação em exames radiológicos em UTIs	53
Tabela 7 – Amostra do estudo.....	67
Tabela 8 – Tumores de cabeça e pescoço - Dose média medida no planejamento X dose preconizada no tratamento	68
Tabela 9 - Tumores de cabeça e pescoço - Dose média medida no replanejamento X dose preconizada no tratamento	68
Tabela 10 - Tumores cerebrais - Dose média medida no planejamento X dose preconizada no tratamento	69
Tabela 11 – Tumores de colo uterino - Dose média medida no planejamento X dose preconizada no tratamento	69
Tabela 12 - Linfoma - Dose média medida no planejamento X dose preconizada no tratamento.....	70
Tabela 13 - Linfoma - Dose média medida no replanejamento X dose preconizada no tratamento	70
Tabela 14 – Tumores de mama I - Dose média medida no planejamento X dose preconizada no tratamento	71
Tabela 15 – Tumores de mama II - Dose média medida no planejamento X dose preconizada no tratamento	71
Tabela 16 – Metástase óssea - Dose média medida no planejamento X dose preconizada no tratamento	72
Tabela 17 – Tumores de próstata - Dose média medida no planejamento X dose preconizada no tratamento	72

Tabela 18 - Tumores de próstata - Dose média medida no replanejamento X dose preconizada no tratamento	72
Tabela 19 – Tumores de pulmão - Dose média medida no planejamento X dose preconizada no tratamento	73
Tabela 20 – Tumores de reto - Dose média medida no planejamento X dose preconizada no tratamento	73
Tabela 21 – Avaliação total	75
Tabela 22 – Dose de radiação - mSv	78

Lista de quadros

Quadro 1 – Razão de aumento do oxigênio	41
Quadro 2 – Comparação entre estudos da literatura	79

Lista de abreviaturas e siglas

aC	Antes de Cristo
AL	Acelerador linear
ALARA	As Low As Reasonable Achievable
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
CAE	Controle automático de exposição
CBTC	Tomografia computadorizada cone beam
cGy	Centigray
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear
Co-60	Cobalto-60
CPRE	Colangiopancreatografia retrógrada endoscópica
DAP	Distância ântero posterior
DFS	Distância fonte superfície
DLL	Distância látero-lateral
DLP	Dose Length Product
DNA	Ácido desoxirribonucleico
DT	Dose absorvida
EBR	Eficiência biológica relativa
ECG	Eletrocardiograma
GE	General Electric
Gy	Gray
HT	Dose equivalente órgãos e tecidos
ICRP	Comissão Internacional de Proteção Radiológica
ICRU	Comissão Internacional de Unidades e Medidas de Radiação
IGRT	Radioterapia guiada por imagem
IMC	Índice de massa corpórea
IMRT	Radioterapia de intensidade modulada
INCA	Instituto Nacional do Câncer
IOEs	Indivíduo ocupacionalmente exposto
IP	Indivíduo do público

J/KG	Joule/kilograma
KERMA	Kinetic Energy Released in the Medium
KEV	Quiloelétron-volt
KVP	Quilovoltagem pico
mA	Miliamperagem
mAs	Miliamperagem por segundo
MeV	Milielétron volt
mGy	Miligray
MLC	Multileaf
MS	Ministério da Saúde
ms	milisegundos
mSv	Milisievert
MV	Megavoltagem
Quant.	Quantidade
R	Roentgen
Rad	Radiation absorbed dose
RAO	Razão de aumento do oxigênio
RC	Radiocirurgia
REM	Roentgen equivalent man
REPLANEJ	Replanejamento
RXT	Radioterapia
Seg	segundos
SI	Sistema Internacional
SUS	Sistema Único de Saúde
SV	Sievert
TC	Tomografia computadorizada
TLDs	Dosímetros termoluminescentes
TLE	Transferência linear de energia
UTI	Unidade de terapia intensiva
WR	Fator de ponderação

RESUMO

CAMARGO, R.F. **Avaliação da dose de radiação absorvida em exames radiológicos durante o planejamento radioterápico.** 2014. 145f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Medicina de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2014.

A radioterapia é uma modalidade médica que emprega radiações ionizantes para o tratamento de doenças. O sucesso da terapêutica depende de vários fatores, dentre eles a liberação precisa da dose de radiação no volume tumoral e a perfeita reprodutibilidade diária das orientações prescritas na ficha técnica do paciente. A delimitação do campo de radiação, o qual deve abranger todo o tumor e permitir uma margem de segurança que considere a movimentação anatômica, é feita durante os procedimentos de planejamento radioterápico. Nesta etapa do tratamento, o médico radioterapeuta, auxiliado pelo físico médico e o tecnólogo em radiologia, utiliza técnicas radiográficas através de um sistema de escopia para visualização do volume alvo de irradiação, e realiza imagens radiográficas estáticas para documentação do caso clínico. Na rotina dos procedimentos de planejamento radioterápico, normalmente não é feita a quantificação da dose de radiação liberada no procedimento, devido principalmente à grande e exaustiva agenda de atividades dos profissionais envolvidos. Neste trabalho foi avaliada a dose de radiação liberada em exames radiológicos realizados durante o planejamento radioterápico, avaliando a influência desta dose no total de exposições em que o paciente foi submetido durante todo o curso da radioterapia. A pesquisa consistiu no acompanhamento dos procedimentos de planejamento radioterápico executadas no Serviço Técnico de Radioterapia da Faculdade de Medicina da UNESP de Botucatu, extraíndo os valores das técnicas radiográficas empregas para diferentes planejamentos. Após a caracterização individualizada do planejamento, as técnicas radiográficas utilizadas em cada um dos casos clínicos, foram repetidas e as doses de radiação liberadas no procedimento foram quantificadas por meio de detectores de radiação específicos e calibrados para a energia dos raios-x de simulação. Concluiu-se que a dose de radiação absorvida à qual

ficam submetidos os pacientes durante os exames radiológicos para o planejamento radioterápico, do ponto de vista de proteção radiológica dos tecidos sadios circunvizinhos ao volume de tratamento, é significativa. Aponta-se aqui a importância de se registrar nas fichas técnicas, o quantitativo de dose de radiação recebida pelo paciente durante todo o ciclo radioterápico. É imperativo salientar que, embora o paciente já esteja sendo submetido a uma alta dose de radiação liberada nos procedimentos radioterápicos, dirigida para a região anatômica acometida, não se deve negligenciar a dose de radiação liberada durante o planejamento, pois ela não está direcionada apenas para o volume alvo de tratamento. As legislações internacionais acenam constantemente para que se atentem aos preceitos de proteção radiológica, exigindo que devemos utilizar a menor técnica radiográfica (menor dose de radiação liberada) possível que seja suficiente para produzir um exame radiológico de qualidade.

Palavras-chave: dose de radiação, exames radiológicos, planejamento radioterápico, radioterapia.

ABSTRACT

CAMARGO, R.F. Assessment of the absorbed radiation dose in radiological examinations during radiotherapy planning. 2014. 145f. Thesis (Master) – Faculty of Medicine of Botucatu, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2014.

Radiotherapy is a medical modality that uses ionizing radiation for the treatment of diseases. The treatment success depends on several factors, including the precise release of the radiation dose in the tumor volume and the perfect daily reproducibility of the guidelines prescribed in the technical sheet of the patient. The delimitation of the radiation field, which should cover the entire tumor and allow a safety margin that considers the anatomical movement, is taken during the procedures of the radiotherapy planning. At this stage of treatment, the radiotherapist physician, aided by the medical physicist and the technologist in radiology, utilizes radiographic techniques through a system of scopy to visualize the target volume of irradiation, and performs static radiographic images to document the clinical case. In the routine of the radiotherapy planning procedures, usually is not performed the quantification of the radiation dose released in the procedure, mainly due to the large and exhaustive schedule of activities of the professionals involved. In this study, was assessed the radiation dose released in radiological examinations performed during the radiotherapy planning, evaluating the influence of this dose in the exposures total in which the patient has undergone throughout the radiotherapeutic procedure. The research consisted in monitoring the radiotherapy planning procedures performed at UNESP, “Serviço Técnico de Radioterapia” of “Faculdade de Medicina de Botucatu”, extracting the radiographic technique values used for different plannings. After the individualized characterization of the plannning, the radiographic techniques used in each clinical case, were repeated and the radiation doses released in the procedure were quantified by specific radiation detectors and they were calibrated to the energy of the simulation x-ray. It is concluded that the absorbed radiation dose, which the patients are submitted during the radiological examinations for the radiotherapy planning, form the viewpoint of radiological protection of the surrounding healthy tissues to the treatment volume, is

significant. It is pointed out here the importance of registering in the technical sheets, the amount of received radiation dose by the patient throughout the radiotherapy cycle. It is imperative to note that, although the patient is already receiving a high radiation dose released in radiotherapy procedures, directed to the affected anatomical region, we should not neglect the radiation dose released during the planning, because it is not directed only to the treatment target volume. International legislations are constantly looking for a way that the precepts of radiological protection be respected , demanding that we should use the lowest radiographic technique (lower radiation dose released) as possible, that is sufficient to produce a radiological examination of quality.

Key-words: radiation dose, radiological examinations, radiotherapy planning, radiotherapy.

Sumário

Lista de ilustrações	8
Lista de tabelas.....	9
Lista de quadros	11
Lista de abreviaturas e siglas	12
RESUMO	14
ABSTRACT.....	16
1 INTRODUÇÃO.....	20
1.1 Objetivos.....	22
1.2 Relevância do Tema.....	22
1.3 Justificativa	23
2 REVISÃO DE LITERATURA	24
2.1 Câncer	24
2.2 Situação do Câncer no Brasil	24
2.3 Radioterapia	26
2.3.1 Métodos de aplicação em radioterapia.....	26
2.3.2 Etapas da Radioterapia - Simulação e Planejamento do Tratamento	28
2.3.4 Reprodutibilidade diária	30
2.3.5 Tratamento	31
2.3.6 Equipamentos utilizados para o tratamento	31
Aceleradores lineares	31
Unidade de telecobaltoterapia.....	33
2.4 Princípios básicos de Proteção Radiológica.....	34
2.4.1 Justificação	34
2.4.2 Otimização.....	34
2.4.3 Limitação da dose individual.....	35
2.4.4 Prevenção de Acidentes.....	35
2.5 Métodos de diminuição de exposição à radiação	36
2.6 Procedimentos de trabalho na área de radiações ionizantes	36
2.7 Procedimentos de trabalho em fluoroscopia	37

2.8 Processamento correto de filmes	37
2.7 Radiobiologia em radioterapia	38
2.7.1 Ciclo Celular	39
2.7.2 Fatores físicos que afetam a radiosensibilidade	39
Transferência linear de energia (TLE)	39
Eficiência biológica relativa (EBR)	40
Prolongamento e fracionamento.....	41
2.7.3 Fatores biológicos que afetam a radiosensibilidade	41
Efeito oxigênio	41
Idade.....	42
Recuperação	42
Agentes químicos	42
2.7.4 Efeitos biológicos provocados pela radiação ionizante	43
Efeitos Estocásticos.....	43
Efeitos Determinísticos	43
Efeitos somáticos.....	44
Efeitos hereditários ou genéticos.....	44
2.8 Quantificação das radiações ionizantes	44
2.8.1 Grandezas físicas	45
Exposição	45
2.8.2 Grandezas operacionais	45
2.8.3 Grandezas limitantes de proteção	45
Dose equivalente no tecido ou no órgão	45
Dose efetiva.....	46
2.8.4 Grandezas dosimétricas	46
Dose absorvida.....	46
Kerma	47
2.9 Dose de radiação absorvida em procedimentos médicos	47
3 METODOLOGIA	54
3.1 Características do equipamento de radiologia utilizado no estudo	54
3.2 Etapas de realização do estudo	55

3.2.1 Coleta de dados.....	55
3.2.2 Forma de coleta dos dados	56
3.3.3 Quantificação da dose de radiação absorvida nos procedimentos de planejamentos radioterápicos.....	56
3.3.4 Limitações do estudo.....	62
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	64
4.1 Interpretação das tabelas	64
4.2 Amostra de estudo.....	67
4.3 Doses medidas absorvidas em função da região anatômica de tratamento .68	
4.3.1 Dose média de radiação absorvida em neoplasias de cabeça e pescoço .68	
4.3.2 Dose média de radiação absorvida em tumores cerebrais.....	69
4.3.3 Dose média de radiação absorvida em neoplasias de colo uterino.....	69
4.3.4 Dose média de radiação absorvida em linfoma.....	70
4.3.5 Dose média de radiação absorvida em neoplasias mamárias	71
4.3.6 Dose média de radiação absorvida em neoplasias metastáticas ósseas...71	
4.3.7 Dose média de radiação absorvida em neoplasias de próstata	72
4.3.8 Dose média de radiação absorvida em neoplasias de pulmão	73
4.3.9 Dose média de radiação absorvida em planejamento de neoplasias de reto	73
4.4 Doses medias em função do sítio anatômico	74
4.5 Tempo médio de escopia em função do sítio anatômico	75
4.6 Número médio de escopias	77
4.7 Dose média de radiação – mSv.....	77
4.8 Avaliação comparativa com outros estudos da literatura	78
5 CONCLUSÃO	81
REFERÊNCIAS	82
ANEXO	85
APÊNDICE	88

1 INTRODUÇÃO

De forma genérica, o termo câncer é utilizado para caracterizar um grupo de mais de cem doenças, com diferenças e características próprias, que apresentam como fator comum uma falha nos mecanismos de crescimento, proliferação e morte celular.

Atualmente, o câncer representa um dos principais problemas de saúde pública em todo o mundo. De acordo com o Instituto Nacional do Câncer (INCA)¹, foi estimado para este ano de 2014 cerca de 576.000 novos casos de câncer, incluindo os casos de pele não melanoma, e sem os casos de câncer da pele não melanoma, estimou-se um total de 394.450 casos novos. Segundo o Ministério da Saúde (MS), a estimativa de gastos federais com Serviços Oncológicos do Sistema Único de Saúde (SUS) no Brasil no ano de 2011 foi de 2,18 bilhões, sendo que aproximadamente 348,21 milhões de reais foram destinados a tratamentos radioterápicos.²

A Radioterapia (RXT) é a modalidade médica que se utiliza de feixes de radiações ionizantes para o tratamento de doenças, com o intuito de combater as células neoplásicas impedindo a sua multiplicação e induzindo à morte celular. Quanto à distância da fonte de radiação, a técnica radioterápica pode se dar em duas diferentes modalidades, a teleterapia ou a braquiterapia. Na teleterapia a fonte emissora de radiação está posicionada a certa distância da lesão a ser tratada, sendo 80,0 cm em unidades de telecobaltoterapia e 100,0 cm nos aceleradores lineares. As radiações utilizadas podem ser do tipo: raios-x, raios gama e raios betas, dependendo do equipamento emissor e das características clínicas das lesões. A braquiterapia por sua vez é caracterizada como o tratamento realizado com a fonte de radiação inserida ou próxima ao tumor.³

O sucesso da RXT depende de vários fatores, tais como o diagnóstico precoce da doença, as técnicas e equipamentos de RXT utilizados, a experiência da equipe de profissionais envolvidos, médico radioterapeuta, físico médico, tecnólogos, técnicos, enfermeiros, dentre outros.

A rotina do tratamento inicia-se com a simulação dos campos de radiação que deverão abranger todo o volume alvo previamente determinado e indicado pelos exames clínicos e de imagens comprobatórios. Nesta etapa, o paciente é submetido a

feixes de raios-x de kilovoltagem, tais quais os utilizados nos exames de radiodiagnóstico. Para a correta localização da área a ser irradiada, são realizadas várias exposições dos raios-x em diferentes angulações e intensidades. As regiões anatômicas são então visualizadas nas telas de escopia e em seguida radiografadas em filme radiológico convencional. Dependendo do tratamento a ser realizado, são necessários de 2 a 4 campos de radiação, sendo que cada um destes campos necessitam de várias exposições sucessivas.

Dependendo da experiência da equipe envolvida, o procedimento completo de planejamento radioterápico pode demandar cerca de 40 minutos, contabilizando aproximadamente 12 escopias e 4 radiografias. A quantidade de exposições depende ainda das condições de operação do equipamento simulador, o que pode representar uma liberação de alta dose de radiação.

Uma vez concluída a fase de planejamento e simulação do tratamento, o paciente inicia o ciclo de aplicações das radiações conforme o protocolo radioterápico preconizado para cada tipo e característica de tumor diagnosticado. Tumores mais superficiais são tratados com feixes de raios-x de baixa energia (pouco penetrantes) ou com feixes de elétrons de megavoltagem produzidos em aceleradores lineares. Tumores mais profundos requerem feixes de fótons, raios-X ou raios gama de megavoltagem. Além das doses de radiação preconizadas para cada tipo de tumor, em função da resposta radiobiológica e do estágio clínico da doença, durante o tratamento são ainda realizadas exposições radiográficas para checagem do campo de tratamento, averiguando se o campo de radiação que está sendo efetuado diariamente coincide com aquele determinado durante a fase do planejamento e simulação. Esta verificação se faz imprescindível, pois caso haja divergências entre os campos planejados e o tratado, regiões anatômicas e órgãos vitais sadios circunvizinhos ao campo de tratamento podem estar sendo submetidos à radiação desnecessária e sofrendo danos radiobiológicos indesejáveis.

A dose de RXT consolidada pelos protocolos específicos de tratamento varia entre 3000 centigrays (cGy) a 7000 cGy, conforme tipo histológico e grau de comprometimento da lesão. No entanto, nos documentos de registro do tratamento não são contabilizadas as doses de radiação às quais os pacientes ficaram expostos

durante o planejamento e simulação do campo de radiação, as quais em alguns casos podem elevar o nível de radiação total na superfície de entrada do paciente.

Neste trabalho pretende-se avaliar a dose de radiação a qual os pacientes são submetidos durante os procedimentos de planejamento e simulação dos campos de RXT e verificar a contribuição destas exposições no computo total da dose absorvida pelo paciente durante todo o tratamento proposto.

1.1 Objetivos

Avaliar a dose de radiação absorvida em exames radiológicos realizados durante os planejamentos radioterápicos e quantificar o percentual desta dose de radiação em função da dose total absorvida durante todo o ciclo de tratamento do paciente.

Elaborar uma planilha quantificando a dose de radiação absorvida em planejamentos radioterápicos rotineiros;

1.2 Relevância do Tema

As recentes normas dos órgãos da vigilância sanitária e de proteção radiológica apontam para a efetiva implantação de programas de controle de qualidade que apresentem detalhadamente o quantitativo de dose de radiação liberada nos procedimentos médicos. O Ministério da Saúde tem acenado na direção de renovação do parque radioterápico nacional, com a facilitação de aquisição de modernos equipamentos de RXT com técnicas sofisticadas, tais como RXT de intensidade modulada (IMRT), RXT guiada por imagem (IGRT), radiocirurgia (RC), as quais buscam aumentar a dose no tumor e minimizar os efeitos deletérios da RXT na região periférica do volume de tratamento. Aliado a todas estas iniciativas cabe aos profissionais da RXT buscarem a excelência dos procedimentos, o que requer o conhecimento dos níveis de radiação desde o início das técnicas empregadas.

1.3 Justificativa

O uso de feixes de raios-x de simulação é necessário durante os procedimentos de planejamento radioterápico, no entanto, a rotina adotada nos Serviços de Radioterapia não permite a realização de estudos sistemáticos que possam orientar quanto à contribuição da dose de radiação absorvida durante estes procedimentos. Desta forma, quando se realiza o tratamento, a dose tumoricida preconizada não considera as exposições previamente ocorridas, e assim no registro de dose realizada não estão inseridos os valores provenientes das exposições de planejamento e simulação.

Por não se conhecer os níveis de radiação emitidos durante o planejamento radioterápico, e face ao fato de que as doses de radiação liberadas nos protocolos de RXT serem relativamente altas (acima de 3000 cGy), em muitos casos, as exposições de planejamento não são realizadas com os devidos cuidados regimentados pelos preceitos de proteção radiológica.

Com o apontamento dos reais valores das doses integralizadas durante todo o ciclo radioterápico, pode-se contribuir para reorientação dos profissionais quanto à necessidade de otimização dos procedimentos radiológicos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Câncer

De acordo com o INCA, a palavra câncer vem do grego karkinos, que quer dizer caranguejo e foi utilizada pela primeira vez por Hipócrates, o pai da medicina, que viveu entre 460 e 377 a.C. O fato de ter sido detectado em múmias egípcias comprova que ele já comprometia o homem há mais de 3 mil anos a.C. O câncer é o nome dado ao conjunto de mais de 100 doenças que têm em comum o crescimento desordenado de células, que invadem os tecidos e órgãos, podendo espalhar-se para outras regiões do corpo. Dividindo-se rapidamente, essas células tendem a ser muito agressivas e incontroláveis determinando a formação de tumores (acúmulo de células cancerosas)⁴, sendo responsável por cerca de 17% dos óbitos por causa conhecida ocorridos no Brasil.

2.2 Situação do Câncer no Brasil

No Brasil, as estimativas de incidência de câncer são elaboradas pelo INCA, órgão do Ministério da Saúde. Os últimos dados disponibilizados foram publicados em 27/11/2013, tendo como referência o ano de 2014. De acordo com o INCA, as estimativas de incidência para este ano de 2014 são de aproximadamente 576.000 casos novos de câncer, incluindo os casos de pele não melanoma, e sem os casos de câncer da pele não melanoma, estima-se um total de 394.450 mil casos novos.¹

As incidências estimadas são maiores para o sexo masculino, representando cerca de 302.350 casos incluindo pele não melanoma, contra 274.230 novos casos para o sexo feminino.

A Tabela 1 mostra a estimativa de novos casos no sexo masculino por localização primária, onde é possível verificar que o câncer de próstata é o mais estimado no sexo masculino.

Tabela 1 - Estimativa - casos novos de câncer em homens no Brasil em 2014.

Localização Primária	Casos Novos	%
Próstata	68.800	22,8%
Traqueia, Brônquio e Pulmão	16.400	5,4%
Cólon e Reto	15.070	5,0%
Estômago	12.870	4,3%
Cavidade Oral	11.280	3,7%
Esôfago	8.010	2,6%
Laringe	6.870	2,3%
Bexiga	6.750	2,2%
Leucemias	5.050	1,7%
Sistema Nervoso Central	4.960	1,6%
Linfoma não-Hodgkin	4.940	1,6%
Pele Melanoma	2.960	1,0%
Linfoma de Hodgkin	1.300	0,4%
Glândula Tireoide	1.150	0,4%
Todas as Neoplasias sem pele*	203.930	
Todas as Neoplasias	302.350	



Fonte: INCA, 2013.¹

A Tabela 2 mostra a estimativa de novos casos no sexo feminino por localização primária, verificando-se que as neoplasias de mama serão as mais incidentes entre as mulheres.

Tabela 2 - Estimativa - casos novos de câncer em mulheres no Brasil em 2014

Localização Primária	Casos Novos	%
Mama feminina	57.120	20,8%
Cólon e Reto	17.530	6,4%
Colo do útero	15.590	5,7%
Traqueia, Brônquio e Pulmão	10.930	4,0%
Glândula Tireoide	8.050	2,9%
Estômago	7.520	2,7%
Corpo do útero	5.900	2,2%
Ovário	5.680	2,1%
Linfoma não-Hodgkin	4.850	1,8%
Leucemias	4.320	1,6%
Sistema Nervoso Central	4.130	1,5%
Cavidade Oral	4.010	1,5%
Pele Melanoma	2.930	1,1%
Esôfago	2.770	1,0%
Bexiga	2.190	0,8%
Linfoma de Hodgkin	880	0,3%
Laringe	770	0,3%
Todas as Neoplasias sem pele*	190.520	
Todas as Neoplasias	274.230	



Fonte: INCA, 2013.¹

2.3 Radioterapia

A RXT é uma modalidade médico-terapêutica que utiliza radiações ionizantes com o intuito de combater os agentes neoplásicos, objetivando atingir as células malignas, impedindo a sua multiplicação, e induzindo a morte celular.⁵

A radiação ionizante empregada na RXT pode ser constituída de ondas eletromagnéticas (raios-x e raios-gama) ou por partículas subatômicas como a radiação beta, elétrons de alta energia, íons pesados e nêutrons. A radiação penetra no tecido de acordo com seu tipo, energia e natureza física, em diferentes profundidades. O efeito básico da radiação ionizante é destruir a capacidade das células de se dividirem. Isto ocorre tanto para células cancerosas como para as saudáveis. Como explicado pela Fundação Oncocentro de São Paulo⁶, os radicais livres produzidos pela radiação ionizante, reagem com uma variedade de macromoléculas essenciais dentro das células. As reações importantes são aquelas que ocorrem com o DNA e por causa de uma única função de muitas partes dessa molécula, a danificação do DNA com perda de integridade, leva a célula a morte ou mutagênese. Assim danificando o DNA, a radiação interfere no seu comportamento alterando o ciclo celular. Este processo ocorre em ambas às células normais e neoplásicas.

A partir destes fatores, conclui-se que a resposta terapêutica da técnica, depende da sensibilidade dos tumores à radiação, bem como do planejamento correto do tratamento, e o estabelecimento da dose de radiação, minimizando desta forma, os danos ao tecido normal do paciente.⁷

2.3.1 Métodos de aplicação em radioterapia

Os diferentes métodos de RXT dependem do modo como as radiações são administradas. Cada método é utilizado de acordo com a patologia, tamanho da lesão, localização da lesão, entre outros. Os métodos de aplicação em RXT podem ser: Teleterapia ou Braquiterapia.

A teleterapia consiste na forma mais comum de RXT. Também chamada de radioterapia externa, é aplicada utilizando equipamentos como o Acelerador Linear (AL) e a Unidade de telecobaltoterapia, os quais possuem as respectivas distâncias da fonte até o volume-alvo de 100 cm e 80 cm. Os tumores que estão nos tecidos mais profundos são considerados os mais complicados. Para este caso é necessário fazer uma marcação na pele em cima do tumor mais profundo, de acordo com as investigações radiológicas e as marcas anatômicas.⁵

A braquiterapia consiste em uma técnica caracterizada pela colocação de materiais radioativos em contato com o tumor, teve sua primeira aplicação em 1904, para tratamento de lesões de pele. A partir dessa data, a braquiterapia tem sido amplamente utilizada no tratamento de tumores malignos, devido à característica de liberar alta dose de radiação em um pequeno volume alvo, baseando-se na característica principal da colocação da fonte em contato direto com o tumor, liberando alta dose de radiação apenas nas proximidades da área de implantação, evitando que as células normais vizinhas sejam atingidas. A radiação liberada destrói o tumor ou impede a divisão e multiplicação de suas células. Atualmente há diversas fontes radioativas para aplicação em braquiterapia, as quais utilizam variados isótopos, entre os quais podem se destacar: cézio-137, cobalto-60, irídio-192, iodo-125, ouro-198.⁸

Existem várias formas de braquiterapia, as quais se diferenciam pela taxa de dose e pelo local de aplicação. Com relação à taxa de dose, ela pode ser de: alta taxa de dose, na qual a fonte permanece por pouco tempo no interior do organismo e utiliza doses acima de 12 Gy; ou baixa taxa de dose, a qual a fonte de radiação permanece no interior do corpo do paciente por um tempo maior, geralmente por alguns dias ou é implantada definitivamente e utiliza doses abaixo de 2Gy. Os procedimentos de braquiterapia são classificados por diversas características de tratamento. As formas de implantes podem ser: intersticiais, intracavitária, intra-operatória e aplicações com placas. Nos implantes intersticiais são inseridas fontes radioativas dentro do volume alvo, através de aplicadores específicos com a aplicação direta das fontes dentro do volume alvo⁹. Em implantes intracavitários as fontes radioativas são inseridas diretamente em cavidades do corpo, são muito utilizados para o tratamento de tumores ginecológicos. Em implantes intra-operatórios, as fontes são aplicadas cirurgicamente

dentro ou próximo ao tumor em procedimentos temporários. Nas aplicações em formas de placas, as mesmas são alocadas diretamente no tecido ou superfície a serem tratados, se moldando ao órgão, permitindo contato direto com o mesmo.⁹

2.3.2 Etapas da Radioterapia - Simulação e Planejamento do Tratamento

O objetivo do planejamento do tratamento é a aplicação da dose prescrita de irradiação no volume alvo com homogeneidade em dose máxima e dose mínima na área que envolve o tumor, ou seja, no tecido normal.⁷

Para a realização do planejamento de um tratamento radioterápico utilizam-se exames de imagens como a tomografia computadorizada e ressonância magnética as quais são obtidas previamente, e imagens de raios-x convencional que são obtidas durante o planejamento no equipamento de simulação.

No processo de simulação do tratamento, definem-se o isocentro do tratamento, os campos de irradiação para a região a ser tratada. Todo o processo de localização do tumor e definição do tamanho dos campos de irradiação são feitos com base em parâmetros ósseos, que também definem as regiões a serem protegidas, este processo é realizado pelo médico radioterapeuta, com o auxílio do físico médico e do tecnólogo em radiologia.¹⁰

O processo de simulação convencional é feito com imagens radiográficas em filmes e imagens fluoroscópicas, das quais os técnicos e tecnólogos em RXT participam ativamente.

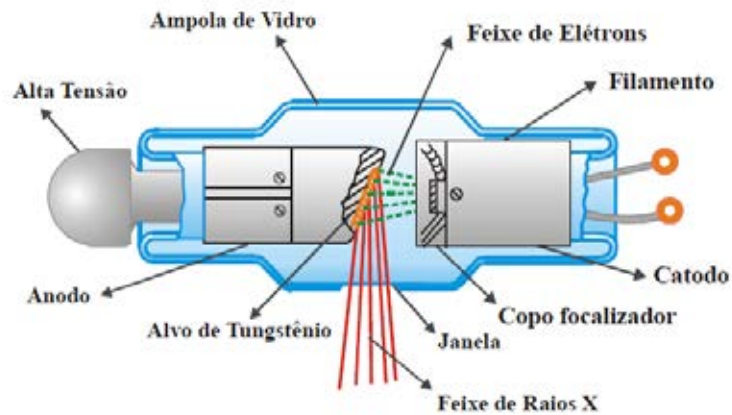
O simulador é uma máquina de raio-x para diagnóstico, de baixa energia, que possui a capacidade de girar 360°, neste equipamento está acoplado um intensificador de imagem juntamente com um circuito de televisão onde é possível visualizar as imagens em tempo real.

A mesa do simulador tem os mesmos movimentos das mesas de tratamento. Assim, o simulador convencional reproduz as condições geométricas do tratamento que será realizado na unidade de teleterapia.

Os raios-x são produzidos quando elétrons, acelerados por um campo elétrico intenso, colidem com um alvo metálico, reduzindo sua energia cinética, mudando de

direção e, alguns deles, emitem a diferença de energia sob a forma de ondas eletromagnéticas¹¹(Figura 1).

Figura 1 – Ampola de raios-x



Fonte: PELIZON, 2010.¹⁰

Os simuladores convencionais (Figura 2) são constituídos basicamente de um tubo de raios-x diagnóstico (convencional ou para fluoroscopia) fixo em um gantry com montagem isocêntrica idêntica à montagem dos equipamentos de tratamento.

Figura 2 – Simulador convencional



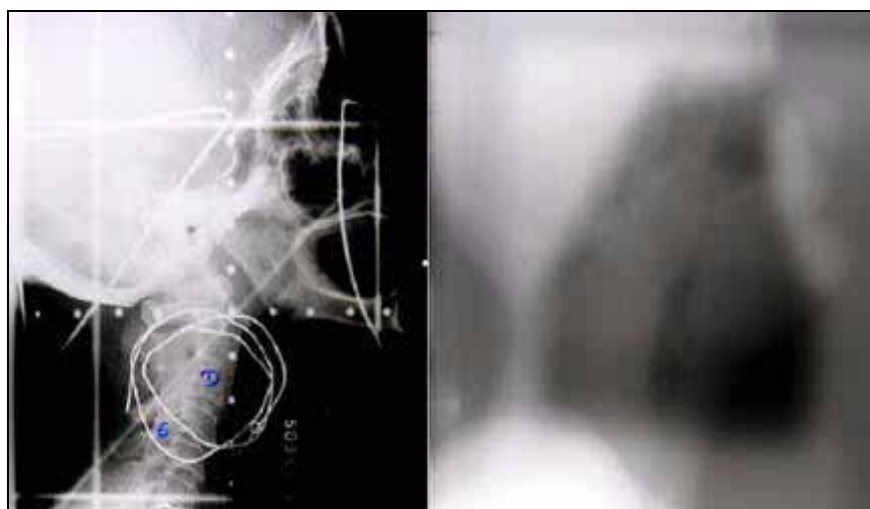
Fonte: Elaborada pelo autor

Terminada a simulação, as imagens radiográficas do paciente e os parâmetros físicos adquiridos durante o processo são enviados para os cálculos da dose e do tempo de tratamento.

2.3.4 Reprodutibilidade diária

Um método comum para determinar a magnitude dos erros posicionais durante as aplicações radioterápicas e verificar se o campo de irradiação está posicionado de acordo com a simulação e o planejamento do tratamento é o denominado “portal film”, o qual consiste em uma radiografia realizada na sala de tratamento, com o devido posicionamento e acessórios necessários. Essas radiografias de verificação são comparadas com imagens de simulação, correlacionando áreas que devem ser poupadas de irradiação com o efetivo campo de tratamento, permitindo a verificação da posição do feixe e anatomia óssea associada. A incerteza na localização diária do tumor opõe-se a uma distribuição exata de radiação durante um curso radioterápico, a verificação do tratamento é crucial para a precisão da RXT independentemente das técnicas de tratamento a serem utilizadas¹². A Figura 3 ilustra uma imagem radiográfica obtida no planejamento radioterápico e uma imagem de portal film para comparação.

Figura 3 – Radiografia de simulação e imagem de portal film



Fonte: KHOO, 2013.¹²

2.3.5 Tratamento

Após a finalização da simulação do tratamento, e a realização dos cálculos de dose, e confecção dos acessórios de colimação necessários, o tratamento prescrito é inserido em um sistema de intercomunicação com o equipamento de teleterapia, e após estas etapas o tratamento em si estará apto a ser iniciado.

2.3.6 Equipamentos utilizados para o tratamento

Dentre os mais importantes tipos de geradores de radiação ionizante empregados para o tratamento destacam-se os aceleradores de partículas, e os irradiadores com radioisótopos. O primeiro dispositivo utiliza a eletricidade como fonte de energia para acelerar partículas e gerar radiação; os irradiadores utilizam radioisótopos como fonte de radiação acoplada a um sistema blindado de exposição e guarda da fonte .

Aceleradores lineares

Atualmente os ALs são os principais equipamentos de radiação utilizados nos serviços de RXT. O AL acelera elétrons de uma maneira retilínea, os quais colidem em uma placa de metal pesado feita de tungstênio, perdendo a energia e emitindo fótons. Essa radiação eletromagnética produzida é dirigida através de campos magnéticos e concentrada por colimadores secundários que orientam o feixe de fótons ao isocentro do AL. Esses equipamentos possibilitaram a realização de tratamentos tanto com feixes de elétrons, quanto com feixes de fótons de altas energias (4 MV a 25 MV).¹³

Nos aceleradores mais modernos, é possível utilizar um sistema conhecido por *multileaf colimator* ou colimador de múltiplas lâminas (MLC) para execução do tratamento (Figura 4). Esse sistema contém um colimador formado por 26, 52, 80 ou 120 lâminas, medindo cada uma de 3 mm a 10 mm de largura, e de 20 cm a 40 cm de comprimento. As lâminas são comandadas individualmente por um sistema computadorizado. Elas podem se deslocar de forma independente, possibilitando

moldar campos de irradiação com formas irregulares (Figura 4) de acordo com as formas dos volumes a serem tratados.¹³

Figura 4 – Colimador MLC (multileaf)



Fonte: Elaborada pelo autor

A Figura 5 ilustra um AL da marca Varian, modelo Clinac 2100C, com colimadores multileaf, utilizado no Setor Técnico de Radioterapia da UNESP de Botucatu.

Figura 5 – Acelerador linear – UNESP Botucatu



Fonte: Elaborada pelo autor

Unidade de telecobaltoterapia

O equipamento de telecobaltoterapia é constituído por um cabeçote contendo uma fonte selada de cobalto-60 (Co-60) no interior de uma blindagem de chumbo ou urânio exaurido, encapsulada por aço. No cabeçote, existe uma “janela” de saída do feixe gama, com colimadores apropriados para estabelecer o tamanho de campo e um sistema de abertura e fechamento que pode ser acionado por um sistema pneumático ou elétrico. Durante o tratamento a fonte é deslocada de sua posição de guarda, dentro da blindagem para a posição de irradiação. Para a exposição do paciente durante um intervalo de tempo, o operador fixa por meio de um sistema de colimação da própria máquina, o tamanho e o formato do campo de irradiação em conformidade com o procedimento terapêutico prescrito. A fonte de co-60 libera fótons sob forma de raios gama com energias de 1,25 MeV, e apresenta uma meia-vida de 5,27 anos. Como a fonte é radioativa, a emissão de fótons é contínua, ou seja, a fonte não para de emitir radiação, quando a máquina está desligada, a fonte permanece guardada numa blindagem adequada que bloqueia a saída dos raios gama.⁵

A Figura 6 ilustra um equipamento de telecobaltoterapia Modelo Alcyon II utilizado no Setor de Radioterapia da UNESP de Botucatu.

Figura 6 – Unidade de telecobaltoterapia



Fonte: Elaborada pelo autor

2.4 Princípios básicos de Proteção Radiológica

Os requisitos de proteção radiológica são essenciais em Serviços de Saúde que utilizam radiação ionizante para fins diagnósticos e terapêuticos.

As normas básicas de proteção radiológica foram aprovadas inicialmente pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) no ano de 1973, fixando os princípios básicos de proteção contra a radiação ionizante em práticas médicas, estabelecendo limites de dose¹⁴. As normas são revisadas periodicamente e teve sua ultima versão publicada em setembro do ano de 2011.

2.4.1 Justificação

Segundo a CNEN, qualquer prática envolvendo o uso de radiação deverá ser justificada e deverá produzir um benefício para a sociedade em relação a alternativas, e este benefício em si deve superar qualquer possível dano associado ao emprego da radiação ionizante.¹⁴

De acordo com a Norma da CNEN 3.06, os princípios de radioproteção em serviços de RXT devem ser previstos de forma que, a utilização de radiação ionizante no tratamento do câncer deve apresentar vantagens em relação à utilização de outros métodos como a cirurgia e quimioterapia. Devem-se levar em consideração os riscos existentes dessa prática e de tratamento alternativos. Deve-se realizar um balanceamento entre a necessidade de utilização dessa prática com a ocorrência de efeitos estocásticos e não estocásticos.¹⁵

2.4.2 Otimização

Esse princípio se aplica a todas as atividades que demandam exposições às radiações ionizantes. A proteção radiológica é otimizada de forma que a magnitude das doses individuais, o número de pessoas expostas e a probabilidade de ocorrência de exposições mantenham-se tão baixas quanto razoavelmente exequíveis (princípio ALARA - As Low As Reasonably Achievable). Levando-se em consideração que as

exposições devem empregar a menor dose possível de radiação, sem que isso implique na perda de qualidade de imagem.¹⁴

2.4.3 Limitação da dose individual

De acordo com os princípios de proteção radiológica em limitação de dose, é considerado que nenhum trabalhador deve ser exposto à radiação sem que: seja necessário; tenha conhecimento dos riscos radiológicos associados ao seu trabalho; esteja devidamente treinado para desempenhar seguramente suas funções. E a exposição normal dos indivíduos deve ser restringida de tal modo que a dose recebida não atinja os limites primários estabelecidos pela CNEN, conforme demonstrado na Tabela 4.¹⁴

Tabela 4 – Limites de doses anuais para indivíduos ocupacionalmente expostos (IOEs) e indivíduos do público (IP) atualizações em 2011.

LIMITE DE DOSES ANUAIS			
Grandeza	Órgão	IOEs	IP
Dose efetiva	Corpo inteiro	20 mSv	1 mSv
Dose equivalente	Cristalino	20 mSv	15 mSv
	Pele	500 mSv	50 mSv
	Mãos e pés	500 mSv	-

Fonte: Portaria 453 MS.¹⁴

2.4.4 Prevenção de Acidentes

No âmbito de instalação e operação dos equipamentos a probabilidade de ocorrência de acidentes deve ser minimizada. Maneiras de minimizar a ocorrência de erros humanos que podem levar a exposições acidentais devem ser criadas.¹⁴

2.5 Métodos de diminuição de exposição à radiação

O controle da exposição à radiação, necessário para garantir o atendimento aos requisitos estabelecidos em normas de radioproteção, fundamenta-se em três fatores principais: tempo, blindagem e distância.¹⁴

O princípio ALARA preconiza que os procedimentos que utilizam radiações ionizantes devem garantir que a pessoa exposta receba o menor nível possível de dose de radiação com a melhor qualidade da imagem radiográfica ou tratamento realizado.

A Lei do Inverso do Quadrado da Distância comprova que a dose de radiação absorvida diminui com o quadrado da distância entre a fonte de radiação e o volume alvo de tratamento.¹⁵

A blindagem é descrita como sendo o fator que visa o bloqueio da radiação incidente ou espalhada. Acessórios como colimadores, biombos, aventais e óculos de proteção são exemplos de dispositivos empregados para minimizar a exposição à radiação. A determinação da espessura e material adequado para confecção desses dispositivos depende do tipo de radiação: raios-x, raios gama, partículas alfa, raios beta, nêutrons, etc., e da intensidade da radiação (atividade do material radioativo ou potência do equipamento emissor de raios-x), bem como do valor de dose aceitável, após a atenuação pela blindagem.¹⁶

2.6 Procedimentos de trabalho na área de radiações ionizantes

Os procedimentos de trabalho devem ser realizados visando à produção de uma dose mínima de radiação para o paciente, proporcionando uma qualidade aceitável da imagem. Os profissionais que atuam com radiodiagnóstico devem seguir adequadamente os parâmetros de proteção radiológica discriminados e deve-se dar atenção particular aos casos de Radiologia Pediátrica e Radiologia Intervencionista¹⁴.

As técnicas utilizadas devem ser padronizadas e estabelecidas em tabelas de exposição: como a região anatômica do corpo a ser estudada e o número de exposições realizadas no exame (número de radiografias ou de cortes em tomografia) ou o tempo de exame utilizado em fluoroscopia; o tipo de receptor de imagem utilizado;

utilização de grade anti-difusora se necessário; colimação adequada do feixe primário, buscando minimizar o volume de tecido irradiado, melhorando a qualidade da imagem; utilização de valores adequados dos parâmetros de imagem (kVp, mA e tempo ou mAs); correta utilização de fatores de processamento da imagem (temperatura do fixador e revelador).¹⁴

2.7 Procedimentos de trabalho em fluoroscopia

Para a realização de exames de fluoroscopia deve-se atentar para que: os exames sejam realizados com o menor tamanho de campo, a menor taxa de dose, com pouca duração. O tubo não deve ser energizado sem que o executor do procedimento esteja atento ao monitor de visualização do exame. É importante que o tempo de exposição ao exame fluoroscópico esteja devidamente registrado nos documentos do paciente. A fluoroscopia não deve ser utilizada em substituição a radiografia. As vestimentas plumbíferas não devem ser dobradas, a fim de preservar a sua integridade¹⁴.

2.8 Processamento correto de filmes

Com a finalidade de assegurar o processamento correto dos filmes radiológicos, evitando a repetição desnecessária de exames radiológicos deve-se: verificar a concentração das soluções, as recomendações do fabricante em relação à temperatura e ao tempo, para garantir uma revelação adequada. Sempre manter a câmara escura limpa, assegurando que sua utilização seja exclusiva para a finalidade destinada. Realizar a manutenção periódica preventiva das processadoras automáticas. Verificar diariamente na rotina, a umidade da câmara escura e temperatura da câmara escura. Os valores de tempo e temperatura ideais para revelação devem ser informados em uma tabela fixada na parede da câmara. Antes da realização da revelação deve-se medir a temperatura do revelador. Não deve-se utilizar soluções de processamento ou filmes vencidos. As cubas de revelação e a câmara escura devem ser mantidas limpas.

Os filmes radiológicos devem ser armazenados em locais ausentes de calor, umidade, radiação e vapores químicos¹⁴.

2.7 Radiobiologia em radioterapia

A radiobiologia é o estudo dos efeitos das radiações ionizantes em tecidos biológicos.¹⁷ Quando as células são irradiadas, primeiramente a energia da radiação ionizante é absorvida e produz danos através da ionização e radicais livres, os quais levam às alterações moleculares que podem produzir efeitos irreversíveis. O principal objetivo da RXT é que a radiação seja absorvida pelas células tumorais levando à morte das mesmas, porém um dos grandes fatores limitantes é a proteção das células normais que circundam as células tumorais. A radiação tem ação direta nas moléculas de DNA, pois faz com que as células parem de se dividir, induzindo à morte celular¹⁸. Os principais fatores que controlam a resposta do tumor a RXT fracionada são chamados 4 Rs da radiobiologia:

Reparação: A maioria das doses iniciais fracionadas na RXT levam à morte celular, que no intervalo da próxima dose fracionada ocorre a reparação das células tumorais. Essa reparação depende de vários fatores incluindo o patrimônio genético de cada indivíduo e tipo celular do tumor maligno.

Redistribuição: Está relacionada à alteração das características das células sobreviventes após a irradiação. Ocorre alteração do ciclo celular (fase do ciclo celular que as células foram irradiadas), capacidade de reparação que levam à seleção das células resistentes que repõem as células mortas.

Repopulação: Todas as células irradiadas sofrem danos perante a dose fracionada, dependendo do tipo celular do tecido onde está localizado o tumor, os danos causados pela radiação fracionada podem ser letais. As células mortas, muitas vezes são repostas pelos diferentes tipos de células como a fibrose.

Reoxigenação: Todas as células oxigenadas são sensíveis à irradiação levando a morte celular. Logo em seguida há uma vascularização onde as células hipóxicas se tornam oxigenadas e sensíveis a radiação.

2.7.1 Ciclo Celular

O ciclo celular ocupa um espaço importante nos resultados da sobrevivência celular, pois a sensibilidade à radiação está diretamente relacionada à fase do ciclo mitótico¹⁹. O ciclo celular é dividido em fases que se diferenciam no grau de sensibilidade à irradiação: G0 (células em fase de repouso), M (mitose), G1 (intervalo entre o término da mitose e o começo da síntese de DNA, é a primeira fase de crescimento), S (síntese do DNA) e G2 (intervalo entre o final da síntese de DNA e o início da mitose, é a fase onde a célula se prepara para a divisão celular). A fase mais sensível é a mitose e a menos sensível é a fase de síntese, pois está relacionada ao reparo da célula. A fase de transição G2/M sofre um retardo, visto que está entre a fase de divisão celular e o reparo da lesão radioinduzida. Na fase G1/S também ocorre retardo, que ocasionará a replicação do DNA lesado na fase de síntese (S), o retardo em G1 após a lesão radioinduzida no DNA pode ter tanto o reparo como a morte celular por apoptose. A apoptose está relacionada a doses baixas de radiação e à necrose em doses altas⁴.

2.7.2 Fatores físicos que afetam a radiosensibilidade

Quando um tecido biológico é irradiado a resposta radiobiológica do mesmo é determinada principalmente pela quantidade de energia que é depositada por unidade de massa, descrita pela dose de radiação absorvida em Gray (Gy).¹⁷ No entanto mesmo em condições experimentais, quando espécies biológicas semelhantes são submetidas à dose de radiação iguais, a resposta radiobiológica pode ser diferente. Isto pode ocorrer face a outros fatores físicos que interferem no comportamento celular.¹⁸

Transferência linear de energia (TLE)

A transferência linear de energia mede a rapidez pela qual a energia é transferida da radiação para um tecido mole. É um método que determina o fator de ponderação da radiação (W_r) e expressa a qualidade da radiação, fatores que são

utilizados em radioproteção. A TLE é expressa na unidade de quiloelétron-volt de energia transferida por micrômetro de tecido (KeV/ μ m).¹⁹

A TLE dos raios X diagnósticos é de aproximadamente 3 KeV/ μ m. A habilidade da radiação ionizante em produzir um dano biológico aumenta com o aumento da TLE da radiação, pois quando a TLE é alta, as ionizações ocorrem com frequência e a probabilidade de interação com a molécula-alvo aumenta.¹⁹

Eficiência biológica relativa (EBR)

A efetividade biológica relativa é descrita pela dose de radiação padrão necessária para se produzir determinado efeito, dividida pela dose de radiação teste necessária para se produzir mesmo efeito.²⁰

Por convenção a radiação padrão são os raios X de ortovoltagem, na faixa de 200 a 250 kVp, os quais foram utilizados por muitos anos em oncologia e em quase toda pesquisa realizada sobre radiobiologia. Os raios X diagnósticos possuem EBR igual a 1. A tabela 3 mostra a relação entre a EBR e a TLE identificando alguns dos tipos mais comuns de radiação e descrevendo os valores de EBR e TLE aproximados de cada um.¹⁹

Tabela 3 – EBR e TLE para várias doses de radiação

TABELA – EBR E TLE de várias doses de radiação		
TIPO DE RADIAÇÃO	TLE (keV/μm)	EBR
Raios X de 25 MV	0,2	0,8
Raios gama de Co-60	0,3	0,9
Elétrons de 1 MeV	0,3	0,9
Raios X diagnósticos	3	1
Prótons de 10 MeV	4	5
Nêutrons rápidos	50	10
Partículas alfa de 5 MeV	100	20
Núcleos pesados	1.000,00	30

Fonte: Adaptado de BUSHONG, 2010.¹⁹

Prolongamento e fracionamento

O prolongamento e fracionamento da radiação podem afetar a radiossensibilidade de forma que se uma dose de radiação é depositada em um longo período, ao invés de ser depositada rapidamente, o efeito dessa dose é diminuído, ou se o tempo de radiação é aumentado uma dose maior é requerida para produzir o mesmo efeito.

O fracionamento da dose de radiação diminui o efeito biológico pelo fato de que ocorrem recuperações e reparos entre a administração de uma dose e outra, por este motivo é que o fracionamento é muito utilizado em oncologia, para que os tecidos saudáveis possam se recuperar nos intervalos de administração de doses de radiação.¹⁸

2.7.3 Fatores biológicos que afetam a radiossensibilidade

Além dos fatores físicos já descritos, os fatores biológicos também alteram a resposta dos tecidos a radiação.

Efeito oxigênio

O tecido é mais sensível à radiação quando ele é irradiado em seu estado de oxigenação, do que quando é irradiado em um ambiente anóxico, ou seja quando existe a ausência de oxigênio ou hipóxico, quando existe pouco oxigênio. Essa característica do efeito oxigênio é descrita numericamente pela razão de aumento do oxigênio (RAO)¹⁹ (Quadro 1):

Quadro 1 – Razão de aumento do oxigênio

RAO	Dose necessária em condições de anóxia para produzir dano efeito
	Dose necessária em condições aeróbicas para produzir dano efeito

Geralmente a irradiação de tecidos é realizada em condições de oxigenação completa.

Idade

A resposta dos seres humanos a radiação se modifica de acordo com a idade. Os seres humanos são mais radiossensíveis antes do nascimento, após o nascimento a radiosensibilidade decresce até fase adulta, na qual os seres humanos são mais radorresistentes aos efeitos provocados pela radiação. Na terceira idade os seres humanos se tornam novamente mais radiossensíveis.¹⁹

Recuperação

Diversos experimentos in vitro mostram que as células humanas podem se recuperar de danos provocados pela radiação, pois se a dose de radiação não for suficiente para matar a célula antes de sua próxima divisão, então após um tempo suficiente, a célula lesada pode se recuperar do dano subletal da radiação. Essa recuperação se deve ao mecanismo de reparo produzido pela bioquímica da célula.

Quando um tecido recebe uma dose de radiação suficiente, seu volume consequentemente diminui, fenômeno pelo qual chamamos de atrofia, que se deve a desintegração e morte celular. Quando uma certa quantidade de células sofre um dano subletal, elas sobrevivem e podem se proliferar e repovoar o tecido irradiado.¹⁷

Agentes químicos

Alguns agentes químicos podem modificar a resposta de tecidos, células e órgãos a radiação. Para que os agentes químicos sejam efetivos eles devem estar presentes no momento da irradiação.

Agentes radiosensibilizantes: são aqueles que aumentam os efeitos da radiação, exemplificados como: pirimidinas halogenadas, metotrexato, hidroxureia, vitamina K e actinomicina D.

Agentes radioprotetores: são aqueles que incluem moléculas do grupo de sulfidrilo (hidrogênio e enxofre ligados entre si), tais como cisteamina e cisteína.¹⁹

2.7.4 Efeitos biológicos provocados pela radiação ionizante

Os efeitos radiobiológicos podem ser classificados em função do tempo de sua ocorrência após a irradiação (efeitos estocásticos ou determinísticos), ou em função do indivíduo que o sofre (efeitos somáticos ou hereditários).²¹

Efeitos Estocásticos

São aqueles em que a probabilidade de ocorrência é em função da dose de radiação absorvido no tecido, não existindo um limiar para sua existência, como é o caso do câncer radioinduzido. Dessa forma, para qualquer indivíduo submetido à radiação ionizante existe uma chance de que certos efeitos oriundos da radiação ionizante se manifestem após um período de tempo longo – efeitos radiobiológicos tardios - (anos ou décadas de anos) a partir do momento que ocorreu a irradiação.²²

Efeitos Determinísticos

São classificados como aqueles efeitos que surgem em um curto espaço de tempo, dias, semanas ou meses após a irradiação, chamados também de efeitos radiobiológicos agudos. Possui limiar de dose, e sua gravidade varia em função do aumento dessa dose. Estes efeitos incluem ulceração e inflamação da pele, náusea, vômito, diarreia, queda de cabelos, anorexia, anemia, infecções, hemorragia, entre outros. Estes efeitos atribuem-se à morte celular ou a perda de capacidade de reposição de células de vida biológica curta, como aquelas que se mantêm em constante estado de reprodução como as células das camadas mais internas dos

tecidos de recobrimento, como sistema gastrointestinal, pele, e glândulas, células da medula óssea, e aquelas da linhagem germinativa.²²

Efeitos somáticos

O efeito aparece na própria pessoa irradiada. Dependem da taxa de absorção da energia da irradiação, da área do corpo e da região irradiada, bem como da dose absorvida.¹⁹

Efeitos hereditários ou genéticos

Estes efeitos podem ser exemplificados como efeitos que acometem os descendentes da pessoa irradiada, explicado pelo resultado de danos produzidos nas células das gônadas e órgãos reprodutores. Não depende da taxa de dose absorvida e possui caráter cumulativo.¹⁹

2.8 Quantificação das radiações ionizantes

As grandezas e unidades dosimétricas foram criadas para padronizar e organizar as grandezas utilizadas para a caracterização dos feixes de radiação, e da radioatividade em relação à interação dos mesmos com a matéria e seus efeitos²⁴. As grandezas físicas foram apresentadas pelos sistemas de unidades radiométricas que são baseados nas Normas da International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU), grandezas operacionais básicas, e a Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP), a qual define as grandezas limitantes de proteção radiológica²⁴. Para o uso em proteção radiológica são utilizadas dois tipos de grandezas: as grandezas operacionais que regem as atividades de radioproteção e as grandezas limitantes ou grandezas de proteção que são usadas para indicar o risco à saúde humana devido à utilização de radiação ionizante.²⁵

2.8.1 Grandezas físicas

Exposição

Foi introduzida em 1928 e apresentada no Segundo Congresso Internacional de Radiologia. É definida para fótons (raios x e gama) interagindo no ar. A grandeza exposição quantifica a capacidade de fótons ionizarem o ar. Caracteriza um feixe de raios gama ou raios-x medindo a quantidade de carga elétrica de mesmo sinal produzida no ar por unidade de massa.²⁴ Antigamente a unidade de exposição utilizada era o Roentgen (com o símbolo R) e a atual unidade utilizada no Sistema Internacional (SI) é o C/kg de ar, porém uma boa parte dos medidores portáteis de radiação do tipo Geiger-Muller avaliam as exposições em Roentgen.²⁵

2.8.2 Grandezas operacionais

São grandezas relacionadas com os procedimentos de radioproteção para monitoração individual e monitoração de área, ilustram a taxa de dose equivalente medida em Sievert (Sv) ou seu submúltiplo: milisievert (mSv).²⁵

2.8.3 Grandezas limitantes de proteção

Quando os efeitos das radiações ionizantes acometem o organismo humano podendo ser deletérios, e indicar risco à saúde humana.²⁵

Dose equivalente no tecido ou no órgão

É determinada para qualquer tipo de radiação que interage com o tecido ou órgão. Pode ser obtida a partir da dose absorvida (D_t) no tecido ou órgão T, exposto a radiação R, multiplicado pelo w_r que é o fator de ponderação da radiação²².

$$H_T = w_r D_t, R$$

Essa grandeza é utilizada para limitar a dose de radiação em diferentes tecidos como a pele, o cristalino, extremidades (mãos e pés) e também para o cálculo de dose efetiva. A unidade inicial utilizada para medir a dose equivalente foi o Rem (roentgen equivalent man), a partir do ano de 1979 essa grandeza passou a ser representada pelo Sistema Internacional como Sv (sievert)²², sendo que:

$$1 \text{ Sv} = 100 \text{ Rem} = 1 \text{ J/kg}$$

Dose efetiva

É utilizada para estabelecer limites de exposição do corpo todo à radiação, podendo limitar a ocorrência de efeitos estocásticos da radiação. É calculada pela somatória de doses equivalentes, nos órgãos ou tecidos (H_T), multiplicada pelo fator de ponderação do tecido ou órgão (W_T), e sua unidade é o Sv (Sievert).²²

$$E = \sum W_T H_T$$

Os fatores de ponderação dos órgãos ou tecidos são relacionados com a sensibilidade que um dado órgão ou tecido tem sobre o efeito da radiação, em relação à indução do câncer e efeitos hereditários.²⁴

2.8.4 Grandezas dosimétricas

As grandezas dosimétricas estão relacionadas com a quantidade de radiação que um material absorveu ou foi submetido, avalia os efeitos da interação da radiação com um material.²³

Dose absorvida

É a grandeza dosimétrica pela qual a energia média é depositada pela radiação em um volume de massa. É considerada a grandeza mais importante em radiobiologia, proteção radiológica e radiologia²³. Foi introduzida em 1950 onde era necessário saber a quantidade de energia a ser administrada em um tumor para matar as células malignas. Inicialmente sua unidade foi o Rad (radiation absorbed dose), e atualmente

no sistema internacional a unidade utilizada é o joule por quilograma (J/kg), denominada Gray (Gy)^{23,22}, sendo que:

$$1\text{Gy} = 100 \text{ Rad} = 1 \text{ J/kg}$$

Essa grandeza é admitida para qualquer tipo de radiação, qualquer meio e qualquer geometria de irradiação. Em RXT utiliza-se frequentemente a unidade cGy (centrigray), sendo que 1 cGy = 1 rad, essa unidade de medida é muito utilizada para quantificar a dose de radiação administrada no tumor para que provoque a morte das células neoplásicas.^{23,22}

Kerma

Tem como significado Kinetic Energy Released in the Medium. Descreve o primeiro passo na absorção da radiação pela matéria: sendo a transferência de energia dos fótons aos elétrons do meio.²⁴

$$\text{Kerma (K)} = dE_{tr}/dm$$

Onde dE_{tr} é a soma de todas as energias cinéticas iniciais dos elétrons liberados pelos fótons num volume de massa dm .

$$\text{Unidade: J/kg}$$

O nome especial utilizado para a unidade de Kerma é o Gray (Gy), sendo $1\text{Gy}=1\text{J/kg}$.²²

2.9 Dose de radiação absorvida em procedimentos médicos

Buscou-se na literatura, estudos com objetivos de quantificar a dose de radiação absorvida em procedimentos médicos.

No estudo realizado por Sawyer²⁹, foi avaliada a estimativa de dose efetiva nos órgãos, recebida pelo equipamento de tomografia computadorizada cone beam (CBTC) para planejamento radioterápico. Neste estudo, as doses dos órgãos fornecidas pelo simulador Varian Acurity foram medidas utilizando dosímetros termoluminescentes (TLDs) distribuídos em todos os órgãos importantes de um fantoma antropomórfico. As doses dos órgãos foram investigadas para três simulações comuns, especificamente

cabeça, pelve e mama. Os TLDs foram também distribuídos sobre a superfície do fantoma para avaliar doses de pele. Após o posicionamento dos TLDs, o fantoma foi colocado sobre a mesa do simulador e posicionado corretamente utilizando o sistema de lasers, replicando um protocolo clínico. Uma exposição fluoroscópica de 5s de duração foi realizada antes de cada aquisição do CBTC, tal como é feito na prática clínica para ajudar no posicionamento do paciente.

Os resultados dos TLD's mostraram doses efetivas de 15,3 mSv, 14,3 mSv e 2,8 mSv calculados para scans de mama, pelve e cabeça, respectivamente. Estas doses efetivas para cada órgão estão ilustradas na Tabela 4. Notou-se uma diferença de doses avaliadas para o scan de pelve entre o sexo masculino e o sexo feminino, este fato pode estar relacionado com as divergências nas localizações dos TLD's nas posições anatômicas referenciadas no fantoma.

Tabela 4 – Dose efetiva em órgãos recebida por equipamento de TC para planejamento em RXT

Dose efetiva em órgãos (mSv)			
Órgão	Simulação de Mama	Simulação de Pelve	Simulação de Cabeça
Gônadas: masculina	0.99	31.30	0.10
Gônadas: feminina	1.30	40.55	0.10
Pulmão	29.64	0.91	1.11
Medula óssea	14.03	8.88	6.91
Estômago	25.04	2.08	0.20
Colón	10.48	19.92	0.10
Tireoide	9.29	0.18	7.80
Esôfago	28.13	0.80	1.50
Fígado	29.86	2.92	0.10
Mama	35.79	0.61	1.28
Bexiga	0.74	36.40	0.10
Pele	10.07	11.60	6.90
Ossos de superfície	14.03	9.42	6.91
Dose Efetiva (masculina)	15.3 ± 0.3	13.4 ± 0.5	2.83± 0.03
Dose Efetiva (feminina)	15.3 ± 0.3	15.3 ± 0.5	2.83± 0.03

Fonte: Adaptado de Sawyer, 2012.²⁹

O estudo de Gonçalves²⁷ investigou a dose de radiação recebida por pacientes que realizaram tratamento de neoplasias de próstata, devido à produção de imagens de raios-x em RXT guiada por imagem (IGRT). O estudo envolveu um equipamento AL acoplado a um sistema de IGRT, onde é possível checar com imagens radiológicas o campo a ser irradiado antes do procedimento, avaliando a posição do paciente na mesa de tratamento. As imagens obtidas são comparadas com a reconstrução tomográfica obtida no planejamento radioterápico, utilizando a estrutura óssea como referência. Se o paciente estiver na posição correta, o tratamento é então liberado, ou então são aplicadas as correções necessárias. Foi realizada a estimativa da dose em volumes de bexiga, cabeça de fêmur direita e esquerda, e reto de pacientes submetidos à RXT de próstata.

Para a determinação da dose de radiação absorvida foi utilizado o método de Monte Carlo, o qual se baseia em um método estatístico que utiliza números aleatórios para realizar simulações do comportamento de sistemas físicos. Primeiramente foi realizada a caracterização da fonte de raios X com a utilização de dosímetros TLDs e câmaras de ionização juntamente com simulações realizadas no código MCNP. Utilizou-se um objeto simulador representando um tanque de água de 40x40x40 cm e uma câmara de ionização foi distribuída ao longo do eixo central da superfície do objeto simulador. Para a realização das medições, o tanque simulador foi posicionado embaixo do feixe de raios-x utilizando a distância de 100 cm da fonte-isocentro da máquina. Os resultados do presente estudo estão ilustrados na Tabela 5.

Tabela 5 – Dose de radiação em órgãos devido à utilização da técnica de IGRT

Projeção das doses absorvidas (mGy)					
Paciente	Seções	Bexiga	Reto	Cab. Fêmur D	Cab. Fêmur E
1	37	42,36	18,16	69,19	125,94
2	38	39,97	15,27	59,32	101,23
3	37	43,07	23,31	80,07	162,28
4	36	57,82	26,6	90,32	148,36
5	39	49,3	13,3	44,27	86,58

Fonte: Gonçalves, 2012.²⁷

Como resultado do procedimento, percebeu-se que a dose adicional de radiação recebida pelos pacientes, foi significativa, sendo um fator importante determinado pelo estudo em questão.

Martins e Paula,²⁸ avaliaram a dose de exposição à radiação em pacientes submetidos a exames de fluoroscopia.

O estudo foi realizado no Hospital Astrogildo de Azevedo localizado na cidade de Santa Maria/RS, o qual dispõe de um equipamento de fluoroscopia tipo arco “C”, da marca GE, modelo 8800, com um alvo de tungstênio com 50 – 150kVp, filtro de alumínio 2,5mm – 80kVp. Foram realizados 180 procedimentos intervencionistas com o equipamento de fluoroscopia, sendo os procedimentos mais realizados: colangiopancreatografia retrógrada endoscópica (CPRE), hérnia de disco, denervação, marcapasso e retirada de cálculo. A determinação da dose de radiação na entrada da pele nos exames fluoroscópicos, foi realizada com base em uma medida de kerma no ar (*kar*), realizada no teste de controle de qualidade. Foi avaliada a distância do ponto focal até a pele do paciente, o mA e o kV utilizados para a realização das intervenções.

Os resultados apresentados foram consideráveis de acordo com as Diretrizes de Proteção Radiológica e Radiodiagnóstico Médico e Odontológico – Anvisa.

Verificou-se que a dose nos procedimentos intervencionistas para hérnias de disco lombar, punho, mandíbula e ombro não ultrapassaram 3 mGy; para procedimentos de hérnias de disco cervical, joelho, artroplastia, vertebroplastia e bacia, não ultrapassaram 7 mGy; para procedimentos de cotovelo, tornozelo e artrodese de pé: 18 mGy; de 35mGy à 45mGy nos procedimentos de cálculo, duplo J, nefrostomia, fêmur, e tíbia; artrodese dorsal, laminectomia e denervação, cerca de 63 mGy à 75 mGy.

Procedimentos como colangiopancreatografia retrógrada endoscópica, ureterolitomia, marcapasso, artrodese lombar, pieloplastia, úmero e angioplastia ultrapassaram 100 mGy chegando a superar os 300 mGy de kerma na entrada da pele, sendo que nestes casos necessita-se de maior observância e análise dos órgãos envolvidos; os procedimentos de revascularização chegaram à dose de 476 mGy.

Rodrigues et al.²⁹, estudou a dose de radiação absorvida em exames de tomografia computadorizada abdominal em um equipamento da marca Siemens

Somatom Emotion 6, com um sistema espiral multicorte de 6 cortes no Serviço de Imaginologia do Hospital de Faro, região Sul de Portugal.

Primeiramente foram realizadas medições dos valores de dose com uma câmara de ionização em fantasmas, com a finalidade de verificar se os valores obtidos estavam de acordo com os valores apresentados pelo tomógrafo e se estavam dentro dos limites aceitáveis como níveis de referência recomendados pelo European Guidelines.

Foram acompanhados 100 pacientes, os quais realizaram exames de tomografia computadorizada abdominal. Os valores de dose recebidos pelos pacientes foram medidos e estudou-se a relação existente com as características antropométricas do paciente. Foi realizada a simulação da dose recebida nos órgãos utilizando o software de simulação Monte Carlo. Foram utilizados dois protocolos diferentes, dividindo-se a amostra em duas partes, sendo que em cada um dos protocolos utilizados, existiu variação das técnicas de kV, mA, *pitch*, colimação e tempo de rotação.

Verificou-se que um paciente que tenha realizado exame de TC abdominal e de TC pélvico, ambos com duas séries (sem contraste e com contraste), receberam uma dose efetiva total de 13,29 mSv, podendo representar risco de indução de câncer. Estudos mostram que uma dose de 10 mSv aponta uma probabilidade de 1/1000 de indução de câncer.

Em relação aos dois protocolos utilizados verificou-se que naquele que utilizou a técnica de 120 mAs, a dose efetiva média foi de 4,28 mSv no exame de abdômen e 4,12 mSv no exame pélvico. No protocolo com técnica de 100 mAs a dose efetiva média foi de 3,12 mSv no exame abdominal e 3,55 mSv no exame de pelve. Com base nesses resultados verificou-se que em ambos os protocolos utilizados os valores de dose efetiva são inferiores aos níveis de referência de diagnóstico: 13,25 mSv para o abdome e 9,69 mSv para a pelve.

Verificando a da dose recebida nos órgãos adjacentes, conclui-se que os órgãos que recebem mais dose são: o intestino delgado, o intestino grosso, o útero, os rins, as glândulas suprarrenais, o pâncreas, o baço, a bexiga, os ovários, o cólon, o estômago e o fígado, tendo em vista que estes órgãos estão posicionados na região de interesse do exame e também são os órgãos mais radiossensíveis.

No estudo realizado por Gottlieb, et al.³⁰ foi avaliado os fatores associados à dose de radiação em pacientes submetidos à angiotomografia de artérias coronárias utilizando equipamentos de tomografia computadorizada de 64 canais em um Hospital privado no Rio de Janeiro. Foi realizado um estudo retrospectivo e observacional, onde foram analisados 204 prontuários médicos de pacientes submetidos à angiotomografia de artérias coronárias no período compreendido entre julho de 2009 a dezembro de 2009. Os equipamentos utilizados foram dois tomógrafos, um da marca Philips Healthcare de 64 canais e o outro da Marca Siemens Somaton Sensation de 64 canais, ambos com tecnologia de modulação de dose pelo ECG, com faixa de kVp de 120 no equipamento da Philips e de 100 kVp no equipamento da Siemens. As características clínicas e os parâmetros técnicos avaliados foram: idade, sexo, IMC, revascularização miocárdica prévia; fatores de risco: hipertensão, diabetes, dislipidemia, história familiar de doença arterial, tabagismo; indicações da angiotomografia: dor, teste funcional, dispnéia, pré operatório, parâmetros técnicos: kV, mAs, modulação de dose ECG, DLP, dose. O estudo revelou uma dose média de exposição de 7,6 mSv no grupo estudado, sendo considerada uma dose baixa de radiação em comparação com exames de cintilografia miocárdica que apresenta o dobro de dose de radiação absorvida no procedimento. Verificou-se que fatores como idade avançada, IMC elevado e presença de stents coronarianos estão relacionados à maior exposição. A utilização de modulação de dose pelo ECG e a tensão do tubo de 100 kVp estiveram associadas diminuição de 50% na dose, sendo que estes parâmetros devem ser utilizados sempre que possível.

O estudo de Santos & Maia³¹ mostrou os riscos ocupacionais e do público durante exames radiológicos realizados em Unidades de Terapia Intensiva (UTI). Os equipamentos de raios-x móveis são utilizados com muita frequência nas UTIs, porém nessas unidades existe a superlotação de pacientes, não sendo possível remove-los para a realização de exames radiológicos. O estudo analisou 50 exames realizados na UTI do Hospital Público de Sergipe, foram coletadas as seguintes informações de cada exame: tipo, região, projeção, distância das pessoas no recinto ao paciente, distância foco pele, e parâmetros radiográficos. Foram utilizadas duas técnicas radiográficas frequentes, sendo apenas a diferença entre elas, a tensão (kVp).

Os parâmetros mais utilizados foram: 60kVp a 70kVp, 3 mAs, corrente no tubo de 300 mA, tamanho de campo de 35X43 cm e distância foco superfície de 80 cm. As medidas da taxa de kerma no ar foram obtidas utilizando uma câmara de ionização, a qual foi posicionada a uma altura de 1,10 m em relação ao piso da sala, e afastada do centro do campo nas distâncias de 0,5 m, 1,0 m, 1,5 m, e 2,0 m. Para as medições foi utilizado um objeto simulador de acrílico nas dimensões de 20cmx20cmx10cm preenchido com água.

Os resultados obtidos estão expressos na tabela 6.

Verificou-se que quase todas as doses avaliadas foram inferiores aos limites recomendados pela Comissão Internacional de Proteção Radiologia e pelo Ministério da Saúde, a qual é de 1 mSv/ano para indivíduos do público e 20mSv/ano para indivíduos ocupacionalmente expostos.

Tabela 6 – Dose de radiação em exames radiológicos em UTIs

Dose de radiação em exames radiológicos nas UTIs		
Distância do objeto simulador (m)	Dose Efetiva (mSv)	
	60 kVp	70 kVp
0,5	1,01 ± 0,04	1,80 ± 0,10
1	0,18 ± 0,02	0,33 ± 0,02
1,5	0,08 ± 0,00	0,15 ± 0,01
2	0,04 ± 0,00	0,07 ± 0,00

Fonte: Adaptado de Santos e Maia, 2009.³¹

Com os resultados do presente estudo verificou-se que a distância segura para a realização de exames radiológicos na UTI é de 1,0 m para indivíduos do público, ou seja é preciso que os pacientes internados na UTI estejam á 1m de distância do paciente que será radiografado, e para os indivíduos ocupacionalmente expostos é aconselhável manter a mesma distância para indivíduos do público.

3 METODOLOGIA

A pesquisa envolveu o acompanhamento dos procedimentos de planejamento radioterápicos e de simulação de campos de RXT realizados em pacientes assistidos no Serviço de Radioterapia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da UNESP de Botucatu.

Foram analisadas as características radiológicas do equipamento emissor de radiação ionizante (simulador) disponível no Serviço e os parâmetros radiométricos dos campos de radiação para cada caso clínico avaliado, em função da região anatômica tratada.

3.1 Características do equipamento de radiologia utilizado no estudo

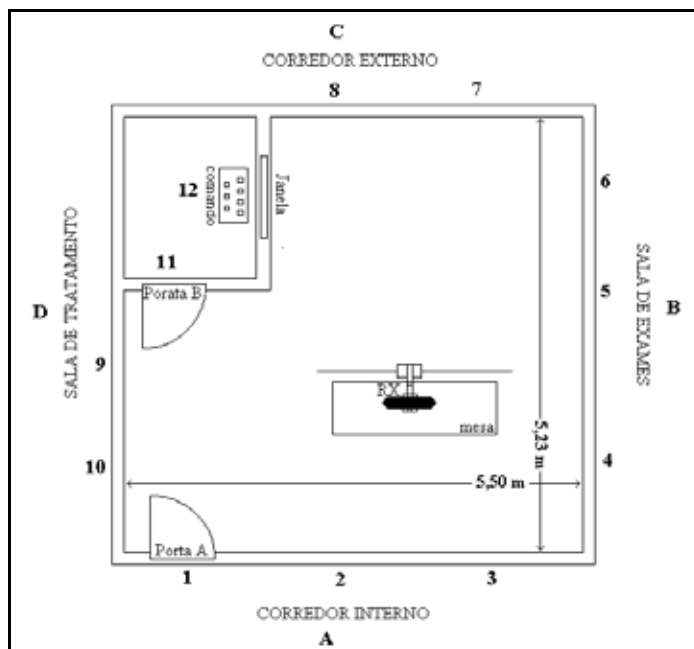
O equipamento utilizado para o estudo foi o Simulador de radiologia convencional SIMSCAN II da marca GE (Figura 7), o qual foi instalado no Setor de Radioterapia da UNESP de Botucatu no mês de junho do ano de 1996. Atualmente é o único equipamento dedicado para o planejamento e simulação radioterápicos.

Figura 7 – Simulador convencional – UNESP Botucatu



A Figura 8 ilustra o croqui da sala de planejamento e simulação em RXT.

Figura 8 – Croqui da sala de simulação e planejamento – UNESP Botucatu



3.2 Etapas de realização do estudo

Primeiramente, foram realizados os procedimentos de controle de qualidade do equipamento de simulação, e verificou-se que todos os parâmetros radiométricos, tais como: energia do feixe (kVp), linearidade, reprodutibilidade da taxa de dose (mGy/min) e tempo de exposição (segundos) encontravam-se dentro das especificações recomendadas pela ANVISA (Portaria MS nº 453 de 01/06/1998).

3.2.1 Coleta de dados

Os dados foram coletados no período de março de 2013 a janeiro de 2014, acompanhando a realização de diversos planejamentos radioterápicos.

3.2.2 Forma de coleta dos dados

Os dados foram coletados e anotados em uma ficha de pesquisa (Anexo C) com os itens: região de estudo, distância ântero posterior (DAP) ou distância látero-lateral (DLL) da região (espessura do paciente), peso, número de aplicações, dose diária, dose total, equipamento utilizado para o tratamento, kVp (escopia), mA (escopia), tempo de escopia, número de exposições, tamanho de campo, kVp (radiografia), mA (radiografia), número de exposições radiográficas, distância do tubo emissor ao paciente, e distância do tubo emissor à escopia.

Os dados da escopia durante o procedimento de planejamento são obtidos no modo operacional automático, o qual varia de acordo com a espessura do paciente avaliado, o que acarreta oscilações nos valores de kVp e mA durante a realização da exposição. Os valores apresentados nas tabelas de pesquisa ilustram as anotações efetuadas quando estes parâmetros já se mostravam estáveis.

3.3.3 Quantificação da dose de radiação absorvida nos procedimentos de planejamentos radioterápicos

Os respectivos parâmetros geométricos do campo de radiação e radiométricos do feixe de exposição, bem como as técnicas radiológicas, foram reproduzidos, posteriormente sem o paciente, com a finalidade de se quantificar a dose de radiação absorvida em cada um dos casos clínicos estudados.

Foram utilizados detectores posicionados no eixo central do feixe de radiação e do campo de exposição:

- a) Dosímetro do tipo estado sólido de leitura direta e integrada da dose de radiação absorvida, marca: Unfors, modelo: Thin X Rad (Figura 9).

Figura 9 - Dosímetro Unfors Thin X Rad



b) Detector do tipo: câmara de ionização com 6,0 centímetros cúbicos de volume sensível, marca Radcal modelo 60 E, acoplada em eletrômetro Radcal modelo 2026 (Figura 10).

Figura 10 - Câmara de ionização 6 cc acoplada a eletrômetro Radcal



c) Dosímetro do tipo estado sólido de leitura direta e integrada da dose de radiação absorvida, marca: Unfors, modelo: Mult-O-Meter (Figura 11).

Figura 11 - Dosímetro Unforms Mult-O-Meter



O detector Multi O Meter, mostrou-se mais efetivo para as leituras nas exposições de escopias, pois as energias (kVp) e os tempos de exposição (ms) utilizados estão mais apropriados para a faixa de operação deste detector. Para os exames de radiografia, o detector Thin-X Rad mostrou-se mais adequado. Estes dosímetros foram utilizados porque estão calibrados para a região de energia do radiodiagnóstico (30 kV a 150 kV) faixa de trabalho do equipamento simulador da RXT. Também para fins de intercomparação e análise da linearidade da resposta dos dosímetros, foi utilizada, em algumas exposições a câmara de ionização acoplada a um eletrômetro da marca Radcal modelo 2026, também calibrado para a faixa de energia de radiodiagnóstico e com medidas em unidade de Roentgen.

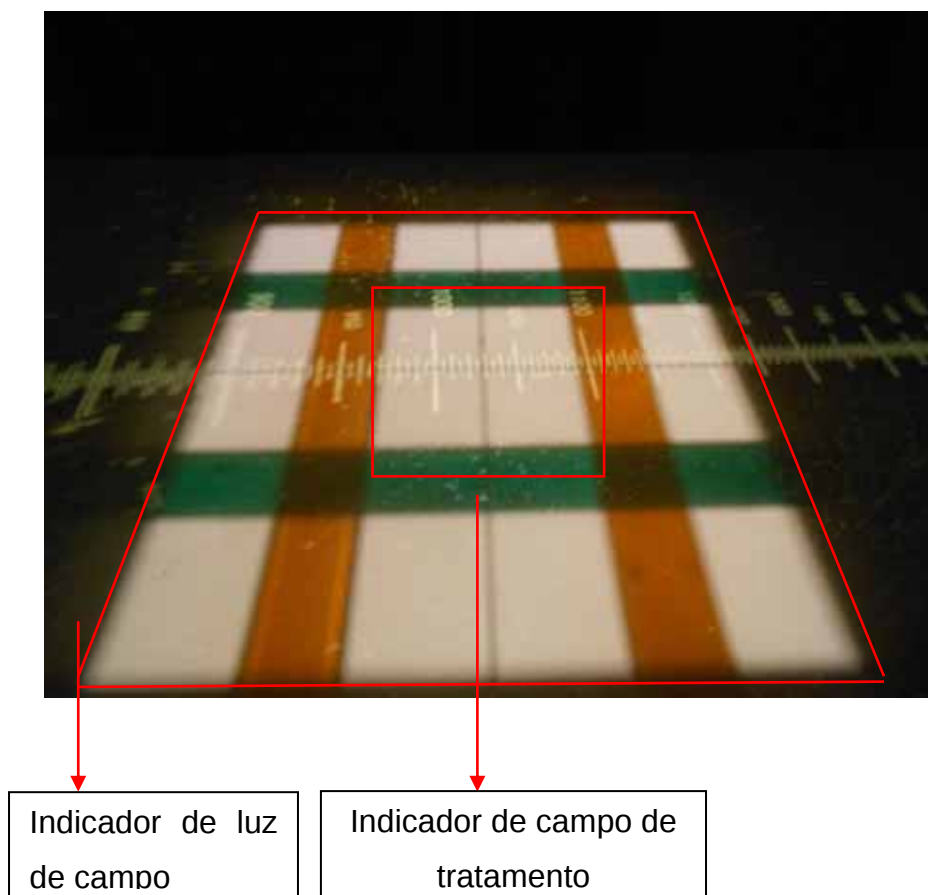
Os detectores utilizados na pesquisa foram cedidos pela empresa Nucleata Radiometria, responsável pelo controle de qualidade dos equipamentos de radiologia instalados no Hospital das Clínicas da UNESP de Botucatu.

Os parâmetros técnicos e geométricos dos campos de radiação simulados nos pacientes foram ajustados para reproduzir situação mais semelhante possível para garantir a reprodutibilidade das medidas da dose de radiação absorvida quantificada nos detectores utilizados.

Após avaliações do comportamento da dose de radiação em função do campo de exposição para o equipamento de simulação, notou-se que para campos maiores que 8,0cm x 8,0cm não houve variações significativas (diferenças menores que 0,5%), desta forma, nos procedimentos reproduzidos foram utilizados o tamanho de campo de 10,0cm X 10,0cm.

A Figura 12 ilustra o indicador de luz de campo (mostrando as áreas adjacentes ao campo de radiação), e o indicador do campo de tratamento.

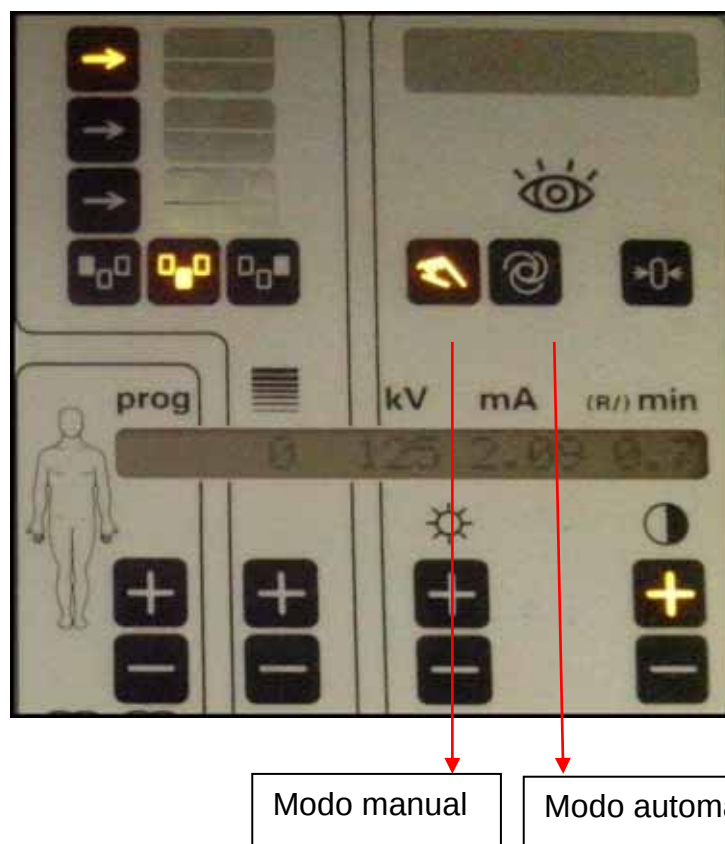
Figura 12 – Indicados de luz de campo e indicador de campo de tratamento



A angulação do gantry e do colimador também não interferiram na dose de radiação absorvida, dessa maneira estes parâmetros foram ajustados nas angulações de 0° em todas as medições.

Os dados dos exames de escopia durante o procedimento de planejamento radioterápico são obtidos na foram automática, porém nas medições realizadas não foi possível utilizar o modo automático, sendo utilizado o modo manual, pelo fato de não possuir um objeto/paciente com as mesmas espessuras e características obtidas no planejamento. A Figura 13 ilustra o painel de comando indicativo do modo de operação do equipamento (manual ou automático) de simulação na condição de escopia.

Figura 13 – Monitor da escopia

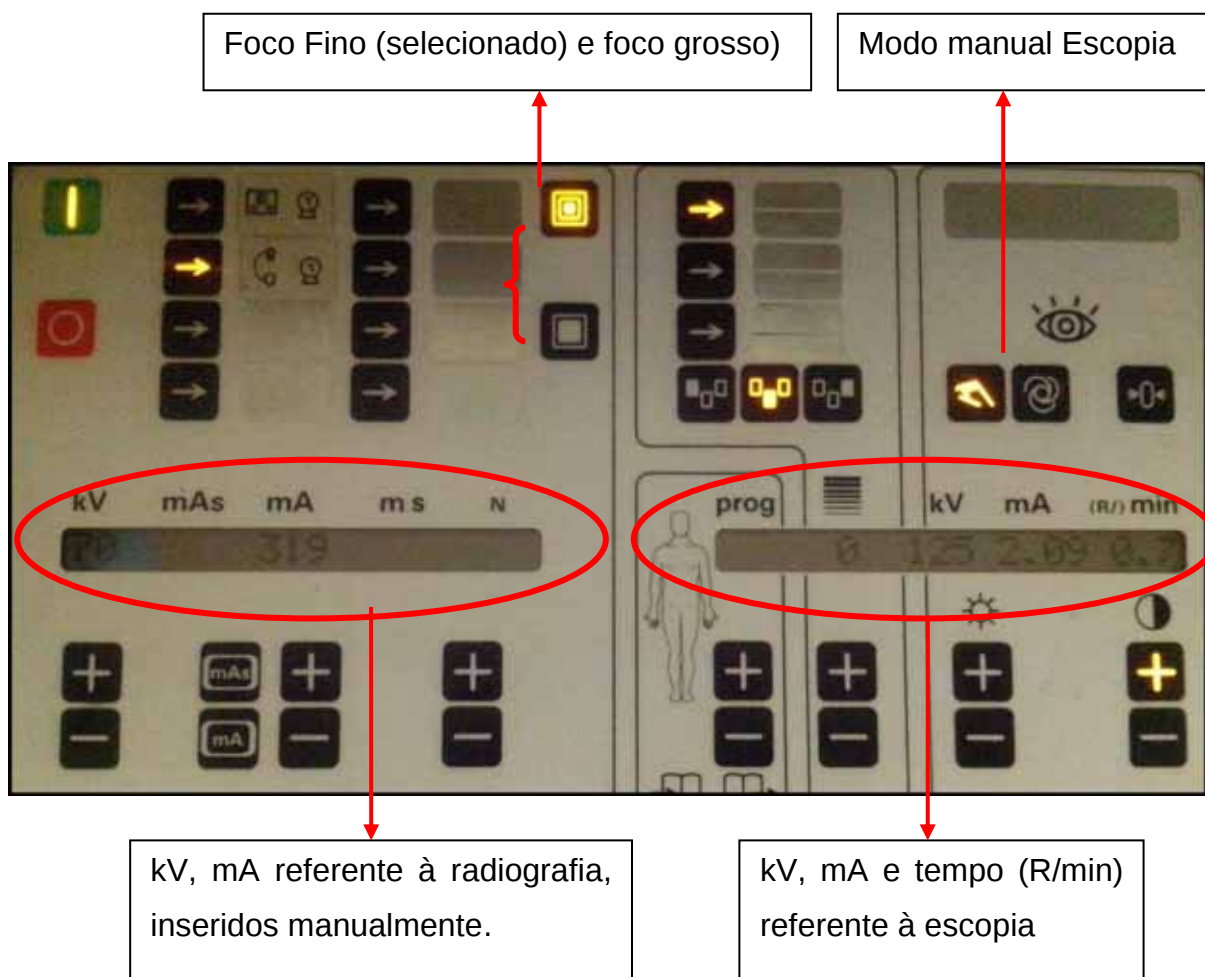


Com a seleção do modo manual, não foi possível reproduzir exatamente as mesmas combinações de kV e mA nominais (dados originais obtidos durante os procedimentos de planejamento do tratamento com o paciente), assim, foram inseridos dados referentes às técnicas radiográficas mais semelhantes aos valores nominais, os quais foram denominados de dados selecionados.

Os dados nominais foram utilizados para a realização individual de cada simulação com a utilização dos dispositivos dosimétricos, com a finalidade de obter a dose de radiação absorvida em cada planejamento na unidade de mGy ou cGy,

A Figura 14 mostra o painel de comando com os respectivos campos de técnicas de escopia e radiografia, foco fino e foco grosso, e modo de escopia manual.

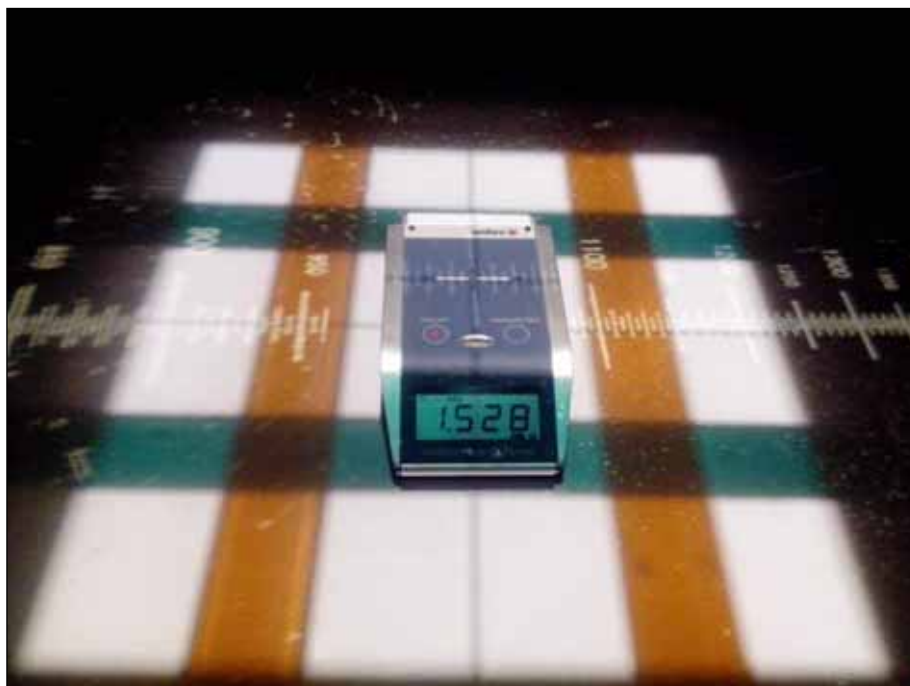
Figura 14 – Painel de comando



O centro sensível do dosímetro foi posicionado no centro do campo de radiação a uma distância de 100,0 cm do ponto focal (fonte de radiação), distância correspondente ao isocentro do AL utilizado para os procedimentos de radioterapia.

A figura 15 mostra o posicionamento do detector Multi-O-meter no centro do campo de radiação, configuração realizada durante o experimento.

Figura 15 - Localização do dosímetro



As Figuras 16, 17 e 18 mostram respectivamente as leituras de dose (mGy), taxa de dose (mGy/seg ou $\mu\text{Gy}/\text{seg}$) e tempo de exposição (segundos para escopia e milisegundos para radiografia), obtidas durante as medidas realizadas neste trabalho.

Figura 16 - Dose



Figura 17 – Taxa de Dose



Figura 18 – Tempo



3.3.4 Limitações do estudo

No momento do planejamento do tratamento radioterápico, utiliza-se o modo automático de exposição, denominado de CAE (controle automático de exposição), o

qual seleciona e compensa as técnicas utilizadas (kV, mA) de acordo com as características e espessura do meio absorvedor.

No momento do planejamento radioterápico foi possível utilizar o modo automático de exposição. No entanto, no momento de realizar os experimentos, com o dispositivo dosimétrico, não foi possível trabalhar com a exposição automática, em virtude de não possuir um objeto/paciente com as mesmas características obtidas no planejamento, assim foi necessário trabalhar com a técnica de exposição manual, inserindo valores próximos aos reais e posteriormente foram aplicadas fórmulas para a estimativa da dose de radiação absorvida nos procedimentos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Interpretação das tabelas

Os dados simulados foram anotados e inseridos em uma planilha do programa Microsoft Excel, para a realização de tabelas para ajuste dos valores reais e gráficos ilustrando os resultados obtidos.

Com as medições realizadas obteve-se a dose de radiação absorvida em mGy, a qual foi transformada na unidade de cGy. Os dados de mA selecionados (dados inseridos no momento do experimento) apresentaram consideradas variações em relação aos dados nominais. Tendo em vista este fato, foi aplicada uma relação para estimar o valor da correta dose absorvida nominal.

A dose estimada se refere à dose que seria absorvida se fosse utilizado nas medidas com o dosímetro, os mesmos valores de kV e mA que foram coletados durante os procedimentos de planejamento radioterápico. Tendo em vista que não foi possível utilizar os mesmos valores de dados nominais no experimento, os valores medidos de dose não correspondem aos valores de doses reais obtidas durante o planejamento radioterápico.

A expressão matemática abaixo [E1] expressa o valor de dose estimada em função do valor nominal de mA (mA1 = usado durante a simulação do paciente), e o valor selecionado durante a realização das medidas com o dosímetro (mA2).

[E1] **Dose estimada:** Dose medida * mA nominal / mA selecionado

A dose (D) de radiação varia diretamente com a corrente anódica (mA) aplicada ao filamento e com o tempo de exposição (t) e com o quadrado da energia do feixe (kV^2), conforme expressa a expressão 2 [E2]:

$$[E2] \quad D = kV^2 \times mA \times t$$

Neste trabalho, para cada caso de escopia analisado, mantiveram-se iguais os valores de energia do feixe (kV), ou seja, foram iguais os valores de kV nominais e kV selecionados, controlando-se o tempo de exposição durante a medida de forma que se reproduzisse o mesmo tempo durante a simulação real do paciente.

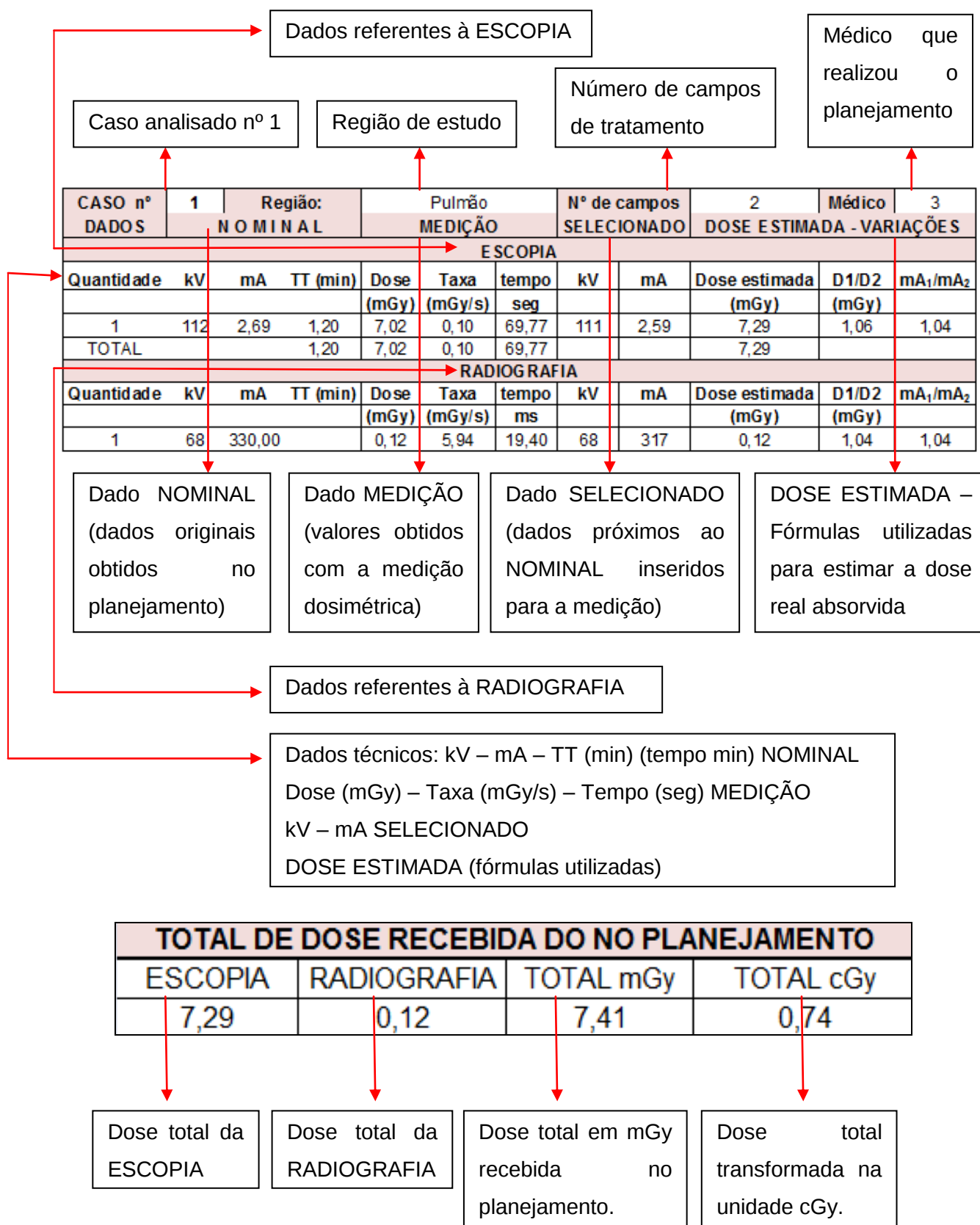
Como os valores de kV nominal e o utilizado nas medidas são iguais ou muito próximos, a diferença entre a dose absorvida real e a medida depende mais diretamente da diferença do mA.

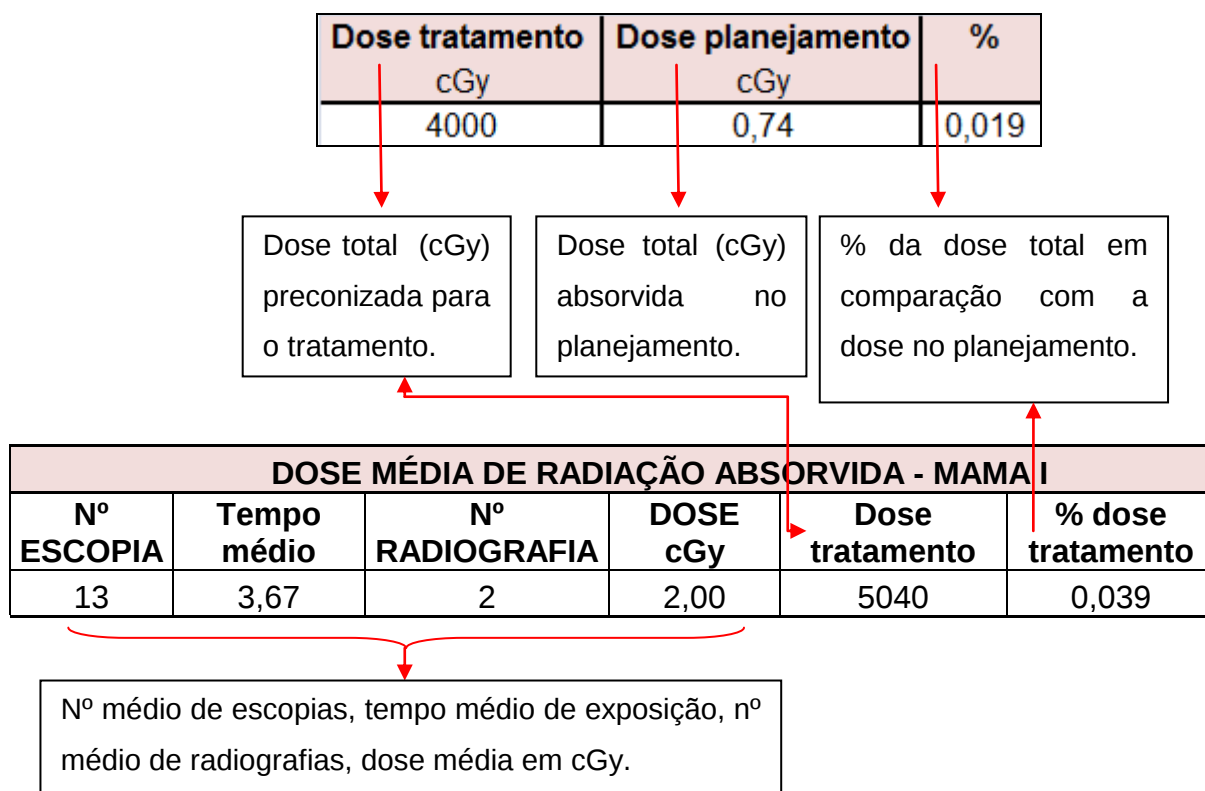
A relação: (dose 1 / dose 2) é a razão entre a dose medida e a dose estimada, fixando os valores de kV e tempo de exposição, esta razão deve ser proporcional aos respectivos valores de mA. Os resultados apontam concordância entre as razões de $mA1/mA2$ e $D1/D2$, o que pode validar as medidas efetuadas com o dosímetro.

Desta forma, pode-se estimar a dose de radiação absorvida durante os procedimentos de planejamentos radioterápicos, considerando os procedimentos de escopia e radiografia realizados para o mesmo paciente. Este valor de dose calculado foi comparado com o valor de dose absorvida preconizado para cada caso clínico atendido.

A Figura 19 exemplifica a sequência de procedimentos realizados e parâmetros radiométricos utilizados durante a simulação e durante as medidas dosimétricas.

Figura 19 – Esquema explicativo para leitura das tabelas





4.2 Amostra de estudo

A Tabela 7 mostra os casos de planejamentos radioterápicos estudados em função da região anatômica acometida.

Tabela 7 – Amostra do estudo

Número de casos analisados	
Planejamento – Região	Quant.
Cabeça e pescoço	10
Cerebral	5
Colo de útero	5
Linfoma	3
Mama	10
Metástase óssea	3
Próstata	12
Pulmão	1
Reto	1
TOTAL	50

4.3 Doses medidas absorvidas em função da região anatômica de tratamento

4.3.1 Dose média de radiação absorvida em neoplasias de cabeça e pescoço

Foram analisados 7 planejamentos para neoplasias de cabeça e pescoço, entre estes, 2 casos se referiram ao replanejamento radioterápico.

A dose de radiação absorvida média no planejamento inicial de neoplasias de cabeça e pescoço foi de 0,85 cGy, ou 0,019% do total de dose preconizado para esta fase do tratamento (Tabela 8).

Tabela 8 – Tumores de cabeça e pescoço - Dose média medida no planejamento X dose preconizada no tratamento

DOSE MÉDIA DE RADIAÇÃO ABSORVIDA - CABEÇA E PESCOÇO					
Nº Escopia	Tempo médio	Nº Radiografia	Dose cGy	Dose tratamento	% Dose tratamento
2	2,47	2	0,85	4500	0,019

Para os casos de replanejamento o paciente recebe cerca de 0,37 cGy, o que representa cerca de 0,005% do total de dose preconizado para todo o tratamento, que chega a cerca de 7000 cGy (Tabela 9).

Tabela 9 - Tumores de cabeça e pescoço - Dose média medida no replanejamento X dose preconizada no tratamento

DOSE MÉDIA DE RADIAÇÃO ABSORVIDA – REPLANEJ. CABEÇA E PESCOÇO					
Nº Escopia	Tempo médio	Nº Radiografia	Dose cGy	Dose tratamento	% Dose tratamento
2	1,47	1	0,37	7000	0,005

Vale ressaltar que: geralmente os pacientes realizam 25 sessões de RXT e retornam ao médico radioterapeuta, o qual realiza o replanejamento do tratamento, prescrevendo mais 14 aplicações, dessa maneira o paciente passa duas vezes pelo

equipamento simulador, sendo o total de dose absorvida no planejamento de neoplasias de cabeça e pescoço, o equivalente a 1,22 cGy ou 0,017% do total de dose aplicada em todo o tratamento.

4.3.2 Dose média de radiação absorvida em tumores cerebrais

Foram analisados 5 casos de planejamento radioterápico para tumores cerebrais, e observou-se que a dose média de radiação absorvida no procedimento foi de 0,83 cGy, o que representou cerca de 0,021% do total de dose requerida para todo o tratamento. (Tabela 10).

Tabela 10 - Tumores cerebrais - Dose média medida no planejamento X dose preconizada no tratamento

DOSE MÉDIA DE RADIAÇÃO ABSORVIDA - TUMORES CEREBRAIS					
Nº Escopia	Tempo médio	Nº Radiografia	Dose cGy	Dose tratamento	% Dose tratamento
1	1,96	1	0,83	4000	0,021

4.3.3 Dose média de radiação absorvida em neoplasias de colo uterino

Foram analisados 5 planejamentos de tratamento para tumores do colo do útero, verificou-se que a dose média de radiação absorvida foi de 4,94 cGy, representando cerca de 0,11% do total de dose prescrita para o tratamento. A Tabela 11 apresenta os valores de dose absorvida e a relação com a dose total preconizada para o tratamento.

Tabela 11 – Tumores de colo uterino - Dose média medida no planejamento X dose preconizada no tratamento

DOSE MÉDIA DE RADIAÇÃO ABSORVIDA - TUMORES COLO DO ÚTERO					
Nº Escopia	Tempo médio	Nº Radiografia	Dose cGy	Dose tratamento	% Dose tratamento
3	2,60	2	4,94	4500	0,11

4.3.4 Dose média de radiação absorvida em linfoma

Foram analisados 3 planejamentos para linfoma, sendo em dois casos realizado o planejamento inicial, e em um caso realizou-se o replanejamento.

Verificou-se que a dose de radiação absorvida no procedimento foi quantificada em 2,75 cGy, o que corresponde a 0,061% do total de dose preconizado para o tratamento.

Tabela 12 - Linfoma - Dose média medida no planejamento X dose preconizada no tratamento

DOSE MÉDIA DE RADIAÇÃO ABSORVIDA – LINFOMA REGIÃO CERVICAL					
Nº Escopia	Tempo médio	Nº Radiografia	Dose cGy	Dose tratamento	% Dose tratamento
3	2,95	2	2,75	4500	0,061

Para o replanejamento do tratamento para linfoma, a dose média de radiação absorvida foi de 2,00 cGy.

Tabela 13 - Linfoma - Dose média medida no replanejamento X dose preconizada no tratamento

DOSE MÉDIA DE RADIAÇÃO ABSORVIDA - REPLANEJ LINFOMA					
Nº Escopia	Tempo médio	Nº Radiografia	Dose cGy	Dose tratamento	% Dose tratamento
1	1,10	1	2,00	4500	0,044

Com base nesses dados conclui-se que para pacientes que realizam o replanejamento, a dose total recebida na sala de simulação em todo o ciclo radioterápico é de 4,75 cGy, o que representa cerca de 0,105% da dose total requerida para o tratamento dessa neoplasia.

4.3.5 Dose média de radiação absorvida em neoplasias mamárias

Para este tipo de neoplasia foi necessário diferenciar a dose de radiação absorvida, considerando o volume de tecido mamário irradiado, pois estes fatores anatômicos e teciduais podem influenciar na quantidade de procedimentos de escopia e parâmetros radiométricos utilizados, sendo assim, as neoplasias mamárias foram diferenciadas em dois grupos; mama I (volumosa) e mama II (normal). As tabelas 14 e 15 ilustram os valores de dose absorvida.

Verificou-se que nos casos de mama I a dose média de radiação absorvida foi de 1,96 cGy, o que representou cerca de 0,038% da dose total preconizada para o tratamento. Nos casos de mama II, a dose média de radiação foi de 0,68 cGy, representando cerca de 0,013% do total preconizado para o tratamento.

Tabela 14 – Tumores de mama I - Dose média medida no planejamento X dose preconizada no tratamento

DOSE MÉDIA DE RADIAÇÃO ABSORVIDA - MAMA I					
Nº Escopia	Tempo médio	Nº Radiografia	Dose cGy	Dose tratamento	% Dose tratamento
13	3,67	2	1,96	5040	0,038

Tabela 15 – Tumores de mama II - Dose média medida no planejamento X dose preconizada no tratamento

DOSE MÉDIA DE RADIAÇÃO ABSORVIDA - MAMA II					
Nº Escopia	Tempo médio	Nº Radiografia	Dose cGy	Dose tratamento	% Dose tratamento
5	1,34	1	0,68	5040	0,013

4.3.6 Dose média de radiação absorvida em neoplasias metastáticas ósseas

Foram analisados 03 casos de planejamentos para metástase óssea. Verificou-se que a dose de radiação média liberada no planejamento do tratamento dessa

neoplasia foi de 3,05 cGy, correspondendo a 0,076% do total de dose preconizada para o tratamento, conforme ilustrado na Tabela 16.

Tabela 16 – Metástase óssea - Dose média medida no planejamento X dose preconizada no tratamento

DOSE MÉDIA DE RADIAÇÃO - METÁSTASE OSSEA					
Nº Escopia	Tempo médio	Nº Radiografia	Dose cGy	Dose tratamento	% Dose tratamento
2	2,00	1	3,05	4000	0,076

4.3.7 Dose média de radiação absorvida em neoplasias de próstata

Foram analisados 11 casos de planejamentos iniciais para neoplasias de próstata e verificou-se que a dose média de radiação absorvida foi de 2,56 cGy, representando cerca de 0,057% do total de dose prescrita para esta fase do tratamento (Tabela 17).

Tabela 17 – Tumores de próstata - Dose média medida no planejamento X dose preconizada no tratamento

DOSE MÉDIA DE RADIAÇÃO ABSORVIDA – PRÓSTATA					
Nº Escopia	Tempo médio	Nº Radiografia	Dose cGy	Dose tratamento	% Dose tratamento
3	1,26	2	2,56	4500	0,057

Foi analisado um caso de replanejamento, e a dose média de radiação absorvida nesse procedimento foi de 1,39 cGy.

Tabela 18 - Tumores de próstata - Dose média medida no replanejamento X dose preconizada no tratamento

DOSE MÉDIA DE RADIAÇÃO ABSORVIDA – REPLANEJ PRÓSTATA					
Nº Escopia	Tempo médio	Nº Radiografia	Dose cGy	Dose tratamento	% Dose tratamento
3	1,10	0	1,39	7000	0,019

Pode-se concluir que a dose total de radiação recebida pelo paciente em todo o planejamento radioterápico para tumores de próstata, (incluindo o planejamento inicial e o replanejamento) é de 3,95 cGy, representando cerca de 0,056% do total de dose indicada para o tratamento.

4.3.8 Dose média de radiação absorvida em neoplasias de pulmão

A dose de radiação absorvida medida durante os experimentos foi de 0,74 cGy, o que corresponde a cerca de 0,016% do total de dose necessária para o tratamento desta neoplasia, conforme demonstrado na Tabela 19.

Tabela 19 – Tumores de pulmão - Dose média medida no planejamento X dose preconizada no tratamento

DOSE MÉDIA DE RADIAÇÃO ABSORVIDA – PULMÃO					
Nº Escopia	Tempo médio	Nº Radiografia	Dose cGy	Dose tratamento	% Dose tratamento
1	1,20	1	0,74	4500	0,016

4.3.9 Dose média de radiação absorvida em planejamento de neoplasias de reto

Para este tipo de planejamento radioterápico, a dose média de radiação estimada foi de 2,96 cGy, o que representa cerca de 0,066% da dose total preconizada para o tratamento (Tabela 20).

Tabela 20 – Tumores de reto - Dose média medida no planejamento X dose preconizada no tratamento

DOSE MÉDIA DE RADIAÇÃO ABSORVIDA – RETO					
Nº Escopia	Tempo médio	Nº Radiografia	Dose cGy	Dose tratamento	% Dose tratamento
1	2,80	2	2,96	4500	0,066

4.4 Doses médias em função do sítio anatômico

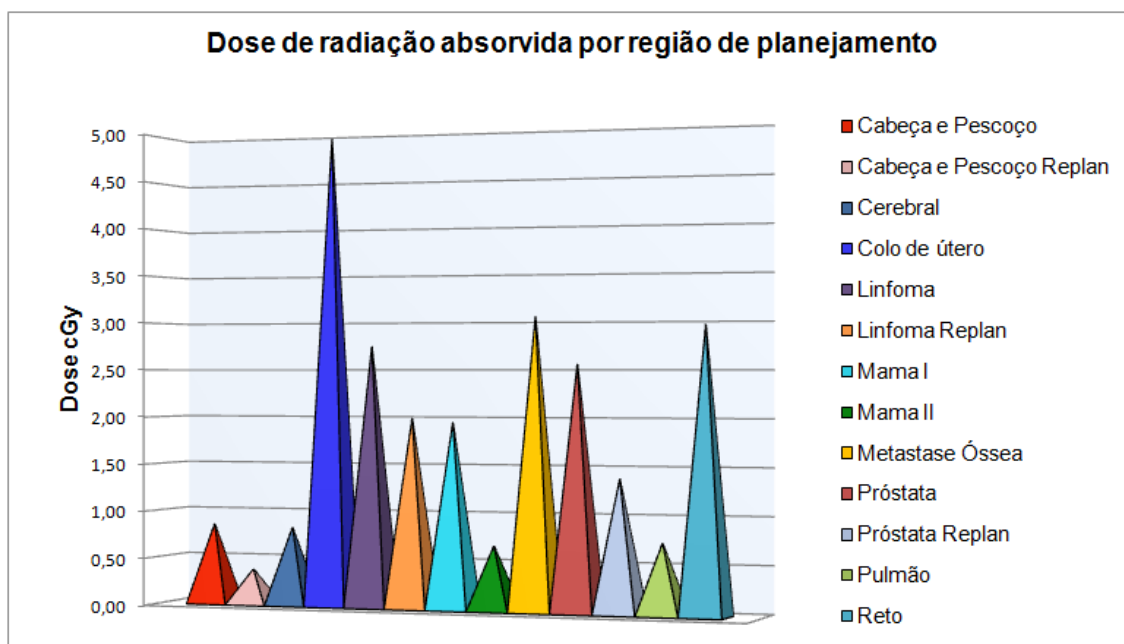
Os planejamentos radioterápicos em tumores de colo uterino apresentaram os maiores valores de doses medidos (4,94 cGy), correspondendo a 0,11% da dose total preconizada no tratamento.

O exame radiológico para planejamento de metástases ósseas aponta o segundo maior valor de dose estimada (média de 3,05 cGy), correspondendo a 0,076% da dose total prescrita.

A dose média de radiação para o planejamento de neoplasia de reto ficou em terceiro lugar, quantificada em 0,30 cGy ou 0,066% do total de dose empregada no tratamento (Figura 20).

Os exames radiológicos que liberam menor dose de radiação ao paciente são aqueles referentes ao replanejamento de neoplasia de cabeça e pescoço, quantificado em 0,37 cGy.

Figura 20 – Dose média de radiação absorvida por região de planejamento



Na Tabela 21 estão expressos os resultados gerais obtidos com esse estudo.

Tabela 21 – Avaliação total

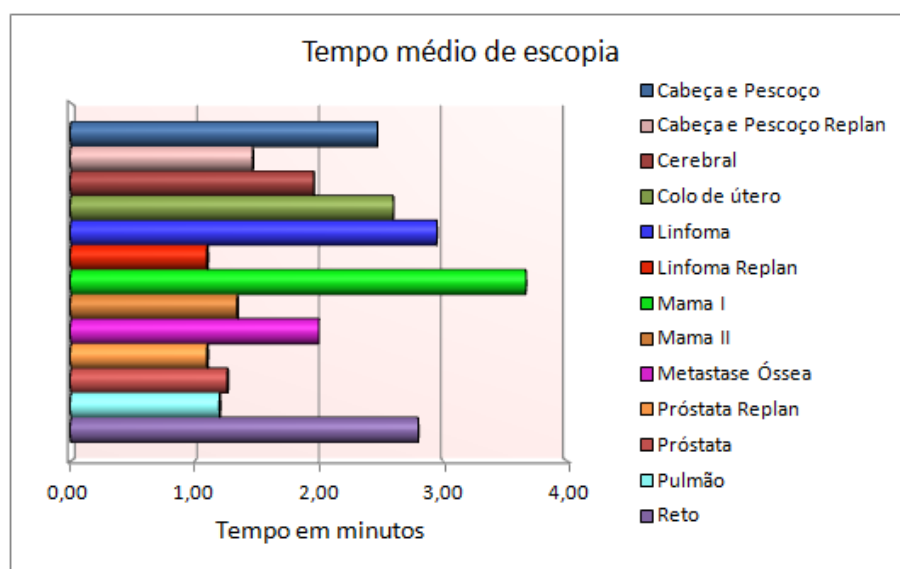
MÉDIA GERAL - DOSE DE RADIAÇÃO ABSORVIDA PLANEJAMENTO						
REGIÃO	Escopia	Tempo	Radiografia	Dose	Dose tratamento	Dose planejamento
	Quant.	Minutos	Quant.	cGy	cGy	%
Cabeça e pescoço	2	2,47	2	0,85	4500	0,018
Cabeça e pescoço Replan	1	1,47	1	0,37	7000	0,0052
Cerebral	1	1,96	1	0,83	4000	0,021
Colo de útero	3	2,60	2	4,95	4500	0,11
Linfoma	3	2,95	2	2,75	4500	0,061
Linfoma Replan	1	1,10	1	2,00	4500	0,044
Mama I	13	3,67	2	1,96	5040	0,038
Mama II	5	1,34	1	0,68	5040	0,013
Metastase Óssea	2	2,00	1	3,05	4000	0,076
Próstata	3	1,26	2	2,56	4500	0,057
Próstata Replan	3	1,10	0	1,39	7000	0,019
Pulmão	1	1,20	1	0,74	4500	0,016
Reto	3	2,80	2	2,96	4500	0,065

4.5 Tempo médio de escopia em função do sítio anatômico

As neoplasias de mama I apresentaram maior tempo de exposição médio (3,67 min). O planejamento para linfoma expôs o paciente em média por cerca de 2,95 minutos, e os exames radiológicos para planejamento de neoplasias de reto apresentaram tempo médio de escopia de 2,80 minutos.

Os exames radiológicos para replanejamento de neoplasias de próstata e linfoma foram os que apresentaram menor tempo de exposição, quantificado em 1,10 minutos conforme ilustrado na Figura 21.

Figura 21 – Tempo médio de escopia



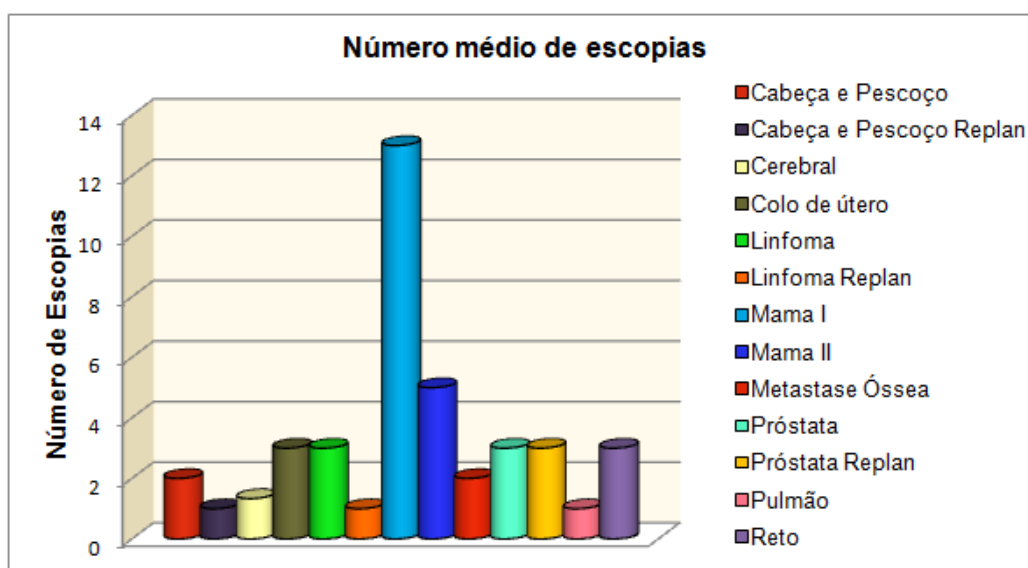
Podem surgir alguns questionamentos pelo fato de que em relação à dose de radiação absorvida, o exame que apresentou maior dose foi para planejamento de tumores do colo do útero, e o exame que teve maior tempo de exposição do paciente foi para o planejamento de mama I, este fato pode ser explicado e esclarecido levando em consideração que: para o planejamento de tumores do colo de útero, a espessura da região a ser irradiada é maior, contribuída pelo fato de que existem órgãos adjacentes ao colo do útero e tecidos ósseos os quais agem como barreiras para visualização da região a ser tratada, dessa forma existe um aumento da técnica radiológica utilizada (kV, mA) e consequentemente o aumento da dose de radiação absorvida. Já para o planejamento de mama são realizados campos de tratamento interno e externo, então não existem órgãos adjacentes e tecidos ósseos na frente do campo de irradiação, existe apenas o tecido mamário, o qual é o foco do estudo. No caso de mamas volumosas, a correta localização dos campos é difícil, sendo necessário realizar o planejamento com precisão e efetividade, tendo em vista que deve-se irradiar o mínimo de tecido pulmonar possível, assim sendo o tempo de exposição foi maior devido a complexidade do planejamento, e a dose de radiação não foi a mais alta pelo fato da espessura do meio absorvedor ser menor em relação aos casos de planejamento para tumores do colo do útero.

4.6 Número médio de escopias

Em relação ao número médio de escopias, ilustrado na Figura 22, observou-se que o exame radiológico para planejamento de tumores de mama I, foi o procedimento que utilizou maior quantidade de escopias, com uma média de 13 escopias por planejamento, este fato é devido à complexidade do planejamento e difícil localização dos campos, associado à extrema necessidade de atenção à mínima irradiação do campo pulmonar que está muito próximo aos campos de tratamento.

Os exames radiológicos para planejamento de tumores de pulmão, cerebral, replanejamentos de linfoma e cabeça e pescoço foram os que utilizaram menor número de escopias, quantificado em 1 escopia somente.

Figura 22 – Número médio de escopias



4.7 Dose média de radiação – mSv

Avaliando a dose de radiação absorvida nos diversos planejamentos radioterápicos, fizemos a transformação da dose obtida em mGy para mSv.

Segundo as normas de Proteção Radiológica, quando se trata de exposição médica ao paciente não existe uma limitação de dose para procedimentos que

envolvam o uso de radiação ionizante, porém se levarmos em consideração o limite de dose de indivíduo do público que conta com 1mSv ao ano, podemos verificar que todos os planejamentos radioterápicos das diversas neoplasias estudadas estão acima dos limites de dose aceitáveis ao indivíduo do público (IP), ou seja; a dose de 1 mSv, permissível para um indivíduo do público em um ano, foi excedida em até 49 vezes no caso de apenas um exame radiológico para planejamento de tumor de colo de útero.

Estes dados foram apresentados para uma simples comparação, pois ao analisarmos a dose média em cada planejamento em comparação com a dose total preconizada para todo o tratamento, percebemos que os valores são consideráveis, porém se analisarmos em comparação com o limite de dose permissível para IP, podemos perceber: que o valor é muito significativo e importante, conforme demonstrado pela Tabela 22.

Tabela 22 – Dose de radiação - mSv

DOSE DE RADIAÇÃO – mSv		LIMITE DE DOSE IP  1 mSv
REGIÃO	DOSE – mSv	
Cabeça e Pescoço	8,5	
Cabeça e Pescoço Replan	3,7	
Cerebral	8,3	
Colo de útero	49,4	
Linfoma	25,0	
Linfoma Replan	20,0	
Mama I	19,6	
Mama II	6,8	
Metástase Óssea	30,5	
Próstata	25,6	
Próstata Replan	13,9	
Pulmão	7,4	
Reto	29,6	

4.8 Avaliação comparativa com outros estudos da literatura

Não foram encontrados na literatura estudos semelhantes a este. Foram analisados estudos realizados com outros tipos de equipamentos, com diferentes

metodologias, e diferentes objetivos. Os estudos mais semelhantes em seus objetivos de avaliação da dose de radiação absorvida em exames radiológicos estão descritos no Quadro 2, o qual mostra a dose de radiação em mSv absorvida em cada procedimento em ordem crescente.

Realizando uma análise comparativa com os estudos da literatura e este trabalho, verificou-se que os procedimentos que liberaram menor dose de radiação foram os exames radiológicos de tomografia cone beam para planejamento radioterápico de cabeça, o qual resultou em $2,83 \pm 0,03$ mSv²⁶, e aquele que liberou maior dose de radiação foi o procedimento intervencionista de revascularização, o qual foi quantificado em 476,00 mSv²⁸.

O exame radiológico para planejamento radioterápico de tumores de colo de útero, o qual quantificou maior dose de radiação neste tipo de procedimento, caracterizado por 49 mSv, ficou atrás de apenas três procedimentos intervencionistas, cujas doses de radiação liberadas nos procedimentos variaram de 63 a 476 mSv²⁸.

De 29 procedimentos radiológicos analisados no Quadro 2, verificou-se que entre os dez procedimentos radiológicos que apresentaram maior dose de radiação, estão inseridos seis exames radiológicos para o planejamento radioterápico, resultantes deste trabalho.

Esse fator ressalta ainda mais a importância em quantificar a dose de radiação liberada nos procedimentos de planejamento radioterápico, as quais são significantes e importantes em relação aos preceitos de proteção radiológica.

Quadro 2 – Comparação entre estudos da literatura

Estudos comparativos		
Procedimento	Dose em mSv	Autor
Planejamento radioterápico TC cone beam – cabeça (masculino e feminino)	$2,83 \pm 0,03$	Sawyer
Hérnia disco lombar, punho, mandíbula, ombro	3,00	Martins e Paula
Tomografia computadorizada abdominal – 100 mA	3,12	Rodrigues
Tomografia computadorizada pelve – 100 mA	3,55	Rodrigues
Replanejamento radioterápico – Equipamento simulador convencional – cabeça e pescoço	3,75	Camargo

Tomografia computadorizada pelve – 120 mA	4,12	Rodrigues
Tomografia computadorizada abdominal – 120 mA	4,28	Rodrigues
Hérnia disco cervical, joelho, artroplastia, vertebroplastia, bacia.	7,00	Martins e Paula
Planejamento radioterápico – Equipamento simulador convencional – mama II	6,80	Camargo
Planejamento radioterápico – Equipamento simulador convencional – pulmão	7,41	Camargo
Angiotomografia Computadorizada de artérias coronárias	7,60	Gottlieb
Planejamento radioterápico – Equipamento simulador convencional – cerebral	8,29	Camargo
Planejamento radioterápico – Equipamento simulador convencional – cabeça e pescoço	8,52	Camargo
Planejamento radioterápico TC cone beam – pelve (masculino)	13,4 ± 0.5	Sawyer
Replanejamento radioterápico – Equipamento simulador convencional – próstata	13,89	Camargo
Planejamento radioterápico TC cone beam – mama (masculino e feminino)	15,3 ± 0.3	Sawyer
Planejamento radioterápico TC cone beam – pelve (feminino)	15,3 ± 0.5	Sawyer
Cotovelo, tornozelo, artrodese de pé	18,00	Martins e Paula
Replanejamento radioterápico – Equipamento simulador convencional – linfoma	19,96	Camargo
Planejamento radioterápico – Equipamento simulador convencional – mama I	20,00	Camargo
Planejamento radioterápico – Equipamento simulador convencional – linfoma	24,98	Camargo
Planejamento radioterápico – Equipamento simulador convencional –Próstata	25,62	Camargo
Planejamento radioterápico – Equipamento simulador convencional – reto	29,64	Camargo
Planejamento radioterápico – Equipamento simulador convencional –Metástase óssea	30,53	Camargo
Cálculo, duplo J, nefrostomia, fêmur, tíbia	35 a 45	Martins e Paula
Planejamento radioterápico – Equipamento simulador convencional – colo do útero	49,39	Camargo
Artrodese dorsal, laminectomia e denervação	63,00 a 75,00	Martins e Paula
Colangiopancreatografia retrógrada, ureterolitomia, marcapasso, artrodese lombar, pieloplastia, úmero e angioplastia	100,00 a 300,00	Martins e Paula
Revascularização	476,00	Martins e Paula

5 CONCLUSÃO

O trabalho mostra que a dose de radiação absorvida em exames radiológicos realizados nos procedimentos de planejamento radioterápico, é consideravelmente significativa do ponto de vista de limite máximo permissível preconizado nas Normas de Proteção Radiológica, principalmente em relação à exposição de órgãos anatómicos circunvizinhos ao campo de tratamento.

A falta de conhecimento desta dose de radiação que envolve todo o ciclo de atendimento do paciente, muitas vezes pode induzir a exposição desnecessária do doente e de toda a equipe de profissionais envolvida.

Este estudo sugere que os Serviços de Radioterapia elaborem regras que norteiem os procedimentos radiológicos durante os planejamentos dos tratamentos, que devem variar em função do tipo de equipamento e que garantam o mínimo de exposição com a melhor qualidade de imagem desejada.

Ressalta-se aqui a importância de se registrar nas fichas técnicas, formulário de apontamento das doses diárias de radiação do paciente, o quantitativo de dose de radiação total recebida pelo paciente, considerando a dose prescrita para o tratamento e aquela absorvida previamente durante o planejamento radioterápico.

Constantes atualizações das legislações específicas na área de proteção radiológica, e uso de radiações ionizantes, acenam para a necessidade de otimização dos procedimentos radiológicos, o que incentiva a realização deste tipo de estudo.

REFERÊNCIAS¹

1. INSTITUTO NACIONAL DO CÂNCER. **Estimativas 2014**: incidência do câncer no Brasil. Rio de Janeiro, 2014. 126 p. Disponível em: <<http://www.inca.gov.br/estimativa/2014/estimativa-24012014.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2013.
2. TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO. Política Nacional de Atenção Oncológica. **Relatório de auditoria operacional**. Brasília, 2011. 137 p. Disponível em: <http://portal2.tcu.gov.br/portal/page/portal/TCU/comunidades/programas_governo/areas_atuacao/saude/Rel_Oncologia.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2013.
3. BENTEL, G. C. Dose calculations in brachytherapy - practical applications of brachytherapy techniques. In: _____. **Radiation therapy planning**. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 1996. p. 533-616.
4. PINHO, M. **Biologia molecular do cancer**. Rio de Janeiro: Revinter, 2005. 96 p.
5. SALVAJOLI, J. V.; SOUHAMI, L.; FARIA, S. L. **Radioterapia em oncologia**. São Paulo: Atheneu, 2013. 1320 p.
6. FUNDAÇÃO ONCOCENTRO DE SÃO PAULO. **Manual de oncologia clínica**. São Paulo, 1999.
7. KHAN, F. M. **The physics of radiation therapy**. Baltimore: Lippincott, Williams and Wilkins, 2003. 569 p.
8. HENDREE, W. R.; RITENOUR, E. R. **Medical imaging physics**. 4. ed. New York: Wiley-Liss, 2002. 536 p.
9. MOURA, E. S. **Estudo e levantamento de parâmetros para dosimetria de fontes de iodo-125 aplicadas em braquiterapia**. 2011. 94 f. Dissertação (Mestrado em ciências na área de tecnologia nuclear - aplicações) – Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.
10. PELIZZON, A. C. A. et al. **Rotinas e condutas em radioterapia**. São Paulo: Lemar, 2010. 266 p.
11. KHAN, F. M.; POTISH, R. A. **Treatment planning in radiation oncology**. Hagerstown: Lippincott, Williams and Wilkins, 1998. 772 p.

¹ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**: informação e documentação - Referências - Elaboração. Rio de Janeiro, 2002. 24p.
NATIONAL LIBRARY OF MEDICINE. **List of journals indexed in Index Medicus**. Washington, 1997. 240p.

12. KHOO, V. Utilisation of portal imaging in positional control. **Oncología**, v. 6, n. 27, p. 323-327, 2004. Disponível em: <http://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S0378-8352004000600002&script=sci_arttext&tlng=pt>. Acesso em: 05 ago. 2013.
13. GALERANI, A. P. E. **RXT guiada por imagem**: avaliação do posicionamento diário com dados de dosimetria em pacientes com tumor de pulmão submetidos à hipofracionamento. 2011. 68 f. Dissertação (Mestrado em tecnologia em saúde) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2011.
14. BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Portaria 453, de 01 de junho de 1998**. Diretrizes básicas de proteção radiológica em radiodiagnóstico médico e odontológico. Brasília, 1998.
15. BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Comissão Nacional de Energia Nuclear. **Norma CNEN-NN-3.06**, de 06 de Janeiro de 2005. Brasília, 2005.
16. AZEVEDO, A. C. P. **Radioproteção em serviços de saúde**. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, Escola Nacional de Saúde Pública, 2010. Disponível em: <<http://www.fiocruz.br/biossegurancahospitalar/dados/material10.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2013.
17. YIDA, A. T.; SAKATE, M. **Apostila de radiobiologia e fotobiologia**. Botucatu, 2007.
18. JOINER, M.; KOGEL, A. V. D. **Basic clinical radiobiology**. 4. ed. Great Britain: Hodder Arnold, 2009. 375 p.
19. BUSHONG, S. C. **Ciência radiológica para tecnólogos**. 9. ed. São Paulo: Elsevier, 2010. 728 p.
20. KNOLL, G. F. **Radiation detection and measurement**. 4. ed. New York: John Wiley, 2000. 800 p.
21. STABIN, M. G. **Radiation protection and dosimetry**. Nashville: Springer Verlag, 2008. 190 p.
22. SCAFF, L. A. M. **Física na radioterapia**: a base analógica de uma era digital. São Paulo: Savier, 2010. 656 p.
23. OKUNO, E.; YOSHIMURA, E. **Física das radiações**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 296 p.
24. BITELLI, T. **Física e dosimetria das radiações**. São Paulo: Atheneu, 2006. 452 p.

25. LABORATÓRIO NACIONAL DE METROLOGIA DAS RADIAÇÕES IONIZANTES. **Grandezas e unidades para radiações ionizantes**. Rio de Janeiro, 2002. 35 p. Disponível em: <www.ird.gov.br/index.php?option=com_docman&task=doc>. Acesso em: 05 set. 2013.
26. SAWYER, L. J. et al. Estimation of organ and effective doses resulting from cone beam CT imaging for radiotherapy treatment planning. **Br. J. Radiol.**, v. 85. p. 577-584, 2009. Disponível em: <<http://www.birpublications.org/doi/abs/10.1259/bjr/62467578>>. Acesso em: 08 dez. 2013.
27. GONÇALVES, V. D. **Caracterização da dose em pacientes devido à produção de imagens de raios-X utilizadas em radioterapia guiada por imagem – IGRT**. 2012. 63 f. Dissertação (Mestrado em ciências na área de tecnologia nuclear - reatores) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2012.
28. MARTINS, C.; PAULA, V. Doses de exposição a radiação em pacientes submetidos s exames de fluoroscopia. **Disc. Sci.**, v. 12, n. 1, p. 77-88, 2011. Disponível em: <<http://sites.unifra.br/Portals/36/tecnologicas%202011/7%20%20DOSES%20DE%20EXPOSI%C3%87%C3%83O%20%C3%80%20RADIA%C3%87%C3%83O%20EM%20PACIENTES%20SUBMETIDOS%20A%20EXAMES%20DE%20FLUOROSCOPIA.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2013.
29. RODRIGUES. S. I. et al. Estudo da dose nos exames de tomografia computadorizada abdominal em um equipamento de 6 cortes. **Radiol. Bras.**, v. 45, n. 6, p. 326-333, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rb/v45n6/08.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2013.
30. GOTTLIEB, I. et al. Fatores associados à menor dose de radiação em pacientes submetidos à angiotomografia de artérias coronárias de 64 canais. **Rev. Bras. Cardiol.**, v. 23, n. 4, p. 224-229, 2010. Disponível em: <http://sociedades.cardiol.br/socerj/revista/2010_04/a2010_v23_n04_02ilan.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2013.
31. SANTOS, W. S.; MAIA, A. F. Riscos ocupacionais e do público durante exames radiológicos em Unidades de Terapia Intensiva de um hospital público de Sergipe. **Sci. Plena**, v. 5, n. 11, p. 1-5, 2009. Disponível em: <<http://www.scienciaplenua.org.br/ojs/index.php/sp/article/viewFile/743/399>>. Acesso em: 23 dez. 2013.

ANEXO

ANEXO A – APROVAÇÃO DA REALIZAÇÃO DO TRABALHO PELO CEP.



Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Medicina de Botucatu



Distrito Rubião Junior, s/nº - Botucatu - S.P.
CEP: 18.618-970
Fone/Fax: (0xx14) 3811-6143
e-mail secretaria: capellup@fmb.unesp.br
e-mail coordenadoria: tsarden@fmb.unesp.br



Registrado no Ministério da Saúde
em 30 de abril de 1997

Botucatu, 03 de Dezembro de 2012

Of. 585/2012

Ilustríssimo Senhor
Prof. Dr. Batista de Oliveira Júnior
Departamento de Dermatologia e Radioterapia da
Faculdade de Medicina de Botucatu

Prezado Dr. Batista,

De ordem do Senhor Coordenador, informo que o Projeto de Pesquisa (Protocolo CEP 4442-2012) "Avaliação da dose de radiação absorvida em pacientes submetidos a exames radiológicos durante o planejamento radioterápico", a ser conduzido por Rafaela Ferraz de Camargo, orientada por Vossa Senhoria, co-orientado por Marco Antonio Rodrigues Fernandes, recebeu do relator parecer favorável, aprovado com sugestão em reunião de 03/12/2012.

O CEP, no entanto, sugere que o título do trabalho seja alterado para: "Avaliação da dose de radiação absorvida á exames radiológicos durante planejamento radioterápico" haja vista que na presente pesquisa não há envolvimento de pacientes.

Situação do Projeto: APROVADO COM SUGESTÃO. Os pesquisadores deverão apresentar ao CEP ao final da execução do Projeto o "Relatório Final de Atividades".

Atenciosamente,

Alberto Santos Capelluppi
Secretário do CEP

ANEXO B – ALTERAÇÃO DE TÍTULO EM PROJETO DE PESQUISA



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Botucatu



MUDANÇA DE TÍTULO EM PROJETO DE PESQUISA

Objetivo Acadêmico: Dissertação de Mestrado

Título constante no parecer inicial de aprovação:

AVALIAÇÃO DA DOSE DE RADIAÇÃO ABSORVIDA EM PACIENTES
SUBMETIDOS A EXAMES RADIOLÓGICOS DURANTE O
PLANEJAMENTO RADIOTERÁPICO.

Título final:

AVALIAÇÃO DA DOSE DE RADIAÇÃO ABSORVIDA EM EXAMES
RADIOLÓGICOS DURANTE O PLANEJAMENTO RADIOTERÁPICO.

Data da reunião do CEP que aprovou o parecer inicial: 03/12/2012.

Declaramos que o trabalho não sofreu alterações nos objetivos e/ou
conteúdo metodológico da época de apresentação para análise do CEP.

Dr. Batista de Oliveira Júnior
Orientador

Dr. Marco Antonio Rodrigues Fernandes
Co-Orientador

Rafaela Ferraz de Camargo
Orientada

Dr. Marco Antônio R. Fernandes
Fisico Hospitalar
ABFM 778
CENFT 0094 CBO 213150

06 01 14

[Handwritten signature]

ANEXO C – PLANILHA DE PESQUISA

PLANILHA DE PESQUISA				
PACIENTE:			RG:	
REGIÃO:			PESO:	DLL: DAP:
PLANEJAMENTO INICIAL:			REPLANEJAMENTO:	
NÚMERO DE CAMPOS:			DOSE TOTAL:	
DOSE DIÁRIA:			Nº DE APLICAÇÕES:	
EQUIPAMENTO:			ENERGIA:	
ESCOPIA				
GANTRY:			DISTÂNCIA (SA):	
DISTÂNCIA (SF):			X:	Y:
1 -	KV:	MA:	MAS:	T:
2-	KV:	MA:	MAS:	T:
3-	KV:	MA:	MAS:	T:
4-	KV:	MA:	MAS:	T:
5-	KV:	MA:	MAS:	T:
RADIOGRAFIA				
1 -	KV:	MA:	MAS:	T:
2-	KV:	MA:	MAS:	T:
3-	KV:	MA:	MAS:	T:
4-	KV:	MA:	MAS:	T:
5-	KV:	MA:	MAS:	T:
DATA:			MÉDICO:	

APÊNDICE

APÊNDICE A

PROCEDIMENTOS DE PLANEJAMENTOS RADIOTERÁPICOS

Este anexo apresenta as técnicas radiológicas, os posicionamentos utilizados nas rotinas dos planejamentos radioterápicos para os casos clínicos estudados.

A1 – Planejamento de tumores de cabeça e pescoço

No planejamento de neoplasias de cabeça e pescoço geralmente utilizam-se de dois a três campos de irradiação, sendo eles: lateral direito, lateral esquerdo e fossa (se houver indicação). O paciente é posicionado em decúbito dorsal na mesa do simulador, a região cervical deve estar apoiada confortavelmente em um suporte de cabeça. É realizada a imobilização do paciente com uma máscara termoplástica, e utilizado um acessório esticador de ombros, o qual é necessário para retirar a região do ombro da frente dos campos de irradiação laterais. A DLL do paciente é medida e registrada. O gantry deve estar angulado a 90° no campo lateral esquerdo e a 270° no campo lateral direito, o centro do campo é posicionado no sítio da lesão, e são realizadas imagens de fluoroscopia para determinação dos limites de campo. Após a determinação dos campos, uma radiografia do campo lateral é realizada para documentação, determinação da colimação e necessidade de utilização de blocos de chumbo. São feitas então as marcações dos campos de irradiação na máscara do paciente. Se houver a necessidade de irradiação da fossa supra clavicular, o gantry será angulado na posição a 0°, e o campo de tratamento será posicionado e localizado com a utilização de imagens fluoroscópicas. Após a localização deste campo, uma radiografia será realizada para documentação, verificação do planejamento e necessidade de colimação por blocos de chumbo ou colimador MLC (multileaf).

A dose diária utilizada é a de 200 cGy, em 25 aplicações, totalizando 4500 cGy. Após a 25ª aplicação é necessário realizar um replanejamento do tratamento, sendo

necessário encaminhar o paciente ao equipamento simulador novamente, onde os campos de irradiação serão diminuídos, e será necessário colimar a medula, tendo em vista que a limitação de dose neste órgão é de 4500 cGy.

A2 – Planejamentos de tumores cerebrais

Geralmente para o tratamento de tumores cerebrais utilizam-se dois campos de radiação paralelo-opostos sendo eles: lateral direito e lateral esquerdo. Pode ainda ser requerido pelo médico radioterapeuta um terceiro campo de tratamento, sendo o campo anterior, o qual requer a angulação da mesa de tratamento, este campo de tratamento é planejado no equipamento AL, pelo fato de não ser possível a angulação da mesa no equipamento de simulação convencional.

O paciente é posicionado em decúbito dorsal, apoiado com a cabeça em um suporte de cabeça e pescoço; é confeccionada uma máscara termoplástica, onde serão feitas as marcações dos campos a serem irradiados; o gantry é posicionado na angulação de 90° ou 270°. São feitas imagens de fluoroscopia para determinar o campo de tratamento. Após a determinação do campo é realizada uma radiografia para documentação do exame e confirmação do volume alvo de tratamento pelo médico radioterapeuta. Confirmado o planejamento, são feitas as marcações na máscara termoplástica para delimitação do campo de tratamento.

A3 – Planejamentos de colo útero

Para o planejamento de tumores do colo do útero são utilizados geralmente quatro campos de tratamento: laterais direito e esquerdo, anterior e posterior. O paciente é posicionado em decúbito dorsal na mesa do equipamento simulador, a técnica utilizada geralmente é a isocêntrica; os acessórios de posicionamento necessários são o suporte de cabeça e suporte para os pés (caixa de madeira).

Primeiramente o campo anterior é posicionado e centralizado no sítio da lesão, mede-se a DAP para determinação da DFS. Após o posicionamento, é feita uma escopia, para que o médico defina com mais precisão os campos de irradiação

(seguindo as referências ósseas). Definidos os campos, é feita uma radiografia do campo anterior para verificação do médico radioterapeuta. São feitas no paciente as marcações do campo anterior de irradiação, que servirão como referência no seu posicionamento diário no equipamento para o tratamento. Essas marcações são feitas diretamente sobre a pele do paciente (tatuagem com tinta especial).

Para definir os campos laterais, gira-se, então, o gantry para a angulação de 270°. Nessa etapa, com auxílio das imagens radiológicas e dos parâmetros ósseos, são novamente definidos o centro e os limites do campo de irradiação. Faz-se então, uma radiografia do campo lateral para documentação da simulação. Tal como no campo anterior, são feitas no paciente as marcações dos campos laterais de irradiação para referência de posicionamento durante o seu tratamento. A DLL é, então, medida e registrada no filme e na ficha do paciente.

A4 – Planejamentos Radioterápicos em Linfomas

A utilização de RXT para tratamento de linfomas deve ser planejada levando em consideração o local nodal envolvido. Geralmente os principais sítios anatómicos envolvidos são: o manto, que inclui todas as cadeias ganglionares acima do diafragma: cervical, supraclavicular, axilar, infraclavicular, mediastinal e região do hilo pulmonar; região de linfonodos abdominais e pélvicos.

A técnica geralmente utilizada é a de campos paralelos e opostos. O planejamento é realizado de acordo com referências ósseas anatómicas.

São realizadas aproximadamente 20 sessões, com dose diária de 200 cGy, totalizando 4000 cGy, podendo haver ou não o replanejamento do tratamento.

A5 – Planejamentos Radioterápicos em Tumores de Mama

Para o tratamento de tumores mamários geralmente utiliza-se dois campos opostos hemi bloqueados, sendo eles: campo interno e campo externo, podendo ainda haver um terceiro campo de tratamento para irradiação da fossa supra ou sub clavicular, onde existe a principal cadeia linfática que drena o órgão.

No planejamento de tratamentos de neoplasias mamárias podem ser utilizados acessórios de tratamento como a rampa de mama a qual possui várias angulações, que serve para posicionar o corpo da paciente durante o tratamento, garantindo a correta reprodutibilidade e eficácia do tratamento. Utilizam-se ainda acessórios modificadores do feixe como filtros em cunha, os quais possuem várias angulações e são utilizados para compensar a falta de tecido do órgão irradiado e homogeneizar a dose de radiação.

Geralmente a dose de radiação empregada no tratamento de neoplasias mamárias é de 180 cGy a 200 cGy diário, reproduzida em 28 sessões nos campos interno e externo, e 25 aplicações no campo da fossa supra clavicular, totalizando cerca de 5040 cGy.

A6 – Planejamentos Radioterápicos Metástases Ósseas

Para o tratamento de neoplasias metastáticas ósseas, que acometem principalmente as colunas torácica e lombar, utilizam-se dois campos de tratamento: anterior e posterior. A dose diária empregada geralmente é a de 200 cGy, em 20 aplicações, totalizando 4000 cGy.

O paciente é posicionado em decúbito dorsal na mesa de simulação, sua cabeça deve estar apoiada confortavelmente em um suporte para cabeça e pescoço, seu corpo deve estar alinhado e seus pés são posicionados em um caixa de madeira, proporcionando melhor alinhamento e posicionamento. São realizadas imagens fluoroscópicas para determinação do volume alvo de tratamento; é realizada uma radiografia para documentação do exame e checagem do campo de tratamento.

Definidos os campos, são feitas marcações na pele do paciente, as quais servirão como referência no posicionamento diário para o tratamento.

A7 – Planejamentos Radioterápicos em Tumores de Próstata

Para o planejamento de tumores de próstata utilizam-se quatro campos de tratamento: laterais direito e esquerdo, anterior e posterior. As etapas do procedimento

são idênticas às etapas realizadas para o planejamento de tumores do colo do útero, já citadas anteriormente.

Conforme os protocolos clínicos, após a 25ª aplicação, é necessário encaminhar o paciente para uma consulta com o médico radioterapeuta, o qual realizará o replanejamento do tratamento, tendo em vista que existe a necessidade de diminuição do campo de tratamento, a fim de limitar estruturas importantes, como o reto e a bexiga, os quais possuem limitação de dose de 4500 cGy.

A8 – Planejamentos Radioterápicos em Tumores de Pulmão

Para o planejamento de neoplasias de pulmão, utilizam-se geralmente dois campos de tratamento: anterior e posterior. O paciente é posicionado em decúbito dorsal, confortavelmente com a cabeça apoiada em um suporte para tal, e os pés apoiados em uma caixa de madeira, proporcionando melhor alinhamento do corpo e melhor conforto ao paciente. O gantry é ajustado na posição de 0°, o centro do campo deve estar localizado no sítio da lesão, são realizadas escopias para visualização em tempo real da localização correta do volume alvo de tratamento. Após a definição do campo anterior, é realizada uma radiografia para verificação e documentação do planejamento radioterápico. Na radiografia são feitas marcações para colimação de estruturas que deverão ser poupadas.

São prescritas geralmente 25 sessões de tratamento, com dose diária de 200 cGy, totalizando cerca de 4500 cGy.

A9 – Planejamentos Radioterápicos em Tumores de Reto

Para a realização do planejamento radioterápico de tumores de reto geralmente o paciente é posicionado em decúbito ventral; utilizam-se três campos de irradiação, empregando-se a técnica isocêntrica.

Primeiramente o gantry é ajustado na angulação de 270° no campo lateral direito, e 0° no campo anterior, são realizadas imagens de fluoroscopia para definir os

limites de campo e o volume alvo de tratamento, após a definição dos campos, é realizada imagens radiográficas para documentação do exame.

A dose radioterapêutica empregada varia entre 4500cGy e 5040cGy com fracionamento de 180 cGy e 25 ou 28 sessões.

APÊNDICE B

Este apêndice apresenta todas as tabelas de resultados de cada caso clínico analisado.

B1 – Avaliação da dose de radiação absorvida em tumores de cabeça e pescoço

CASO nº	1	Região:	Cabeça e Pescoço		Nº de campos	3	Médico	3			
DADOS	N O M I N A L		M E D I Ç Ã O		SELECIONADO	DOSE ESTIMADA - VARIACÕES					
ESCOPIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo seg	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	99	1,93	2,00	20,15	0,17	120,40	100	3,10	12,55	0,61	0,62
2	98	1,92	1,00	9,79	0,16	58,75	100	3,10	6,06	0,59	0,62
TOTAL			3,00	29,94	0,17	179,15			18,61		
RADIOGRAFIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo ms	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	65	356,00		0,19	7,85	24,70	65	320,00	0,22	1,11	1,11
2	65	351,00		0,21	7,88	26,20	65	323,00	0,22	1,09	1,09

TOTAL DE DOSE RECEBIDA DO NO PLANEJAMENTO			
ESCOPIA	RADIOGRAFIA	TOTAL mGy	TOTAL cGy
18,61	0,44	19,05	1,90

Dose tratamento cGy	Dose planejamento cGy	%
4500	1,90	0,04

CASO nº	2	Região:	Cabeça e Pescoço	Nº de campos	3	Médico	3				
DADOS	NOMINAL		MEDIÇÃO	SELECIONADO	DOSE ESTIMADA - VARIAÇÕES						
ESCOPIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo seg	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	81	1,54	1,00	6,35	0,10	64,17	80	4,57	2,14	0,35	0,34
2	81	1,54	2,00	13,50	0,11	116,90	80	4,57	4,55	0,35	0,34
3	93	1,55	1,00	7,28	0,12	59,48	93	3,51	6,69		
TOTAL			4,00	27,13	0,11	240,55			13,38		
RADIOGRAFIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo ms	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	67	347,00		0,15	6,88	22,20	67	324,00	0,16	1,07	1,07
2	67	344,00		0,16	6,01	25,90	67	326,00	0,16	1,06	1,06
3	67	344,00		0,17	6,31	26,20	67	328,00	0,17	1,05	1,05

TOTAL DE DOSE RECEBIDA DO NO PLANEJAMENTO			
ESCOPIA	RADIOGRAFIA	TOTAL mGy	TOTAL cGy
13,38	0,502	13,88	1,39

Dose tratamento	Dose planejamento	%
cGy	cGy	
4500	1,39	0,031

CASO n°	3	Região:	Cabeça e Pescoço			N° de campos		3	Médico	3	
DADOS	N O M I N A L		M E D I Ç Ã O		S E L E C I O N A D O		D O S E E S T I M A D A - V A R I A Ç Õ E S				
ESCOPIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo seg	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	95	1,55	2,10	12,62	0,10	123,80	96	3,30	5,93	0,46	0,47
2	91	1,55	0,70	3,75	0,09	41,75	89	3,75	1,55	0,43	0,41
TOTAL			2,80	16,37	0,09	165,55			7,48		
RADIOGRAFIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo seg	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	65	353,00		0,22	7,35	30,40	65	330,00	0,24	1,07	1,07
2	65	353,00		0,23	7,58	29,70	65	333,00	0,24	1,06	1,06

TOTAL DE DOSE RECEBIDA DO NO PLANEJAMENTO			
ESCOPIA	RADIOGRAFIA	TOTAL mGy	TOTAL cGy
7,48	0,478	7,96	0,80

Dose tratamento cGy	Dose planejamento cGy	%
4500	0,80	0,018

CASO nº	4	Região:	Cabeça e Pescoço		Nº de campos	3	Médico	3			
DADOS	NOMINAL		MEDIÇÃO		SELECIONADO	DOSE ESTIMADA - VARIAÇÕES					
ESCOPIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo seg	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	77	1,54	1,20	5,85	0,08	70,70	77	4,89	1,84	0,31	0,31
TOTAL			1,20	5,85	0,08	70,70			1,84		
RADIOGRAFIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo ms	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	65	353,00		0,13	5,37	24,40	65	322,00	0,14	1,10	1,10

TOTAL DE DOSE RECEBIDA DO NO PLANEJAMENTO			
ESCOPIA	RADIOGRAFIA	TOTAL mGy	TOTAL cGy
1,84	0,144	1,99	0,20

Dose tratamento	Dose planejamento	%
cGy	cGy	
4500	0,20	0,004

CASO nº	5	Região:	Cabeça e Pescoço			Nº de campos		2	Médico	1	
DADOS	NOMINAL		MEDIÇÃO			SELECIONADO		DOSE ESTIMADA - VARIAÇÕES			
ESCOPIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo seg	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	81	1,54	1,80	8,82	0,08	103,70	80	4,57	2,97	0,35	0,34
TOTAL			1,80	8,82	0,08	103,70			2,97		
RADIOGRAFIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo ms	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	65	348,00		0,12	5,32	23,20	65	321,00	0,13	1,08	1,08

TOTAL DE DOSE RECEBIDA DO NO PLANEJAMENTO			
ESCOPIA	RADIOGRAFIA	TOTAL mGy	TOTAL cGy
2,97	0,134	3,11	0,31

Dose tratamento	Dose planejamento	%
cGy	cGy	
2000	0,31	0,02

CASO nº	6	Região:	Cabeça e Pescoço			Nº de campos		3	Médico	1	
DADOS	NOMINAL		MEDIÇÃO			SELECIONADO		DOSE ESTIMADA - VARIAÇÕES			
ESCOPIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo seg	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	76	5,00	1,00	3,68	0,06	60,21	76	1,54	11,95	3,25	3,25
2	76	5,00	0,50	1,60	0,06	53,51	76	1,54	5,19	3,25	3,25
3	71	5,00	0,90	2,85	0,05	53,51	72	1,53	9,31	3,18	3,27
TOTAL			2,40	8,13	0,06	167,23			11,95		
RADIOGRAFIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo ms	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	65	347,00		0,28	10,52	26,70	65	326,00	0,30	1,06	1,06
2	65	342,00		0,23	11,60	19,40	69	309,00	0,25	0,98	1,11

TOTAL DE DOSE RECEBIDA DO NO PLANEJAMENTO			
ESCOPIA	RADIOGRAFIA	TOTAL mGy	TOTAL cGy
11,95	0,299	12,25	1,23

Dose tratamento	Dose planejamento	%
cGy	cGy	
2000	1,23	0,06

[illegible]

CASO nº	8	Região:	Cabeça e Pescoço (Replan)			Nº de campos		2	Médico	3	
DADOS	N O M I N A L		M E D I Ç Ã O			S E L E C I O N A D O		D O S E E S T I M A D A - V A R I A Ç Õ E S			
ESCOPIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo seg	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	79	1,54	0,50	6,06	0,20	30,40	80	4,57	2,04	0,33	0,34
2	71	1,54	1,50	14,21	0,16	86,71	71	5,00	4,38	0,31	0,31
2			2,00	20,27	0,18	117,11			6,42		
RADIOGRAFIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo ms	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	65	349,00		0,29	10,82	26,70	65	337,00	0,30	1,04	1,04

TOTAL DE DOSE RECEBIDA DO NO PLANEJAMENTO			
ESCOPIA	RADIOGRAFIA	TOTAL mGy	TOTAL cGy
6,42	0,299	6,72	0,67

Dose tratamento	Dose planejamento	%
cGy	cGy	
6900	0,67	0,01

CASO n°		9	Região:		Cabeça e Pescoço (Replan)		N° de campos		2		Médico		1	
DADOS		N O M I N A L			M E D I Ç Ã O		SELECIONADO		DOSE ESTIMADA - VARIAÇÕES					
ESCOPIA														
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo seg	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂			
1	81	1,54	0,90	4,93	0,09	56,97	83	4,28	1,77	0,34	0,36			
TOTAL			0,90	4,93	0,09	56,97			1,77					
RADIOGRAFIA														
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo ms	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂			
1	68	335,00		0,11	5,87	18,70	68	313,00	0,12	1,07	1,07			

TOTAL DE DOSE RECEBIDA DO NO PLANEJAMENTO			
ESCOPIA	RADIOGRAFIA	TOTAL mGy	TOTAL cGy
1,77	0,117	1,89	0,19

Dose tratamento	Dose planejamento	%
cGy	cGy	
4500	0,19	0,004

CASO n°	10	Região:	Cabeça e Pescoço (Replan)			N° de campos		2	Médico	1	
DADOS	N O M I N A L		MEDIÇÃO			SELECIONADO		DOSE ESTIMADA - VARIAÇÕES			
ESCOPIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo seg	Kv	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	97	0,40	1,50	10,09	0,11	93,57	97	1,68	2,40	0,24	0,24
TOTAL			1,50	10,09	0,11	93,57			2,40		
RADIOGRAFIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo ms	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	70	331,00		0,22	12,73	17,40	70	328,00	0,23	1,01	1,01

TOTAL DE DOSE RECEBIDA DO NO PLANEJAMENTO			
ESCOPIA	RADIOGRAFIA	TOTAL mGy	TOTAL cGy
2,40	0,226	2,63	0,26

Dose tratamento	Dose planejamento	%
cGy	cGy	
4500	0,26	0,0058

B2 – Avaliação da dose de radiação absorvida em tumores cerebrais

CASO nº	1	Região:	Cerebral			Nº de campos		2	Médico	1	
DADOS	N O M I N A L		M E D I Ç Ã O			S E L E C I O N A D O		D O S E E S T I M A D A - V A R I A Ç Õ E S			
ESCOPIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo seg	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	94	1,68	1,90	22,94	0,20	113,70	93	3,51	10,98	0,49	0,48
2	91	1,70	0,30	3,33	0,20	16,18	93	3,51	1,61	0,46	0,48
3	94	1,70	0,40	4,97	0,20	24,22	93	3,51	2,41	0,49	0,48
TOTAL			2,60	31,24	0,20	154,10			15,00		
RADIOGRAFIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo ms	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	66	344,00		0,25	10,27	22,10	66	320,00	0,27	1,08	1,08

TOTAL DE DOSE RECEBIDA DO NO PLANEJAMENTO			
ESCOPIA	RADIOGRAFIA	TOTAL mGy	TOTAL cGy
15,00	0,27	15,27	1,53

Dose tratamento cGy	Dose planejamento cGy	%
6000	1,53	0,03

CASO nº	2	Região:	Cerebral		Nº de campos		2	Médico	1		
DADOS	N O M I N A L		MEDIÇÃO		SELECIONADO	DOSE ESTIMADA - VARIAÇÕES					
ESCOPIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo seg	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	97	1,89	1,80	18,90	0,17	110,30	96	3,30	10,82	0,58	0,57
TOTAL			1,80	18,90	0,17	110,30			10,82		
RADIOGRAFIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo ms	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	67	339,00		0,18	8,55	21,70	67	314,00	0,19	1,08	1,08

TOTAL DE DOSE RECEBIDA DO NO PLANEJAMENTO			
ESCOPIA	RADIOGRAFIA	TOTAL mGy	TOTAL cGy
10,82	0,19	11,02	1,10

Dose tratamento	Dose planejamento	%
cGy	cGy	
4000	1,10	0,03

CASO nº	3	Região:	Cerebral	Nº de campos	2	Médico	1				
DADOS	N O M I N A L		M E D I Ç Ã O	SELECIONADO	DOSE ESTIMADA - VARIAÇÕES						
ESCOPIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo seg	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	84	1,55	1,70	14,11	0,14	98,91	83	4,28	5,11	0,37	0,36
TOTAL			1,70	14,11	0,14	98,91			5,11		
RADIOGRAFIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo ms	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	67	337,00		0,15	5,89	24,90	67	323,00	0,15	1,04	1,04

TOTAL DE DOSE RECEBIDA DO NO PLANEJAMENTO			
ESCOPIA	RADIOGRAFIA	TOTAL mGy	TOTAL cGy
5,11	0,15	5,26	0,53

Dose tratamento		Dose planejamento		%
cGy		cGy		
4000		0,53		0,01

CASO nº	4	Região:	Cerebral			Nº de campos		2	Médico	1	
DADOS	N O M I N A L		MEDIÇÃO			SELECIONADO		DOSE ESTIMADA - VARIAÇÕES			
ESCOPIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo seg	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	89	1,55	1,50	8,40	0,90	91,78	89	3,75	3,47	0,41	0,41
TOTAL			1,50	8,40	0,90	91,78			3,47		
RADIOGRAFIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo ms	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	68	337,00		0,15	5,99	24,70	68	315,00	0,16	1,07	1,07

TOTAL DE DOSE RECEBIDA DO NO PLANEJAMENTO			
ESCOPIA	RADIOGRAFIA	TOTAL mGy	TOTAL cGy
3,47	0,16	3,63	0,36

Dose tratamento cGy	Dose planejamento cGy	%
4000	0,36	0,01

CASO nº	5	Região:	Cerebral	Nº de campos	2	Médico	1				
DADOS	NOMINAL		MEDICÃO	SELECIONADO	DOSE ESTIMADA - VARIAÇÕES						
ESCOPIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo seg	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	93	1,75	2,20	11,88	0,09	131,80	93	3,51	5,92	0,50	0,50
TOTAL			2,20	11,88	0,09	131,80			5,92		
RADIOGRAFIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo ms	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	65	354,00		0,17	5,48	31,40	65	327,00	0,19	1,08	1,08
2	65	354,00		0,16	5637,00	27,90	65	331,00	0,17	1,07	1,07

TOTAL DE DOSE RECEBIDA DO NO PLANEJAMENTO			
ESCOPIA	RADIOGRAFIA	TOTAL mGy	TOTAL cGy
5,92	0,35	6,28	0,63

Dose tratamento	Dose planejamento	%
cGy	cGy	
4000	0,63	0,02

B3 – Avaliação da dose de radiação absorvida em tumores de colo uterino

CASO nº	1	Região:	Colo de útero			Nº de campos	4	Médico	3		
DADOS	NOMINAL		MEDICÃO			SELECIONADO	DOSE ESTIMADA - VARIAÇÕES				
ESCOPIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo seg	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	113	2,90	1,30	15,53	0,21	73,25	113	2,45	18,38	1,18	1,18
2	125	4,10	1,50	19,52	0,21	82,22	125	2,09	38,29	1,96	1,96
3	121	3,70	0,10	1,67	0,21	7,81	121	2,20	2,81	1,68	1,68
4	121	3,70	0,20	1,64	0,21	7,94	121	2,20	2,76	1,68	1,68
TOTAL			3,10	38,36	0,21	171,22			62,24		
RADIOGRAFIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo ms	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
2	75	292,00		0,18	12,49	14,40	75	290,00	0,18	1,01	1,01

TOTAL DE DOSE RECEBIDA DO NO PLANEJAMENTO			
ESCOPIA	RADIOGRAFIA	TOTAL mGy	TOTAL cGy
62,24	0,18	62,43	6,24

Dose tratamento	Dose planejamento	%
cGy 4500	cGy 6,24	0,14

CASO nº	2	Região:	Colo de útero			Nº de campos	4	Médico	3		
DADOS	NOMINAL		MEDICÃO		SELECIONADO	DOSE ESTIMADA - VARIAÇÕES					
ESCOPIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo seg	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	124	3,96	1,60	19,76	0,21	5,97	125	2,09	37,44	1,86	1,89
2	125	4,10	1,10	14,19	0,21	37,96	125	2,09	27,84	1,96	1,96
TOTAL			2,70	33,95	0,21	43,93			65,28		
RADIOGRAFIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo ms	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	100	213,00		0,10	14,65	6,90	100	212,00	0,10	1,00	1,00
2	75	299,00		0,72	2,30	13,90	75	287,00	0,75	1,04	1,04

TOTAL DE DOSE RECEBIDA DO NO PLANEJAMENTO			
ESCOPIA	RADIOGRAFIA	TOTAL mGy	TOTAL cGy
65,28	0,85	66,13	6,61

Dose tratamento cGy	Dose planejamento cGy	%
4500	6,61	0,15

CASO nº	3	Região:	Colo de útero			Nº de campos		4	Médico	1	
DADOS	N O M I N A L			M E D I Ç Ã O		S E L E C I O N A D O		D O S E E S T I M A D A - V A R I A Ç Õ E S			
E S C O P I A											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo seg	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	112	3,51	1,60	9,28	0,10	95,11	111	2,59	12,57	1,38	1,36
2	125	4,10	0,30	1,55	0,10	6,92	125	2,09	3,04	1,96	1,96
TOTAL			1,90	10,83	0,10	102,03			15,62		
R A D I O G R A F I A											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo ms	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	75	282,00		0,08	6,36	12,70	75	282,00	0,08	1,00	1,00
2	10	210,00		0,05	8,11	6,20	100	213,00	0,05	0,01	0,99

TOTAL DE DOSE RECEBIDA DO NO PLANEJAMENTO			
ESCOPIA	RADIOGRAFIA	TOTAL mGy	TOTAL cGy
15,62	0,13	15,75	1,57

Dose tratamento cGy	Dose planejamento cGy	%
4500	1,57	0,03

CASO nº	4	Região:	Colo de útero			Nº de campos	4	Médico	1		
DADOS	N O M I N A L		M E D I Ç Ã O		SELECIONADO	DOSE ESTIMADA - VARIACÕES					
ESCOPIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo seg	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	115	4,10	0,70	4,04	0,10	31,31	125	2,09	7,92	1,66	1,96
TOTAL			0,70	4,04	0,10	31,31			7,92		
RADIOGRAFIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo ms	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	70	328,00		0,10	6,17	16,90	70	307,00	0,11	1,07	1,07
2	70	328,00		0,10	6,21	16,70	70	308,00	0,11	1,06	1,06

TOTAL DE DOSE RECEBIDA DO NO PLANEJAMENTO				Dose tratamento	Dose planejamento	%
ESCOPIA	RADIOGRAFIA	TOTAL mGy	TOTAL cGy	cGy	cGy	
7,92	0,22	8,14	0,81	4500	0,81	0,02

CASO nº	5	Região:	Colo de útero		Nº de campos	4	Médico	1			
DADOS	N O M I N A L		MEDICÃO	SELECIONADO	DOSE ESTIMADA - VARIAÇÕES						
ESCOPIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo seg	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	90	4,00	1,00	4,93	0,09	55,77	90	1,55	12,72	2,58	2,58
2	96	4,00	1,40	8,85	0,11	80,94	97	1,68	21,07	2,33	2,38
3	123	4,26	0,50	6,37	0,21	30,38	123	2,03	13,36	2,10	2,10
4	125	4,26	1,70	23,05	0,22	6,64	125	2,09	46,98	2,04	2,04
TOTAL			4,60	43,20	0,16	173,73			94,14		
RADIOGRAFIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo ms	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	67	333,00		0,24	11,25	16,90	67	324,00	0,25	1,03	1,03
2	95	224,00		0,12	15,15	16,70	95	230,00	0,12	0,97	0,97

TOTAL DE DOSE RECEBIDA DO NO PLANEJAMENTO			
ESCOPIA	RADIOGRAFIA	TOTAL mGy	TOTAL cGy
94,14	0,37	94,51	9,45

Dose tratamento	Dose planejamento	%
cGy	cGy	
4500	9,45	0,21

B4 – Avaliação da dose de radiação absorvida em linfoma

CASO nº	1	Região:	Linfoma			Nº de campos	2	Médico	3		
DADOS	N O M I N A L		M E D I Ç Ã O			SELECIONADO	DOSE ESTIMADA - VARIACÕES				
ESCOPIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose	Taxa	tempo	kV	mA	Dose estimada	D1/D2	mA ₁ /mA ₂
1	120	3,72	0,10	0,99	0,17	5,66	121	2,20	1,67	1,66	1,69
2	118	3,66	1,50	15,23	0,17	53,83	118	2,32	24,03	1,58	1,58
3	112	3,17	0,40	3,90	0,17	22,83	111	2,59	4,78	1,25	1,22
4	114	3,02	1,10	11,11	0,17	66,03	114	2,45	13,69	1,23	1,23
TOTAL			3,10	31,23	0,17	148,35			44,17		
RADIOGRAFIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose	Taxa	tempo	kV	mA	Dose estimada	D1/D2	mA ₁ /mA ₂
1	90	241,00		0,10	11,20	8,40	90	233,00	0,10	1,03	1,03

TOTAL DE DOSE RECEBIDA DO NO PLANEJAMENTO			
ESCOPIA	RADIOGRAFIA	TOTAL mGy	TOTAL cGy
44,17	0,10	44,27	4,43

Dose tratamento	Dose planejamento	%
cGy	cGy	
4000	4,43	0,11

CASO nº	2	Região:	Linfoma		Nº de campos		3	Médico	3		
DADOS	N O M I N A L			M E D I Ç Ã O		S E L E C I O N A D O		D O S E E S T I M A D A - V A R I A Ç Õ E S			
E S C O P I A											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo seg	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	100	2,08	2,40	13,78	0,09	144,40	100	3,10	9,25	0,67	0,67
2	99	1,99	0,40	1,84	0,10	18,52	100	3,10	1,18	0,63	0,64
TOTAL			2,80	15,62	0,10	162,92			10,43		
R A D I O G R A F I A											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo ms	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	65	346,00		0,13	5,45	24,20	65	324,00	0,14	1,07	1,07
2	65	347,00		0,13	5,40	24,20	65	324,00	0,14	1,07	1,07

TOTAL DE DOSE RECEBIDA DO NO PLANEJAMENTO			
ESCOPIA	RADIOGRAFIA	TOTAL mGy	TOTAL cGy
10,43	0,28	10,71	1,07

Dose tratamento cGy	Dose planejamento cGy	%
2000	1,07	0,05

CASO nº	3	Região:	Replanej Linfoma		Nº de campos	2	Médico	1			
DADOS	N O M I N A L		M E D I C Ã O		SELECIONADO	DOSE ESTIMADA - VARIAÇÕES					
ESCOPIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo seg	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	96	5,00	1,10	6,62	0,11	61,05	97	1,68	19,71	2,92	2,98
TOTAL			1,10	6,62	0,11	61,05			19,71		
RADIOGRAFIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo ms	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	68	335,00		0,24	11,71	20,20	68	321,00	0,25	1,04	1,04

TOTAL DE DOSE RECEBIDA DO NO PLANEJAMENTO			
ESCOPIA	RADIOGRAFIA	TOTAL mGy	TOTAL cGy
19,71	0,25	19,96	2,00

Dose tratamento cGy	Dose planejamento cGy	%
2000	2,00	0,10

B5 – Avaliação da dose de radiação absorvida em neoplasias mamárias

CASO nº	1	Região:	Mama		Nº de campos		4	Médico	2		
DADOS	N O M I N A L		MEDIÇÃO		SELECIONADO		DOSE ESTIMADA - VARIAÇÕES				
ESCOPIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo seg	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	104	2,24	0,60	4,55	0,13	35,72	103	2,91	3,50	0,78	0,77
2	104	2,96	0,40	2,58	0,13	19,95	103	2,91	2,62	1,04	1,02
3	102	2,12	0,10	1,28	0,13	9,68	103	2,91	0,93	0,71	0,73
4	102	2,13	0,60	4,55	0,13	35,72	103	2,91	3,33	0,72	0,73
5	98	2,07	0,10	0,35	0,15	2,41	100	3,10	0,24	0,64	0,67
6	68	1,53	0,20	1,01	0,08	11,76	68	5,00	0,31	0,31	0,31
7	71	1,53	0,30	1,88	0,09	20,65	71	5,00	0,58	0,31	0,31
8	71	1,54	0,20	1,05	0,09	11,46	71	5,00	0,32	0,31	0,31
9	83	1,55	0,10	0,32	0,14	2,34	83	4,28	0,12	0,36	0,36
10	86	1,55	0,20	1,30	0,12	10,63	86	4,00	0,50	0,39	0,39
11	102	2,06	0,40	3,16	0,12	24,90	103	2,91	2,24	0,69	0,71
12	67	1,53	0,10	0,60	0,08	7,46	67	5,00	0,18	0,31	0,31
13	73	1,53	0,20	0,20	0,11	1,75	73	5,00	0,06	0,31	0,31
14	103	1,98	0,20	1,46	0,10	13,83	103	2,91	0,99	0,68	0,68
15	77	1,53	0,10	0,47	0,10	6,61	77	4,89	0,15	0,31	0,31
TOTAL			3,80	24,75	0,11	214,87			16,07		
RADIOGRAFIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo ms	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	65	355,00		0,14	5,71	42,40	65	333,00	0,15	1,07	1,07

TOTAL DE DOSE RECEBIDA DO NO PLANEJAMENTO			
ESCOPIA	RADIOGRAFIA	TOTAL mGy	TOTAL cGy
16,07	0,15	16,22	1,62

Dose tratamento	Dose planejamento	%
cGy	cGy	
5040	1,62	0,03

CASO nº	2	Região:	Mama		Nº de campos		5	Médico	2		
DADOS	NOMINAL		MEDICÃO		SELECIONADO		DOSE ESTIMADA - VARIAÇÕES				
ESCOPIA											
Quantidade	kV	mA	TT	Dose	Taxa	tempo	kV	mA	Dose estimada	D1/D2	mA ₁ /mA ₂
			(min)	(mGy)	(mGy/s)	seg			(mGy)	(mGy)	
1	106	2,28	0,60	3,19	0,10	30,68	107	2,74	2,65	0,82	0,83
2	106	2,38	0,30	2,10	0,10	19,76	107	2,74	1,82	0,85	0,87
3	102	2,30	0,10	0,55	0,11	4,74	103	2,91	0,43	0,78	0,79
4	107	2,58	0,10	0,68	0,10	6,05	107	2,74	0,64	0,94	0,94
5	104	2,30	0,30	1,95	0,10	18,39	103	2,91	1,54	0,81	0,79
6	100	2,26	0,10	0,86	0,11	7,70	100	3,10	0,63	0,73	0,73
7	105	2,18	0,10	1,03	0,10	9,32	107	2,74	0,82	0,77	0,80
8	101	2,26	0,10	0,86	0,11	7,70	100	3,10	0,63	0,74	0,73
9	103	2,08	0,20	1,15	0,11	10,40	103	2,91	0,82	0,71	0,71
10	100	2,08	0,10	0,86	0,11	7,70	100	3,10	0,58	0,67	0,67
11	125	2,49	0,10	0,86	0,11	7,47	125	2,09	1,03	1,19	1,19
12	70	1,53	0,20	1,05	0,09	11,46	71	5,00	0,32	0,30	0,31
13	102	2,08	0,20	1,46	0,10	13,83	103	2,91	1,04	0,70	0,71
TOTAL			2,50	16,59	0,10	155,20			12,95		
RADIOGRAFIA											
Quantidade	kV	mA	TT	Dose	Taxa	tempo	Kv	mA	Dose estimada	D1/D2	mA ₁ /mA ₂
			(min)	(mGy)	(mGy/s)	ms			(mGy)	(mGy)	
1	67	342,00		0,15	6,23	23,40	67	331,00	0,15	1,03	1,03
2	67	351,00		0,15	5,86	25,20	65	341,00	0,15	1,09	1,03

TOTAL DE DOSE RECEBIDA DO NO PLANEJAMENTO			
ESCOPIA	RADIOGRAFIA	TOTAL mGy	TOTAL cGy
28,85	0,35	29,19	2,92

Dose tratamento	Dose planejamento	%
cGy	cGy	
5000	2,92	0,06

CASO nº	4	Região:	Mama	Nº de campos	2	Médico	3				
DADOS	NOMINAL		MEDIÇÃO	DOSE ESTIMADA - VARIAÇÕES							
ESCOPIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo seg	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	97	1,82	0,40	2,37	0,09	25,15	96	3,30	1,30	0,56	0,55
2	85	1,55	0,50	2,85	0,09	31,70	86	4,00	1,11	0,38	0,39
3	87	1,55	0,50	2,49	0,89	27,30	86	4,00	0,96	0,40	0,39
4	85	1,55	0,20	1,07	0,91	11,45	86	4,00	0,41	0,38	0,39
5	60	1,51	0,20	0,39	0,04	8,77	60	5,00	0,12	0,30	0,30
TOTAL			1,80	9,16	0,40	104,37			3,90		
RADIOGRAFIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo ms	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	60	334,00		0,16	4,29	37,10	60	334,00	0,16	1,00	1,00

CASO nº	6	Região:	Mama	Nº de campos	4	Médico	1				
DADOS	N O M I N A L		M E D I C Ã O	SELECIONADO	DOSE ESTIMADA - VARIACÕES						
ESCOPIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo seg	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	83	1,55	0,70	3,35	0,09	37,67	83	4,28	1,21	0,36	0,36
2	84	1,60	0,60	3,19	0,09	35,41	86	4,00	1,27	0,38	0,40
3	86	1,60	0,30	1,82	0,09	20,04	86	4,00	0,73	0,40	0,40
4	87	1,60	0,10	0,25	0,11	7,02	86	4,00	0,10	0,41	0,40
5	64	1,50	0,40	1,41	0,05	25,55	65	5,00	0,42	0,29	0,30
TOTAL			2,10	10,02	0,09	125,69			3,74		
RADIOGRAFIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo ms	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	68	335,00		0,12	5,99	19,70	68	320,00	0,12	1,05	1,05

TOTAL DE DOSE RECEBIDA DO NO PLANEJAMENTO			
ESCOPIA	RADIOGRAFIA	TOTAL mGy	TOTAL cGy
3,74	0,12	3,86	0,39

Dose tratamento	Dose planejamento	%
cGy	cGy	
4500	0,39	0,01

CASO nº	7	Região:	Mama	Nº de campos	1	Médico	3				
DADOS	N O M I N A L		MEDIÇÃO	SELECIONADO	DOSE ESTIMADA - VARIAÇÕES						
ESCOPIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo seg	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	100	1,93	0,60	7,12	0,20	34,38	100	3,10	4,43	0,62	0,62
2	89	1,55	0,30	3,21	0,20	15,68	89	3,75	1,33	0,41	0,41
3	91	1,55	0,30	4,26	0,20	20,61	93	3,51	1,88	0,42	0,44
TOTAL			1,20	14,58	0,20	70,67			7,64		
RADIOGRAFIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo ms	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1,00	65	349,00		0,24	10,38	22,90	65	339,00	0,25	1,03	1,03
2,00	65	350,00		0,25	10,38	23,90	65	341,00	0,26	1,03	1,03

TOTAL DE DOSE RECEBIDA DO NO PLANEJAMENTO			
ESCOPIA	RADIOGRAFIA	TOTAL mGy	TOTAL cGy
7,64	0,50	8,14	0,81

Dose tratamento	Dose planejamento	%
cGy	cGy	
5040	0,81	0,02

CASO nº	8	Região:	Mama		Nº de campos		1	Médico	1		
DADOS	N O M I N A L		M E D I Ç Ã O		SELECIONADO	DOSE ESTIMADA - VARIACÕES					
ESCOPIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo seg	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	83	1,55	0,20	1,44	0,12	12,14	83	4,28	0,52	0,36	0,36
2	113	2,68	0,60	4,03	0,12	32,42	111	2,59	4,17	1,07	1,03
3	111	2,69	0,10	0,45	0,10	4,02	111	2,59	0,46	1,04	1,04
4	106	2,76	0,10	0,98	0,10	9,53	107	2,74	0,99	0,99	1,01
TOTAL			1,00	6,90	0,11	58,11			6,14		
RADIOGRAFIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo ms	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	68	336,00		0,11	6,18	18,20	68	336,00	0,11	1,00	1,00

TOTAL DE DOSE RECEBIDA DO NO PLANEJAMENTO			
ESCOPIA	RADIOGRAFIA	TOTAL mGy	TOTAL cGy
6,14	0,11	6,25	0,63

Dose tratamento	Dose planejamento	%
cGy	cGy	
5040	0,63	0,01

CASO nº	9	Região:	Mama	Nº de campos	5	Médico	1				
DADOS	NOMINAL		MEDICÃO	DOSE ESTIMADA - VARIAÇÕES							
ESCOPIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo seg	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	96	5,00	0,40	2,68	0,11	24,44	97	1,68	7,97	2,92	2,98
2	91	5,00	0,10	0,82	0,10	8,17	92	1,62	2,52	3,02	3,09
3	94	5,00	0,10	0,41	0,11	3,60	94	1,67	1,24	2,99	2,99
4	94	5,00	0,30	1,41	0,10	13,45	94	1,67	4,22	2,99	2,99
TOTAL			0,90	5,32	0,11	49,66			15,95		
RADIOGRAFIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo ms	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	68	336,00		0,25	11,72	21,20	68	324,00	0,26	1,04	1,04
2	70	327,00		0,22	12,20	18,20	70	315,00	0,23	1,04	1,04

TOTAL DE DOSE RECEBIDA DO NO PLANEJAMENTO			
ESCOPIA	RADIOGRAFIA	TOTAL mGy	TOTAL cGy
15,95	0,49	16,44	1,64

Dose tratamento	Dose planejamento	%
cGy	cGy	
5040	1,64	0,03

CASO nº	10	Região:	Mama		Nº de campos		4	Médico	2		
DADOS	NOMINAL			MEDIÇÃO		SELECIONADO		DOSE ESTIMADA - VARIAÇÕES			
ESCOPIA											
Quantidade	kV	mA	TT	Dose	Taxa	tempo	Kv	mA	Dose estimada	D1/D2	mA ₁ /mA ₂
			(min)	(mGy)	(mGy/s)	seg			(mGy)	(mGy)	
1	61	1,51	0,40	2,38	0,10	23,99	61	5,00	0,72	0,30	0,30
2	69	1,53	0,10	0,89	0,14	6,28	69	5,00	0,27	0,31	0,31
3	93	1,66	0,30	3,06	0,19	15,78	93	3,51	1,45	0,47	0,47
4	91	1,66	0,10	1,67	0,20	8,51	89	3,75	0,74	0,46	0,44
5	90	1,68	0,20	1,89	0,19	9,68	89	3,75	0,84	0,46	0,45
6	94	1,71	0,20	3,01	0,19	15,54	93	3,51	1,47	0,50	0,49
TOTAL			1,30	12,89	0,17	79,77			5,49		
RADIOGRAFIA											
Quantidade	kV	mA	TT	Dose	Taxa	tempo	kV	mA	Dose estimada	D1/D2	mA ₁ /mA ₂
			(min)	(mGy)	(mGy/s)	ms			(mGy)	(mGy)	
1	65	353,00		0,25	9,62	26,40	65	350,00	0,26	1,01	1,01

TOTAL DE DOSE RECEBIDA DO NO PLANEJAMENTO			
ESCOPIA	RADIOGRAFIA	TOTAL mGy	TOTAL cGy
5,49	0,26	5,74	0,57

Dose tratamento	Dose planejamento	%
cGy	cGy	
4500	0,57	0,01

B6 – Avaliação da dose de radiação absorvida em metástases ósseas

CASO nº	1	Região:	Coluna (Metástase óssea)	Nº de campos	2	Médico	2				
DADOS	N O M I N A L		M E D I Ç Ã O	SELECIONADO	DOSE ESTIMADA - VARIAÇÕES						
ESCOPIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo seg	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	114	2,63	1,90	19,42	0,17	111,60	114	2,45	20,85	1,07	1,07
2	118	3,65	0,70	7,27	0,17	42,00	118	2,32	11,44	1,57	1,57
3	117	2,96	0,50	4,54	0,17	26,04	118	2,32	5,79	1,25	1,28
4	107	2,42	0,50	5,63	0,17	32,57	107	2,74	38,08		
TOTAL			3,60	36,86	0,17	212,21					
RADIOGRAFIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo ms	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	65	336,00		0,18	8,07	22,70	65	331,00	0,19	1,02	1,02
2	65	340,00		0,20	8,05	24,40	65	332,00	0,20	1,02	1,02

TOTAL DE DOSE RECEBIDA DO NO PLANEJAMENTO			
ESCOPIA	RADIOGRAFIA	TOTAL mGy	TOTAL cGy
38,08	0,39	38,47	3,85

Dose tratamento	Dose planejamento	%
cGy	cGy	
4000	3,85	0,10

CASO n°	2	Região:		Coluna (Metástase óssea)		N° de campos		2	Médico	3
DADOS	N O M I N A L			MEDIÇÃO		SELECIONADO		DOSE ESTIMADA - VARIAÇÕES		
ESCOPIA	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo seg	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 mA ₁ /mA ₂
ESCOPIA										
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo seg	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 mA ₁ /mA ₂
1	125	4,10	1,20	11,85	0,17	48,46	125	2,09	23,25	1,96
TOTAL			1,20	11,85	0,17	48,46			23,25	
RADIOGRAFIA										
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo ms	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 mA ₁ /mA ₂
1	68	330,00		0,17	8,70	19,90	68	314,00	0,18	1,05

TOTAL DE DOSE RECEBIDA DO NO PLANEJAMENTO		
ESCOPIA	RADIOGRAFIA	TOTAL mGy
23,25	0,18	23,43
		TOTAL cGy
		2,34

Dose tratamento	Dose planejamento	%
cGy	cGy	
3000	2,34	0,08

CASO nº	3	Região:	Metástase óssea			Nº de campos		2	Médico	3	
DADOS	N O M I N A L		MEDIÇÃO			SELECIONADO		DOSE ESTIMADA - VARIAÇÕES			
ESCOPIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo seg	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	108	5,00	1,20	10,43	0,14	72,84	109	1,77	29,46	2,77	2,82
TOTAL			1,20	10,43	0,14	72,84			29,46		
RADIOGRAFIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo ms	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	68	324,00		0,24	11,35	20,70	68	310,00	0,25	1,05	1,05

TOTAL DE DOSE RECEBIDA DO NO PLANEJAMENTO			
ESCOPIA	RADIOGRAFIA	TOTAL mGy	TOTAL cGy
29,46	0,25	29,71	2,97

Dose tratamento	Dose planejamento	%
cGy	cGy	
4000	2,97	0,07

B7 – Avaliação da dose de radiação absorvida em tumores de próstata

CASO nº	1	Região:	Próstata	Nº de campos	4	Médico	3				
DADOS	N O M I N A L		MEDIÇÃO	SELECIONADO	DOSE ESTIMADA - VARIAÇÕES						
ESCOPIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo seg	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	114	3,04	0,30	3,38	0,21	15,78	114	2,45	4,19	1,24	1,24
2	116	3,01	0,70	8,89	0,21	42,01	114	2,45	10,92	1,27	1,23
3	125	4,10	0,40	4,94	0,21	23,06	125	2,09	9,69	1,96	1,96
4	116	3,18	0,70	8,89	0,21	42,01	114	2,45	11,53	1,34	1,30
TOTAL			2,10	26,09	0,21	122,86			36,33		
RADIOGRAFIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo ms	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	75	293,00		0,18	12,83	13,90	75	297,00	0,18	0,99	0,99
2	100	220,00		0,10	15,15	6,70	100	224,00	0,10	0,98	0,98

TOTAL DE DOSE RECEBIDA DO NO PLANEJAMENTO			
ESCOPIA	RADIOGRAFIA	TOTAL mGy	TOTAL cGy
36,33	0,28	36,61	3,66

Dose tratamento	Dose planejamento	%
cGy	cGy	
5000	3,66	0,07

CASO nº	2	Região:	Próstata	Nº de campos	4	Médico	1				
DADOS	N O M I N A L		MEDIÇÃO	SELECIONADO	DOSE ESTIMADA - VARIAÇÕES						
ESCOPIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo seg	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	125	4,10	0,10	1,19	0,21	5,45	125	2,09	2,33	1,96	1,96
2	125	4,10	0,20	2,46	0,22	2,39	125	2,09	4,83	1,96	1,96
TOTAL			0,30	3,65	0,21	7,84			7,16		
RADIOGRAFIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo ms	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	100	218,00		0,10	14,92	6,70	100	226,00	0,10	0,96	0,96
2	75	288,00		0,18	12,97	13,70	75	302,00	0,17	0,95	0,95

TOTAL DE DOSE RECEBIDA DO NO PLANEJAMENTO			
ESCOPIA	RADIOGRAFIA	TOTAL mGy	TOTAL cGy
7,16	0,27	7,43	0,74

Dose tratamento	Dose planejamento	%
cGy	cGy	
5000	0,74	0,015

CASO nº	3	Região:	Próstata	Nº de campos	4	Médico	1				
DADOS	N O M I N A L		M E D I Ç Ã O	S E L E C I O N A D O							
E S C O P I A											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo seg	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	124	4,10	0,20	2,42	0,21	11,29	125	2,09	4,75	1,93	1,96
2	122	3,80	0,30	3,53	0,21	2,49	125	2,09	6,42	1,73	1,82
3	115	3,40	0,20	2,40	0,21	11,07	114	2,45	3,33	1,41	1,39
4	125	4,10	0,40	5,57	0,21	26,14	125	2,09	10,92	1,96	1,96
TOTAL			1,10	13,91	0,21	50,99			25,41		
R A D I O G R A F I A											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo ms	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	100	209,00		0,10	14,93	6,90	100	224,00	0,10	0,93	0,93
2	75	280,00		0,17	12,83	13,20	75	299,00	0,16	0,94	0,94

TOTAL DE DOSE RECEBIDA DO NO PLANEJAMENTO			
ESCOPIA	RADIOGRAFIA	TOTAL mGy	TOTAL cGy
25,41	0,26	25,67	2,57

Dose tratamento	Dose planejamento	%
cGy	cGy	
4500	2,57	0,06

CASO nº	4	Região:	Próstata	Nº de campos	4	Médico	1				
DADOS	NOMINAL		MEDIÇÃO	SELECIONADO				DOSE ESTIMADA - VARIAÇÕES			
ESCOPIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo seg	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	125	4,10	0,30	4,54	0,21	16,45	125	2,09	8,90	1,96	1,96
2	116	2,85	0,60	7,28	0,21	34,29	114	2,45	8,47	1,20	1,16
TOTAL			0,90	11,82	0,21	50,74			17,36		
RADIOGRAFIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo ms	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	85	240,00		0,15	14,74	9,90	85	266,00	0,13	0,90	0,90
2	65	343,00		0,27	10,70	25,20	65	349,00	0,27	0,98	0,98

TOTAL DE DOSE RECEBIDA DO NO PLANEJAMENTO			
ESCOPIA	RADIOGRAFIA	TOTAL mGy	TOTAL cGy
17,36	0,40	17,76	1,78

Dose tratamento	Dose planejamento	%
cGy	cGy	
4500	1,78	0,039

CASO nº	5	Região:	Próstata	Nº de campos	4	Médico	1				
DADOS	N O M I N A L		MEDIÇÃO	SELECIONADO	DOSE ESTIMADA - VARIAÇÕES						
ESCOPIA											
ESCOPIA	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo seg	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	110	2,65	0,20	2,51	0,16	15,10	111	2,59	2,57	1,00	1,02
2	125	4,10	0,30	2,69	0,16	18,01	125	2,09	5,27	1,96	1,96
TOTAL			0,50	5,20	0,16	33,11			7,84		
RADIOGRAFIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo ms	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	95	236,00		0,08	12,05	6,90	95	244,00	0,08	0,97	0,97
2	70	319,00		0,14	0,10	15,40	70	331,00	0,14	0,96	0,96

TOTAL DE DOSE RECEBIDA DO NO PLANEJAMENTO			
ESCOPIA	RADIOGRAFIA	TOTAL mGy	TOTAL cGy
7,84	0,22	8,06	0,81

Dose tratamento	Dose planejamento	%
cGy	cGy	
4500	0,81	0,018

CASO n°	6	Região:	Próstata	Nº de campos		4	Médico	1			
DADOS	N O M I N A L		MEDICÃO	DOSE ESTIMADA - VARIACÕES							
ESCOPIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo seg	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	102	2,52	0,10	1,38	0,17	8,11	103	2,91	1,19	0,85	0,87
2	113	2,74	0,60	5,02	0,16	31,12	114	2,45	5,61	1,10	1,12
3	125	4,10	0,50	5,16	0,16	31,81	125	2,09	6,81		
TOTAL			1,20	11,56	0,16	71,04			13,61		
RADIOGRAFIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo ms	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	73	310,00		0,13	9,29	13,70	73	306,00	0,13	1,01	1,01
2	95	232,00		0,07	11,09	6,70	95	235,00	0,07	0,99	0,99

TOTAL DE DOSE RECEBIDA DO NO PLANEJAMENTO			
ESCOPIA	RADIOGRAFIA	TOTAL mGy	TOTAL cGy
13,61	0,20	13,82	1,38

Dose tratamento	Dose planejamento	%
cGy	cGy	
4500	1,38	0,03

CASO nº	7	Região:	Próstata		Nº de campos	4	Médico	1			
DADOS	N O M I N A L		M E D I Ç Ã O		SELECIONADO	DOSE ESTIMADA - VARIAÇÕES					
ESCOPIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo seg	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	121	4,26	0,70	7,85	0,20	39,46	121	1,98	16,89	2,15	2,15
2	123	4,26	0,50	6,65	0,21	18,81	123	2,03	13,96	2,10	2,10
TOTAL			1,20	14,51	0,20	58,27			30,86		
RADIOGRAFIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo ms	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	100	210,00		0,12	15,68	7,40	100	216,00	0,11	0,97	0,97
2	75	277,00		0,19	13,04	14,20	75	291,00	0,18	0,95	0,95

TOTAL DE DOSE RECEBIDA DO NO PLANEJAMENTO			
ESCOPIA	RADIOGRAFIA	TOTAL mGy	TOTAL cGy
30,86	0,29	31,15	3,11

Dose tratamento	Dose planejamento	%
cGy	cGy	
4500	3,11	0,07

CASO nº	8	Região:	Próstata	Nº de campos	4	Médico	3				
DADOS	NOMINAL		MEDIÇÃO	SELECIONADO	DOSE ESTIMADA - VARIAÇÕES						
ESCOPIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo seg	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	119	1,86	1,00	10,83	0,18	58,58	119	1,94	10,38	0,96	0,96
2	125	3,95	1,10	13,89	0,22	25,96	125	2,09	26,25	1,89	1,89
TOTAL			2,10	24,72	0,20	84,54			36,63		
RADIOGRAFIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo ms	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	100	219,00		0,12	15,43	7,40	100	213,00	0,12	1,03	1,03
2	75	297,00		0,19	12,92	12,92	75	286,00	0,20	1,04	1,04

TOTAL DE DOSE RECEBIDA DO NO PLANEJAMENTO			
ESCOPIA	RADIOGRAFIA	TOTAL mGy	TOTAL cGy
36,63	0,32	36,95	3,70

Dose tratamento	Dose planejamento	%
cGy	cGy	
4500	3,70	0,08

CASO nº	9	Região:	Próstata	Nº de campos		4	Médico	1			
DADOS	NOMINAL		MEDIÇÃO	SELECIONADO				DOSE ESTIMADA - VARIAÇÕES			
ESCOPIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo seg	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	112	5,00	0,40	1,99	0,09	21,94	111	1,80	5,52	2,83	2,78
2	110	4,93	0,40	3,34	0,14	22,82	109	1,77	9,30	2,84	2,79
3	123	4,26	0,20	2,73	0,21	1,41	123	2,03	5,74	2,10	2,10
TOTAL			1,00	8,06	0,15	46,17			20,56		
RADIOGRAFIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo ms	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	100	217,00		0,11	15,75	6,90	100	220,00	0,11	0,99	0,99
2	75	290,00		0,18	13,11	7,50	75	75,00	0,70	3,87	3,87

TOTAL DE DOSE RECEBIDA DO NO PLANEJAMENTO			
ESCOPIA	RADIOGRAFIA	TOTAL mGy	TOTAL cGy
20,56	0,80	21,37	2,14

Dose tratamento cGy	Dose planejamento cGy	%
4500	2,14	0,05

CASO nº	10	Região:	Próstata	Nº de campos	4	Médico	3				
DADOS	N O M I N A L		MEDIÇÃO	SELECIONADO	DOSE ESTIMADA - VARIAÇÕES						
ESCOPIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo seg	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	123	4,26	0,30	3,34	0,21	13,33	123	2,03	7,02	2,10	2,10
2	123	4,26	1,20	14,35	0,20	68,22	123	2,03	30,11	2,10	2,10
3	123	4,26	0,40	5,19	0,20	5,41	123	2,03	10,89	2,10	2,10
TOTAL			1,90	22,88	0,21	86,96			48,02		
RADIOGRAFIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo ms	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	100	206,00		0,12	15,91	7,20	100	216,00	0,11	0,95	0,95
2	75	277,00		0,19	12,92	14,40	75	289,00	0,18	0,96	0,96

TOTAL DE DOSE RECEBIDA DO NO PLANEJAMENTO		
ESCOPIA	RADIOGRAFIA	TOTAL mGy
48,02	0,29	48,31
		TOTAL cGy
		4,83

Dose tratamento	Dose planejamento	%
cGy	cGy	
4500	4,83	0,11

CASO nº	11	Região:	Próstata	Nº de campos		4	Médico	3			
DADOS	NOMINAL		MEDIÇÃO	SELECIONADO		DOSE ESTIMADA - VARIAÇÕES					
ESCOPIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo seg	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	99	5,00	0,60	4,54	0,12	38,53	99	1,69	13,42	2,96	2,96
2	98	5,00	0,10	0,94	0,12	7,63	99	1,69	2,77	2,90	2,96
3	100	5,00	0,60	3,50	0,11	30,10	99	1,69	10,35	3,02	2,96
4	98	5,00	0,30	2,66	0,11	22,78	99	1,69	7,88	2,90	2,96
TOTAL			1,60	11,64	0,12	99,04			34,43		
RADIOGRAFIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo ms	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	70	308,00		0,22	12,18	17,90	70	314,00	0,21	0,98	0,98
2	100	210,00		0,12	16,00	6,90	100	220,00	0,11	0,95	0,95

TOTAL DE DOSE RECEBIDA DO NO PLANEJAMENTO			
ESCOPIA	RADIOGRAFIA	TOTAL mGy	TOTAL cGy
34,43	0,33	34,76	3,48

Dose tratamento	Dose planejamento	%
cGy	cGy	
4500	3,48	0,08

CASO nº	12	Região:	Próstata - Replanejamento				Nº de campos		4		Médico	3
DADOS	NOMINAL		MEDIÇÃO				SELECIONADO		DOSE ESTIMADA - VARIAÇÕES			
ESCOPIA												
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo seg	kV	mA	Dose estimada (mGy)		D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	109	2,42	0,50	5,04	0,13	29,10	111	2,59	4,71		0,90	0,93
2	110	2,44	0,40	3,77	0,16	23,66	111	2,59	3,55		0,93	0,94
3	125	4,10	0,20	2,87	0,16	0,16	125	2,09	5,63		1,96	1,96
TOTAL			1,10	11,68	0,15	52,92			13,89			
RADIOGRAFIA												
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo ms	kV	mA	Dose estimada (mGy)		D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00		0,00	0,00

TOTAL DE DOSE RECEBIDA DO NO PLANEJAMENTO			
ESCOPIA	RADIOGRAFIA	TOTAL mGy	TOTAL cGy
13,89	0,00	13,89	1,39

B

Dose tratamento	Dose planejamento	%
cGy	cGy	
4500	1,39	0,031

B8 – Avaliação da dose de radiação absorvida em tumores de pulmão

CASO nº	1	Região:	Pulmão		Nº de campos	2	Médico	3			
DADOS	N O M I N A L		M E D I Ç Ã O		SELECIONADO	DOSE ESTIMADA - VARIAÇÕES					
ESCOPIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo seg	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	112	2,69	1,20	7,02	0,10	69,77	111	2,59	7,29	1,06	1,04
TOTAL			1,20	7,02	0,10	69,77			7,29		
RADIOGRAFIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo ms	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	68	330,00		0,12	5,94	19,40	68	317,00	0,12	1,04	1,04

TOTAL DE DOSE RECEBIDA DO NO PLANEJAMENTO			
ESCOPIA	RADIOGRAFIA	TOTAL mGy	TOTAL cGy
7,29	0,12	7,41	0,74

Dose tratamento	Dose planejamento	%
cGy	cGy	
4000	0,74	0,019

B9 – Avaliação da dose de radiação absorvida em tumores de reto

CASO nº	1	Região:	Reto		Nº de campos		4	Médico	3		
DADOS	N O M I N A L		M E D I Ç Ã O		S E L E C I O N A D O		D O S E E S T I M A D A - V A R I A Ç Õ E S				
ESCOPIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo seg	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	121	4,31	1,10	13,48	0,19	68,53	121	1,98	29,34	2,18	2,18
2	123	4,26	1,00	12,33	0,20	59,98	123	2,03	25,87	2,10	2,10
3	123	4,26	0,70	8,42	0,21	40,61	123	2,03	17,67	2,10	2,10
TOTAL			2,80	34,23	0,20	169,12			29,34		
RADIOGRAFIA											
Quantidade	kV	mA	TT (min)	Dose (mGy)	Taxa (mGy/s)	tempo ms	kV	mA	Dose estimada (mGy)	D1/D2 (mGy)	mA ₁ /mA ₂
1	75	290,00		0,18	12,76	14,40	75	286,00	0,19	1,01	1,01
2	95	219,00		0,12	15,27	7,70	95	227,00	0,11	0,96	0,96

TOTAL DE DOSE RECEBIDA DO NO PLANEJAMENTO		
ESCOPIA	RADIOGRAFIA	TOTAL mGy
29,34	0,30	29,64
		TOTAL cGy
		2,96

Dose tratamento	Dose planejamento	%
cGy	cGy	
4000	2,96	0,07