

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
Mestrado Profissional em Tecnologia das Radiações em Ciências da Saúde

**Desenvolvimento de um Procedimento Operacional Padrão para radioterapia
de mama esquerda com técnica de Inspiração Profunda com Suspensão da
Respiração**

FRANCIELE CARDOSO DE VARGAS

**Dissertação apresentada como parte dos
requisitos para obtenção do Grau de Mestre
Profissional em Tecnologia das Radiações
em Ciências da Saúde na Área de
Concentração Processos de Radiação na
Saúde.**

Prof. Orientador: Orlando Rodrigues Jr

**São Paulo
2025**

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
Mestrado Profissional em Tecnologia das Radiações em Ciências da Saúde

**Desenvolvimento de um Procedimento Operacional Padrão para radioterapia
de mama esquerda com técnica de Inspiração Profunda com Suspensão da
Respiração**

FRANCIELE CARDOSO DE VARGAS

**Dissertação apresentada como parte dos
requisitos para obtenção do Grau de Mestre
Profissional em Tecnologia das Radiações
em Ciências da Saúde na Área de
Concentração Processos de Radiação na
Saúde.**

Prof. Orientador: Dr. Orlando Rodrigues Jr

**São Paulo
2025**

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Como citar:

VARGAS, Franciele Cardoso de. **Desenvolvimento de um Procedimento Operacional Padrão para radioterapia de mama esquerda com técnica de Inspiração Profunda com Suspensão da Respiração**. 2025. 86 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Tecnologia das Radiações em Ciências da Saúde) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN – CNEN-SP. São Paulo. Disponível em: <http://repositorio.ipen.br/>. Acesso em: (data de consulta no formato: dd/mm/aaa)

Vargas, Franciele Cardoso de.

Desenvolvimento de um Procedimento Operacional Padrão para radioterapia de mama esquerda com técnica de Inspiração Profunda com Suspensão da Respiração / Franciele Cardoso de Vargas; orientador Orlando Rodrigues Junior. -- São Paulo, 2025. 86 f.

Dissertação (Mestrado Profissional) - Programa de Pós-Graduação em Tecnologia das Radiações em Ciências da Saúde (Processos de Radiação na Saúde) -- Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN-CNEN, São Paulo, 2025.

1. Radioterapia. 2. Câncer de mama. 3. Suspensão da respiração. 4. Padronização. I. Rodrigues Junior, Orlando, orient. II. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (Brasil). III. Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Autor: Franciele Cardoso de Vargas

Título: Desenvolvimento de um Procedimento Operacional Padrão para radioterapia de mama esquerda com técnica de Inspiração Profunda com Suspensão da Respiração

Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação Mestrado Profissional em Tecnologia das Radiações em Ciências da Saúde do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares para obtenção do título de Mestre em Tecnologia das Radiações em Ciências da Saúde.

Data: 10 de novembro de 2025.

Banca Examinadora

Prof. Dr. Orlando Rodrigues Junior
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
(Orientador)

Dra. Daniela Piai Groppo
Hospital Vila Nova Star – Rede D’or

Dr. Douglas Guedes de Castro
Associação Beneficente Síria – Hcor

Dedico este trabalho a todos os pacientes
oncológicos. Vocês nos ensinam a agradecer
mais e pedir menos.

AGRADECIMENTOS

A realização desse trabalho só foi possível graças ao apoio de pessoas verdadeiramente especiais, a quem sou extremamente grata.

Agradeço ao professor Orlando, pela orientação, confiança e paciência. Sua contribuição tornou esta pesquisa mais sólida e muito significativa.

Aos professores e colegas do Mestrado Profissional em Tecnologia das Radiações em Ciências da Saúde, por compartilharem conhecimentos, experiências e risadas durante esses dois anos.

À equipe de Radioterapia do Hospital Vila Nova Star, por me acolherem e me ensinarem todos os dias – especialmente aos físicos Daniela, Gabriela e Pedro.

À minha família, por estarem sempre ao meu lado, mesmo estando longe.

E aos meus amigos, que estão espalhados por quase todos os cantos deste país, mas que sempre dão um jeito de nos encontrarmos e darmos boas risadas juntos.

RESUMO

VARGAS, Franciele Cardoso de. **Desenvolvimento de um Procedimento Operacional Padrão para radioterapia de mama esquerda com técnica de Inspiração Profunda com Suspensão da Respiração**. 2025. 86 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Tecnologia das Radiações em Ciências da Saúde) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN – CNEN-SP. São Paulo.

A radioterapia desempenha um papel fundamental no tratamento do câncer de mama, sendo essencial o planejamento preciso da dose de radiação administrada ao paciente. Em tratamentos de câncer de mama esquerda existe um risco maior de exposição cardíaca. A técnica de Inspiração Profunda com Suspensão da Respiração (DIBH) é usada para mitigar a dose de radiação que chega ao coração. Nesse contexto, o objetivo do estudo foi a elaboração de um Procedimento Operacional Padrão (POP) para a radioterapia da mama esquerda utilizando a técnica DIBH, com foco na padronização do processo, na segurança do paciente e na reprodutibilidade do tratamento. O desenvolvimento do POP ocorreu a partir da observação participante da rotina clínica de um serviço de radioterapia, baseado em recomendações internacionais e nos princípios de documentação da gestão da qualidade nacionais. O documento descreve as etapas de seleção de pacientes, simulação, planejamento e tratamento, incluindo *checklists* operacionais para auxiliar a equipe técnica. Foi estruturado um plano de monitoramento da implantação do POP, contemplando indicadores de adesão e desempenho, com o intuito de garantir sua aplicação consistente e sustentável na prática clínica. A experiência obtida durante a validação do protocolo demonstrou viabilidade de aplicação na rotina clínica, existindo potencial para se tornar um modelo de referência para outros serviços de radioterapia no país.

Palavras-chave: Radioterapia; Câncer de mama; Suspensão da respiração; Padronização

ABSTRACT

VARGAS, Franciele Cardoso de. **Development of a Standard Operating Procedure for left breast radiotherapy using the Deep Inspiration Breath-Hold technique.** 2025. 86 p. Dissertation (Professional Master's in Radiation Technology in Health Science) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN – CNEN-SP. São Paulo.

Radiotherapy plays a fundamental role in the treatment of breast cancer, and the precise planning of the radiation dose delivered to the patient is essential. In treatments for left-sided breast cancer, there is a higher risk of cardiac exposure. The Deep Inspiration Breath-Hold (DIBH) technique is used to mitigate the radiation dose received by the heart. In this context, the objective of this study was to develop a Standard Operating Procedure (SOP) for the left-sided breast radiotherapy using the DIBH technique, with a focus on process standardization, patient safety, and treatment reproducibility. The SOP development was based on participant observation of the clinical routine in a radiotherapy department, aligned with international recommendations and national quality management documentation principles. The document describes the steps of patient selection, simulation, planning, and treatment, including operational checklists to assist the technical team. A monitoring plan for the implementation of the SOP was established, incorporating adherence and performance indicators to ensure its consistent and sustainable application in clinical practice. The experience obtained during protocol validation demonstrated its feasibility for routine clinical use and its potential to serve as a reference model for other radiotherapy services in the country.

Keywords: Radiotherapy; Breast cancer; Breath holding; Standardization.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Anatomia da mama feminina	20
Figura 2 – Subtipos histológicos lobular e ductal	21
Figura 3 – Marcas de posicionamento	25
Figura 4 – Volumes de tratamento e OAR	27
Figura 5 – Técnica de FB <i>versus</i> DIBH	32
Figura 6 – Etapas metodológicas da pesquisa	40
Figura 7 – Mapa do processo	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAPM	Associação Americana de Físicos Médicos
ABC	<i>Active Breathing Coordinator</i>
AJCC	<i>American Joint Commission on Cancer</i>
BRCA1	Gene supressor de tumor
BRCA2	Gene supressor de tumor
CBCT	<i>Cone Beam Computed Tomography</i>
CTV	<i>Clinical Target Volume</i>
DAP	Distância Ântero-Posterior
DIBH	<i>Deep Inspiration Breath-Hold</i>
DVH	Histograma de Dose-Volume
FB	<i>Free Breathing</i>
FOV	<i>Field of View</i>
ESTRO	<i>European Society for Radiotherapy and Oncology</i>
GTV	<i>Gross Tumor Volume</i>
Gy	<i>Gray</i>
FMEA	<i>Failure Mode and Effects Analysis</i>
HER2	Receptor Tipo 2 do Fator de Crescimento Epidérmico Humano
IAEA	<i>International Atomic Energy Agency</i>
ICRP	<i>International Commission on Radiological Protection</i>
ICRU	<i>International Commission on Radiation Units and Measurements</i>
IGRT	Radioterapia Guiada por Imagem
IMC	Índice de Massa Corporal
IMRT	Radioterapia de Intensidade Modulada
INCA	Instituto Nacional do Câncer
ITV	<i>Internal Target Volume</i>
IV	<i>Irradiated Volume</i>
LAD	Artéria coronária descendente anterior esquerda
OAR	<i>Organs at Risk</i>
OMS	Organização Mundial da Saúde
OPAS	Organização Pan-Americana de Saúde
POP	Procedimento Operacional Padrão

PRV	<i>Planning Organ at Risk Volume</i>
PTV	<i>Planning Target Volume</i>
Rapidplan®	Software proprietário da Varian Medical Systems (Palo Alto, CA, EUA)
RCA	Artéria coronária direita
RE	Receptor de Estrogênio
RGSC	<i>Respiratory Gating for Scanners</i>
RP	Receptor de Progesterona
RPM	<i>Real Time Position Management</i>
RTOG	<i>Radiation Therapy Oncology Group</i>
SNVS	Sistema Nacional de Vigilância Sanitária
TC	Tomografia Computadorizada
TG-100	Grupo de Tarefas-100
TNM	Sistema internacional de classificação de tumores malignos
TP0	Ponto inicial do planejamento do tratamento
TV	<i>Treated Volume</i>
V20	Volume do órgão que recebe 20 Gy
VMAT	Arcoterapia Volumétrica Modulada

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	17
3 REVISÃO DE LITERATURA	18
3.1 Câncer	18
3.2 Câncer de mama	19
3.2.1 Anatomia da mama	19
3.2.2 Estadiamento do câncer de mama	21
3.2.3 Tratamento do câncer de mama	21
3.3 Radioterapia	22
3.3.1 Simulação do tratamento de mama	24
3.3.2 Definição dos contornos	26
3.4 Efeitos adversos da radioterapia	27
3.5 <i>Deep Inspiration Breath-Hold</i> na radioterapia da mama esquerda	30
3.6 Qualidade em serviços de saúde	35
4 METODOLOGIA	38
4.1 Pesquisa bibliográfica	38
4.2 Observação participante	38
4.3 Grupo de trabalho	39
4.4 Etapas da pesquisa	40
4.5 Elaboração do POP	41
4.6 Validação do POP	41
5 RESULTADOS	43
5.1 Processo de elaboração	45
5.2 Apresentação do POP	46
5.2.1 Objetivo	46
5.2.2 Abrangência	46
5.2.3 Elementos pré-procedimento	47
5.2.4 Procedimento	47
5.3 Plano de monitoramento da implantação do POP	48
6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	49
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	52

REFERÊNCIAS	55
APÊNDICES	60
APÊNDICE A – PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO	61
APÊNDICE B – <i>CHECKLIST</i> DE SIMULAÇÃO	83
APÊNDICE C – <i>CHECKLIST</i> DE TRATAMENTO	84
APÊNDICE D – FICHA DE ACESSÓRIOS MAMA <i>BREATH-HOLD</i>	85
APÊNDICE E – PLANO DE MONITORAMENTO DO POP	86

1 INTRODUÇÃO

O câncer é reconhecido como um grave problema de saúde pública e figura entre as principais causas de morte em todo o mundo. Diversas pesquisas têm demonstrado um aumento significativo na incidência da doença, o que reforça a necessidade de discutir e aprimorar as estratégias de prevenção, diagnóstico e tratamento. No contexto brasileiro, estimam-se 704 mil novos casos de câncer para o triênio 2023-2025, sendo que destes, o câncer de mama é o segundo tipo mais incidente, com 73.610 novos casos, ficando atrás apenas do câncer de pele não melanoma [1].

O tratamento do câncer de mama consiste na associação de diferentes modalidades médicas: trata-se, por uma ótica, de um tratamento locorregional, que geralmente combina a cirurgia e a radioterapia com o objetivo de erradicar as células neoplásicas. Por outro lado, o tratamento sistêmico, por meio da quimioterapia, visa reduzir a taxa de recorrência da doença, bem como melhorar a taxa de controle local. Em determinados casos, adiciona-se ainda o uso de terapias alvo direcionadas a genes receptores específicos e de terapia hormonal, ambas com propósito de ampliar a sobrevida global das pacientes diagnosticadas em diferentes estágios da doença [2].

A radioterapia é notoriamente uma parte essencial na terapia de diferentes tipos de câncer de mama. No carcinoma ductal *in situ*, por exemplo, ela é indicada para diminuir o risco de recorrência local da doença. Nos carcinomas invasivos diagnosticados em estágios iniciais (I-II), a radioterapia é o tratamento padrão após a cirurgia conservadora da mama; em alguns casos, a irradiação de toda a mama pode não ser necessária, sendo substituída pela radioterapia focada apenas no leito tumoral e tecidos circundantes, também denominada de irradiação parcial da mama; de outra forma, a radioterapia após mastectomia tem como objetivo reduzir o risco de recidivas locais, melhorando as taxas de sobrevida livre de doença e livre de metástases à distância, além da melhora na sobrevida global, mesmo para as pacientes diagnosticadas em estágios mais avançados da doença [3].

Quando diagnosticado precocemente, o câncer de mama apresenta grandes chances de cura e, neste ponto, a preocupação com a sobrevida da paciente acaba se tornando uma temática bastante importante frente aos efeitos

adversos tardios decorrentes, tanto das terapias sistêmicas como da radioterapia, sendo que, com relação à radioterapia, as maiores preocupações estão diretamente ligadas ao risco de câncer de pulmão radioinduzido e ao desenvolvimento de doenças cardíacas relacionadas à radiação [4].

Dessa forma, visto que o câncer de mama está entre os mais incidentes na população feminina e que a radioterapia já se encontra consolidada como uma das modalidades de tratamento primordiais para esta patologia, torna-se essencial promover a melhoria contínua dos procedimentos envolvidos em cada protocolo de tratamento radioterápico, buscando, portanto, minimizar a morbidade terapêutica implícita a esta modalidade de tratamento para as pacientes portadoras de câncer de mama [5].

É evidente que a radioterapia no câncer de mama pode reduzir as taxas de recorrência da doença, bem como sua taxa de mortalidade entre as pacientes diagnosticadas. Por outro lado, existem muitos dados publicados demonstrando que pacientes tratados com radioterapia podem apresentar um risco elevado de desenvolvimento de doença cardíaca isquêmica, presumivelmente como resultado da irradiação do coração. Este risco passa a existir nos primeiros 5 anos após a exposição à radiação e continua aumentando por pelo menos 20 anos após a realização do tratamento [6].

Mesmo com mudanças nos limites de doses aceitáveis para a região cardíaca durante o tratamento do câncer de mama utilizando a radioterapia, esta preocupação ainda é bastante pertinente. Um aspecto determinante a ser considerado é a lateralidade do tratamento, uma vez que pacientes irradiadas para o câncer de mama esquerda apresentam maior incidência de doenças cardíacas quando comparadas àquelas tratadas para o câncer mama direita. Tal diferença é plenamente justificável pela anatomia do coração, que se encontra predominantemente situado no hemitórax esquerdo, tornando-se mais suscetível à exposição durante o tratamento [6].

Dessa forma, a adoção de estratégias que minimizem o movimento respiratório durante as sessões de radioterapia vêm sendo uma alternativa bastante interessante para reduzir a dose de radiação recebida pelos órgãos em risco, principalmente nos tratamentos de regiões anatômicas com considerável influência da movimentação incondicional ao paciente, como no tratamento radioterápico de tumores de mama [7].

Em vista disso, temos cada vez mais a incorporação de novas tecnologias nos tratamentos de radioterapia, tais como equipamentos projetados para melhorar a entrega de dose e *softwares* de planejamento mais avançados. Além do mais, sistemas adicionais para tratamentos mais específicos também foram desenvolvidos, como por exemplo o *gating* respiratório, o qual permite o estudo do movimento respiratório do paciente, permitindo mais precisão nos tratamentos radioterápicos em regiões que sofrem influência da respiração. O gerenciamento do movimento respiratório, por sua vez, pode ser utilizado em conjunto com estratégias de apneia respiratória para as pacientes diagnosticadas com câncer de mama esquerda submetidas à radioterapia [6].

O tratamento radioterápico utilizando a técnica de Inspiração Profunda com Suspensão da Respiração, conhecida como DIBH (do inglês *Deep Inspiration Breath-Hold*), destaca-se nesse cenário como uma abordagem capaz de reduzir significativamente o movimento respiratório da região torácica devido à apneia realizada pelo paciente, além de modificar a anatomia interna da região de tratamento, permitindo melhores resultados dosimétricos [8].

Uma boa estrutura organizacional é necessária para a implementação desta técnica de tratamento, principalmente no que diz respeito aos recursos humanos. É essencial que todos os profissionais envolvidos em todo o processo de planejamento e entrega do tratamento sejam devidamente treinados para a aplicação correta e segura da técnica DIBH, independentemente da tecnologia disponível no serviço. Da mesma forma, é extremamente importante para o sucesso do tratamento que o paciente entenda claramente qual é o seu papel, a fim de que consiga colaborar efetivamente com a equipe técnica pois, de outra forma, a modalidade pode ser contraindicada em casos de não adesão da paciente à técnica, optando-se, assim, pelo tratamento convencional [7].

Além disso, tendo em vista a comunicação entre os diferentes profissionais que compõem a equipe de radioterapia, é aconselhável a estruturação de um protocolo cuidadosamente descrito e que seja repassado a todos os envolvidos no processo, e que se desenvolva um documento com as orientações verbais que devem ser utilizadas na orientação da paciente, de forma que as informações sejam consistentes e garantam a reprodutibilidade do tratamento [7].

Sendo assim, percebe-se a importância da elaboração de um Procedimento Operacional Padrão (POP), com o propósito de descrever

detalhadamente todas as etapas necessárias para a realização da técnica DIBH. A padronização desses processos visa garantir que cada etapa seja realizada de forma segura, eficiente e reprodutível, conforme as orientações institucionais, baseadas em protocolos técnicos e estudos científicos.

Por fim, a intenção da realização dessa pesquisa gira em torno de responder o seguinte questionamento: de que forma a elaboração de um POP pode contribuir para a padronização, segurança e qualidade da radioterapia da mama esquerda utilizando a técnica DIBH?

2 OBJETIVOS

O objetivo geral da pesquisa é a elaboração de um Procedimento Operacional Padrão (POP) para a radioterapia da mama esquerda utilizando a técnica DIBH, com foco na padronização do processo, na segurança do paciente e na reprodutibilidade do tratamento.

A pesquisa tem como objetivos específicos:

- Identificar e comparar os protocolos nacionais e internacionais existentes, destacando convergências e divergências relevantes.
- Validar o POP proposto por meio da aplicação de um projeto piloto em condições de trabalho rotineiro simulado.
- Elaborar um plano de monitoramento para avaliar a efetividade, a adesão e a qualidade da aplicação do POP na radioterapia da mama esquerda utilizando a técnica DIBH.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Câncer

Segundo a Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS), câncer é um termo genérico que pode ser utilizado para denominar um grande grupo de doenças que podem acometer qualquer parte do corpo. O câncer é definido pela proliferação de células anormais de maneira rápida e desordenada, crescendo além de seus limites habituais, podendo invadir tecidos saudáveis adjacentes e se espalhar para órgãos distantes em relação à sua localização primária, sendo esta condição denominada metástase [9].

Esta mesma Organização aponta que o câncer é a segunda principal causa de morte no mundo e uma das principais causas de morte nas Américas, com previsão de aproximadamente 2,1 milhões de mortes até o ano de 2030. Os tipos mais comuns de câncer são os cânceres de pulmão, mama, colorretal, próstata, câncer de pele não-melanoma e estômago (nesta ordem) e as causas mais comuns de morte por câncer se devem aos cânceres de pulmão, colorretal, estômago, fígado e mama (nesta ordem) [9].

No Brasil, o Instituto Nacional do Câncer (INCA) estimou, para o ano de 2023, o surgimento de 239.430 novos casos de câncer (exceto câncer de pele não melanoma) para a população do sexo masculino e 244.160 mil novos casos para a população do sexo feminino, também excetuando-se os casos de câncer de pele não melanoma. Segundo este Instituto, os principais tipos de câncer que acometeriam o sexo masculino seriam os cânceres de próstata (30% dos casos), colorretal (9,2% dos casos) e traqueia, brônquio e pulmão (7,5% dos casos), enquanto para o sexo feminino o *ranking* de maiores números de casos corresponderia à mama (30,1% dos casos), colorretal (9,7% dos casos) e colo de útero (7% dos casos) [10].

Com relação à taxa de mortalidade, em uma estimativa anterior, do ano de 2021, também do INCA, os dados mostram que ocorreram aproximadamente 120.784 mortes por câncer em pacientes do sexo masculino e 110.910 óbitos dentre as pacientes do sexo feminino. O câncer de próstata foi o que mais vitimou homens no Brasil, correspondendo à 13,5% das mortes por câncer no sexo

masculino, e o câncer de mama foi o que mais matou mulheres, sendo 16,4% do total de mortes por câncer no sexo feminino [10].

3.2 Câncer de mama

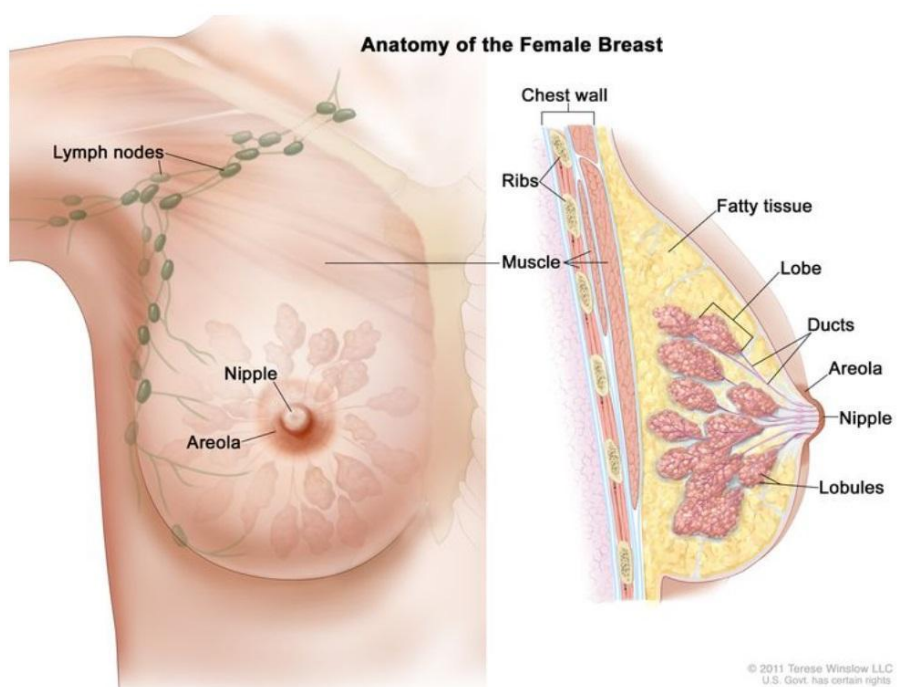
O desenvolvimento do câncer de mama está associado a múltiplos fatores de risco, incluindo obesidade, consumo de álcool, histórico familiar da doença (hereditariedade), mutações nos genes BRCA1 e BRCA2, exposição à radiação, fatores reprodutivos (menarca precoce, menopausa tardia, nuliparidade e idade avançada do primeiro parto), fatores hormonais (terapia de reposição hormonal combinada com estrogênio e progesterona), elevada densidade mamária, história pessoal de doenças benignas da mama e tabagismo. No entanto, cerca de metade dos casos ocorre em mulheres sem fatores de risco identificáveis, além do fato de serem do sexo feminino e terem 40 anos ou mais [11,12].

3.2.1 Anatomia da mama

A mama é basicamente composta por estruturas chamadas lobos e ductos. Cada mama possui 15 a 20 lobos, os quais são formados por regiões menores que recebem o nome de lóbulos; os lóbulos terminam em regiões que têm a finalidade de produzir o leite, as quais são chamadas de bulbos ou alvéolos. As três estruturas (lobos, lóbulos e bulbos) são conectadas por finos tubos chamados de ductos. Além disso, as mamas contêm, também, vasos sanguíneos e linfáticos, com a finalidade de transportar o sangue e a linfa, respectivamente [12].

Os vasos linfáticos das mamas transportam a linfa por entre os gânglios linfáticos, os quais são responsáveis por filtrar a linfa e armazenar glóbulos brancos que ajudam no combate a infecções e outras doenças. Os gânglios linfáticos estão espalhados por todo o corpo, no entanto, próximo às mamas, grupos de gânglios linfáticos são encontrados nas axilas, acima das clavículas e no peito [12].

Uma representação da anatomia da mama feminina pode ser visualizada na Figura 1 em uma visão externa e em um corte sagital da mama, demonstrando a presença de estruturas como a parede torácica, costelas, músculos, tecido adiposo, linfonodos, mamilo, aréola e, por fim, a representação dos lobos, lóbulos e ductos da mama.

Figura 1 – Anatomia da mama feminina

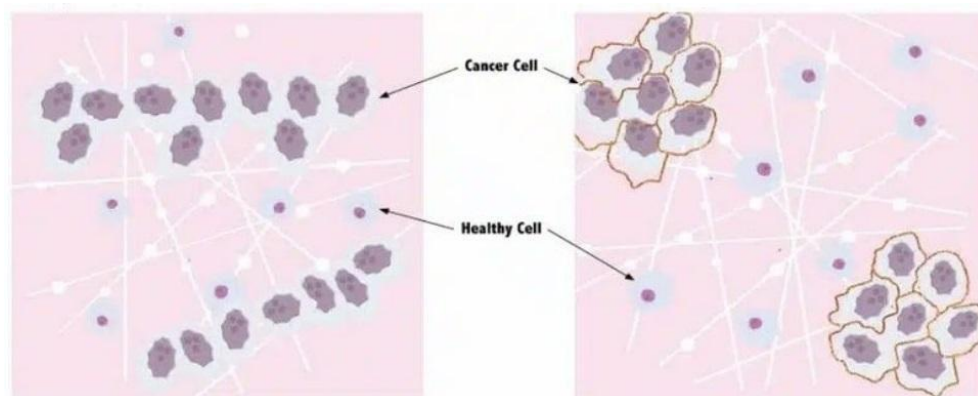
Fonte: National Cancer Institute, 2024.

O câncer de mama pode se apresentar de diversas formas. Resumidamente, ele pode ser ductal (correspondente a 85% dos casos de câncer de mama), quando ocorre nas células de revestimento dos ductos mamários, os quais servem para o transporte do leite das glândulas mamárias até os mamilos, e outra forma de câncer de mama é o lobular (15% dos casos), quando este surge em algum lobo do tecido glandular da mama. Normalmente, o câncer de mama se apresenta como um nódulo indolor, mas também pode apresentar outros sintomas como espessamento mamário, alteração no tamanho, formato ou aparência da mama, alterações na pele (eritema e/ou depressões), alterações na aparência do mamilo e/ou aréola e secreção mamilar anormal [11].

Além da localização anatômica, os subtipos histológicos também são utilizados para classificar os tumores que acometem a mama. O carcinoma ductal pode se apresentar na forma intraductal (ou *in situ*) ou invasiva, enquanto o carcinoma lobular é, em geral, invasivo. Esses subtipos diferem quanto ao padrão de crescimento tumoral: o carcinoma ductal tende a formar uma massa bem delimitada, ao passo que o carcinoma lobular apresenta um padrão mais linear, em formato de “fileira”, caracterizado pela infiltração mais difusa das células neoplásicas no tecido mamário [12].

A Figura 2 é uma representação do formato histológico da formação dos tumores lobular (representação à esquerda) e ductal (representação à direita) e como eles se distinguem em relação às células saudáveis do tecido mamário.

Figura 2 – Subtipos histológicos lobular e ductal



Fonte: National Cancer Institute, 2024.

3.2.2 Estadiamento do câncer de mama

O estadiamento de qualquer tipo de câncer é utilizado como estratégia para agrupar os pacientes diagnosticados levando em consideração o prognóstico da doença. Além disso, grande parte das decisões terapêuticas são tomadas de acordo com as categorias deste estadiamento, incluindo alguns outros fatores clínicos. O *American Joint Commission on Cancer* (AJCC) estipulou o estadiamento do câncer com base na Classificação de Tumores Malignos TNM (*Tumor, Node, Metastasis*), baseada nas características do tamanho do tumor, avaliação quanto ao acometimento dos linfonodos regionais e presença de metástases à distância [12].

3.2.3 Tratamento do câncer de mama

O tratamento do câncer de mama geralmente é combinado, incluindo modalidades como a cirurgia (conservadora ou mastectomia radical modificada, com ou sem reconstrução mamária), quimioterapia, radioterapia e terapia hormonal. A seleção de qual o melhor tipo de tratamento para cada paciente leva em consideração o prognóstico da doença no momento do seu diagnóstico (classificação baseada em TNM), analisando-se alguns fatores clínicos e

patológicos (baseados na histologia convencional e imuno-histoquímica), como citados a seguir [12]:

- *status* da menopausa;
- estágio da doença;
- grau do tumor primário;
- *status* dos Receptores de Estrogênio (RE) e Receptores de Progesterona (PR) do tumor;
- superexpressão ou amplificação do Receptor Tipo 2 do Fator de Crescimento Epidérmico Humano (HER2);
- tipo histológico.

O perfil molecular do tumor, baseado nos resultados de RE, RP e HER2 classificam o câncer de mama em receptor hormonal positivo (para RE e RP positivos), HER2 positivo ou negativo e triplo negativo (quando os três resultados são negativos). Este resultado é muito importante na determinação do prognóstico e na previsão da resposta da paciente à terapia [12].

3.3 Radioterapia

A radioterapia é uma modalidade de tratamento padrão após a cirurgia conservadora, fazendo parte da terapia conservadora da mama. Além disso, o tratamento com irradiação também é encorajado pós-mastectomia para pacientes de alto risco [12].

O objetivo da radioterapia é tratar o leito tumoral e o tecido mamário remanescente, visando eliminar possíveis focos de doença residual que podem ter permanecido na mama. Caso presentes e não tratados, esses focos podem evoluir para recorrência locorregional e até metástases à distância, representando risco à vida da paciente. Assim, a radioterapia adjuvante mostrou-se capaz de reduzir pela metade as taxas de recorrência local e metástases à distância em 10 anos, além de diminuir em um sexto o risco de morte por câncer de mama [13].

Os esquemas de dose de radiação geralmente utilizados na radioterapia para o câncer de mama, com ou sem irradiação dos linfonodos regionais, são baseados no fracionamento convencional (doses de 45 a 50 Gy divididos em 25 a 28 frações diárias de 1,8 ou 2,0 Gy) ou no hipofracionamento moderado (doses de 40,05 a 42,50 Gy em 15 ou 16 frações diárias de 2,67 Gy) [3,12].

Estudos publicados na literatura demonstram que a maioria das recidivas locais em mama ipsilateral ocorre no local de origem do tumor em sua proximidade. Diante desses achados, destaca-se uma dose adicional de radiação, denominada *boost* (geralmente entre 10 a 16 Gy), é comumente aplicada na região do leito tumoral. Essa prática é bem estabelecida e recomendada, especialmente no tratamento de pacientes com tumores residuais, com o objetivo de melhorar o controle local da doença e reduzir pela metade o risco de recorrência, sobretudo em pacientes mais jovens [3,12,14].

O *boost* pode ser administrado de forma sequencial ou simultânea à irradiação da mama total. Reconhece-se que administrar esta dose adicional concomitantemente ao tratamento da mama total é seguro e com boas taxas de tolerância pelas pacientes, e dessa forma, pode diminuir o tempo do tratamento sem comprometer os resultados almejados [15].

A radioterapia adjuvante também tem o seu papel no tratamento das pacientes que foram submetidas à mastectomia radical. Nestes casos, a irradiação da parede torácica e dos linfonodos regionais é recomendada às pacientes consideradas de alto risco de falha locorregional após a mastectomia. As pacientes com maior risco de recorrência local são aquelas que apresentam pelo menos um dos seguintes aspectos [12]:

- quatro ou mais linfonodos axilares positivos;
- extensão nodal extracapsular macroscopicamente evidente;
- invasão do espaço linfovascular;
- tumores primários grandes;
- ressecção com margens positivas muito próximas do tumor primário.

Mais recentemente, muitos esforços também têm sido feitos para adotar o esquema *FAST-Forward* para o tratamento de mama com radioterapia, em que o objetivo é tratar a paciente com uma dose de radiação de 26 Gy, divididas em 5 dias de tratamento consecutivos, sendo 5,2 Gy por fração. Este protocolo de tratamento também prevê a possibilidade de reforço de dose no leito tumoral com *boost* sequencial de 10 Gy dividido em 5 frações de 2 Gy após a irradiação da mama total. O fracionamento descrito demonstrou alcançar os mesmos resultados obtidos com os tratamentos em fracionamento convencional e hipofracionamento moderado [16].

O interesse em encurtar o tratamento com o ultra-hipofracionamento, administrando doses diárias mais altas, tem como objetivo oferecer mais conforto para a paciente, principalmente as pacientes mais idosas e com comorbidades ou que precisam viajar longas distâncias para realizar o tratamento, bem como diminuir os custos operacionais (de infraestrutura e recursos humanos) do tratamento, além de diminuir os riscos de interrupção do tratamento, melhorando o acesso das pacientes ao tratamento radioterápico. Apesar de ser um modelo de tratamento recente, já existem dados publicados relatando taxas muito baixas de recorrência local e à distância após o tratamento com ultra-hipofracionamento e, portanto, demonstrando resultados de eficácia do tratamento equivalente aos fracionamentos mais conhecidos e estudados. A ocorrência de toxicidades aguda e crônicas também se mostraram baixas [15,17].

Além disso, estudos publicados demonstraram que as taxas de toxicidade resultantes do ultra-hipofracionamento no tratamento do câncer de mama têm se mostrado equivalentes aos modelos de fracionamento mais comumente utilizados, sendo de 25 ou 15 frações diárias [15].

3.3.1 Simulação do tratamento de mama

A simulação do tratamento é uma das etapas mais importantes do processo de planejamento da radioterapia, pois é a partir dela que se garante a precisão na aplicação da radiação. Quando associada a um planejamento cuidadosamente elaborado, que busca proteger os órgãos em risco, essa etapa contribui para que a preservação tecidual seja mantida em cada fração de tratamento [18].

A *European Society for Radiotherapy and Oncology* (ESTRO) publicou, em 2023, uma diretriz sobre o posicionamento dos pacientes para o tratamento do câncer de mama durante as sessões de radioterapia. A posição supina é recomendada como padrão, por ser amplamente aceita, simples de implementar e adequada aos objetivos terapêuticos, além de ser, em geral, mais confortável para o paciente [18].

Como alternativa, o tratamento em posição prona (decúbito ventral) pode proporcionar melhor homogeneidade de dose, melhorando a cosmetologia e reduzindo a dose nos pulmões e nas dobras cutâneas. No entanto, trata-se de um protocolo mais complexo, que pode causar maior desconforto e apresenta desafios

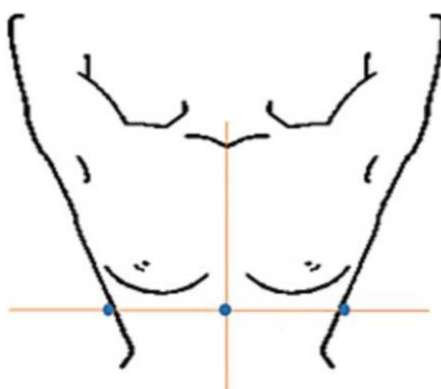
de tolerância e reprodutibilidade. Dessa forma, esta segunda opção de posicionamento não é contraindicada, mas deve ser reservada a situações específicas – como pacientes com mamas volumosas ou que demandem maior preservação pulmonar – avaliando-se cuidadosamente a tolerância da paciente ao posicionamento durante toda a sessão [18].

Outro ponto importante com relação ao posicionamento para radioterapia de mama é a posição dos braços. A abdução bilateral dos braços é preferível porque mantém o paciente deitado mais simetricamente e, portanto, em uma posição mais estável e confortável. Dessa forma, elevar ambos os braços acima da cabeça costuma ser a opção de melhor reprodutibilidade [18].

Por outro lado, a abdução unilateral também é aceitável, sobretudo por razões técnicas, como evitar colisões com o *gantry* do acelerador linear ou com o *bore* do tomógrafo. Além disso, essa opção pode ser necessária em pacientes que apresentam limitação de mobilidade após a cirurgia – como dor, rigidez, linfedema ou restrição funcional do ombro – impossibilitando a elevação bilateral dos braços. Nesses casos, a seleção do posicionamento deve priorizar a tolerância da paciente e a viabilidade técnica da simulação e do tratamento [18].

A ESTRO recomenda fortemente a utilização de acessórios que auxiliam no posicionamento do paciente, como pranchas para decúbito indexadas na mesa de tratamento, bem como das marcas de posicionamento na pele, sendo que utilizar alternativas com marcas temporárias (em substituição das tatuagens permanentes) é uma opção mais confortável para o paciente. A Figura 3 demonstra o *setup* ideal para realizar as marcas de referência para o posicionamento, sendo uma localizada anteriormente na linha sagital média e outras duas nas laterais do tórax em posição fixa [18].

Figura 3 – Marcas de posicionamento



Fonte: Mast et. al, 2023.

3.3.2 Definição dos contornos

A definição dos contornos e volumes em radioterapia segue as recomendações de órgãos internacionais, tais como a *International Commission on Radiation Units and Measurements* (ICRU), que publicou relatórios com recomendações sobre a prescrição, registro e relatórios de dose de radiação, baseados nos modelos de tratamento tridimensionais.

O ICRU 50, publicado em 1993, por exemplo, trouxe contribuições acerca do delineamento do *Gross Tumor Volume* (GTV), *Clinical Target Volume* (CTV), *Planning Target Volume* (PTV), *Treated Volume* (TV), *Irradiated Volume* (IV) e *Organs at Risk* (OAR), além de informações referente à cobertura do PTV ($D_{\text{máx}}$ aceitável de 107% da dose de prescrição e $D_{\text{min}} = 95\%$ do PTV coberto pela dose de prescrição) e presença de pontos quentes (*hot spots*), áreas menores que 15 mm recebendo um valor de mais de 100% da dose de prescrição, nas curvas de distribuição de dose.

Segundo este relatório, os volumes citados são definidos como [19]:

- GTV: volume tumoral visível ou palpável, identificado clinicamente ou por exames de imagem (doença macroscópica);
- CTV: contém o GTV (quando presente) e a doença maligna subclínica, ou seja, localização com envolvimento clinicamente suspeito, mas não comprovado;
- PTV: é uma margem geométrica, baseada no volume do CTV, utilizada para o planejamento do tratamento. O PTV leva em consideração a movimentação interna dos órgãos e possíveis erros mecânicos do acelerador linear e de *setup* do posicionamento do paciente;
- VT: volume delimitado pela isodose que cobre o PTV com a dose prescrita;
- IV: é o volume que recebe 50% ou mais da dose de prescrição. Passível de ser analisado durante a aprovação do plano de tratamento.
- OAR: são órgãos sensíveis à radiação localizados próximos à região de tratamento. A dose recebida por estes órgãos deve ser ajustada

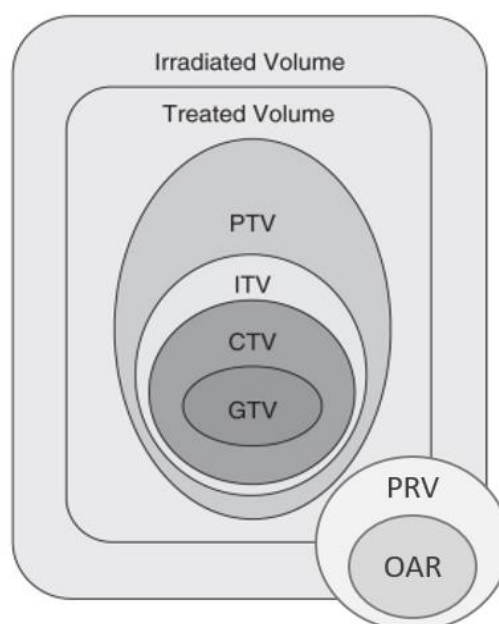
conforme os limites de tolerância e, por isso, influenciam significativamente no resultado do plano de tratamento.

Em 1999, o ICRU 62 foi publicado, com a proposta de atualizar o ICRU 50 e acrescentar alguns conceitos a mais, como o *Internal Target Volume* (ITV) e o *Planning Organ at Risk Volume* (PRV), como descritos abaixo [20]:

- ITV: considera as incertezas relacionadas às alterações de localização das estruturas, assim como ao tamanho e a forma do CTV; serve para compensar variações internas, como o movimento respiratório, por exemplo;
- PRV: é uma margem aplicada ao órgão em risco considerando as incertezas com relação à sua posição.

De uma maneira geral, o que visualizamos durante um planejamento de tratamento de radioterapia, com relação aos volumes contornados pelo médico e/ou dosimetrista estão representados na Figura 4.

Figura 4 – Volumes de tratamento e OAR



Fonte: Adaptado de ICRU 62, 1999.

3.4 Efeitos adversos da radioterapia

O tratamento com radiação ionizante pode acarretar toxicidades agudas e tardias aos pacientes submetidos ao tratamento. Os efeitos agudos da radioterapia incluem dermatites por radiação (radiodermite), descamação, edema e/ou prurido na mama irradiada, sensação de aperto na região axilar e fadiga; se os linfonodos

regionais também estiverem sendo irradiados, também são relatadas náuseas e odinofagia em consequência da esofagite causada pela irradiação do esôfago. Normalmente os sintomas atingem seu pico 1 a 2 semanas após a radioterapia e começam a diminuir lentamente nas próximas 4 a 6 semanas [12].

As reações adversas decorrentes da radioterapia no tratamento do câncer de mama sofrem influência de características próprias de cada paciente, como o Índice de Massa Corporal (IMC), tamanho do tumor, linfonodos metastáticos, estadiamento segundo TNM, volume do pulmão ipsilateral que recebe 20Gy (V20), volume total do pulmão ipsilateral, volume total da mama contralateral, volume total do PTV (mama total e *boost*) [14].

As toxicidades tardias relacionadas à radioterapia são mais incomuns e incluem pneumonite, doenças cardíacas isquêmicas (principalmente em pacientes com câncer de mama esquerda), linfedema de membro superior, neuropatia do plexo braquial induzida por radiação, câncer de mama contralateral e risco de câncer radioinduzido. Os eventos adversos tardios podem ser minimizados com a utilização de técnicas modernas de administração das doses de radiação e com o delineamento acurado dos volumes alvo e órgãos em risco durante o planejamento da radioterapia [12].

A pneumonite induzida por radiação é uma complicação com grande potencial de fatalidade para os pacientes acometidos, apresentando uma taxa de incidência de 1-3% entre pacientes submetidos à irradiação da mama inteira, porém, a maioria dos pacientes apresenta redução dos sintomas da pneumonite após o início da terapia hormonal [14].

Os eventos adversos tardios decorrentes da radioterapia para o câncer de mama podem ocorrer devido à irradiação dos tecidos saudáveis próximos à região de tratamento. Uma pesquisa realizada em 2024 mostrou que a incidência de segundas neoplasias primárias em pacientes que realizaram radioterapia como parte do tratamento combinado para o câncer de mama é significativamente maior se comparado com pacientes que não realizaram radioterapia. As incidências mais altas, nestes casos, trata-se de câncer de mama (contralateral e ipsilateral), câncer de sistema respiratório, câncer de pele, leucemia, câncer de tecidos moles (incluindo o coração) e câncer de olho e órbita [21].

Este mesmo estudo constatou que aproximadamente 6,6% dos tumores sólidos, diagnosticados em pacientes que realizaram tratamento de um tumor

primário de mama com radioterapia, podem estar relacionados à radioterapia prévia. O risco de desenvolvimento de segundos cânceres é observado de 5 a 10 anos após o tratamento (sistema respiratório, câncer de pele, leucemia e tecidos moles) e de até 20 anos após o tratamento (câncer de mama e olho e órbita). É interessante ressaltar que o risco de desenvolvimento de segunda neoplasia primária foi comparativamente menor para pacientes que trataram mais recentemente (a partir de 2005). Esta condição pode estar relacionada com os avanços empregados à radioterapia [21].

Com relação ao risco de desenvolvimento de doença cardíaca isquêmica após tratamento com radioterapia para pacientes diagnosticadas com câncer de mama, a maioria das pacientes recebem doses de 1 a 5 Gy no coração, sendo que, em contrapartida a este dado, existe a preocupação iminente de que a exposição do coração a este nível de dose pode resultar em doença cardíaca isquêmica e, além disso, a magnitude dos riscos da irradiação do coração após qualquer dose de radiação é incerta, assim como o tempo para o desenvolvimento de qualquer doença relacionada à radiação e a influência de outros fatores de risco [6].

Em virtude da posição do coração dentro da caixa torácica, as mulheres irradiadas para o tratamento do câncer de mama esquerda apresentam maiores taxas de eventos coronarianos do que as mulheres irradiadas para o tratamento da mama direita. Em sua pesquisa, Darby *et al.* apontam que a ocorrência de eventos coronarianos aumenta linearmente com a dose média recebida pelo coração, sendo que a magnitude do risco é 7,4% a cada acréscimo de 1 Gy de dose de radiação no coração durante a radioterapia. Este aumento percentual por cada Gy não diferiu significativamente de acordo com outros fatores, tais como as características do tumor e se houve a combinação de outros tipos de tratamento além da radioterapia. Da mesma forma, não houve diferença na percepção do aumento do risco entre mulheres com e sem fatores de risco cardíaco pré-existentes [6].

Com o advento de tecnologias mais apuradas na radioterapia, como o planejamento baseado em imagens tridimensionais por tomografia computadorizada (TC), a Radioterapia de Intensidade Modulada (IMRT) e a Arcoterapia Volumétrica Modulada (VMAT), por exemplo, percebeu-se uma melhora na dose média para o coração nos tratamentos de câncer de mama, mas ainda assim tem se aplicado esforços a fim de analisar a toxicidade cardíaca inerente à irradiação. Existem sugestões de delinear, além da área cardíaca como

um todo, outras estruturas em risco nos protocolos de tratamento de câncer de mama, como a artéria coronária descendente anterior esquerda (LAD – *Left Anterior Descending Artery*) e artéria coronária direita (RCA – *Right Coronary Artery*), as quais têm potencial para serem consideradas órgãos em risco independentes à área cardíaca no planejamento de radioterapia, sendo que, na medida do possível, estas estruturas podem ser poupadas de altas doses de radioterapia, visto que a dose recebida por estas artérias pode funcionar como um fator preditor de cardiotoxicidade pós tratamento radioterápico [22].

A dose recebida pela LAD é particularmente relevante para o risco de desenvolvimento de doenças coronarianas, uma vez que esta artéria é um local comum de infarto do miocárdio e, ao mesmo tempo, é uma região de altas doses em muitos protocolos de radioterapia podendo, portanto, contribuir com o acometimento doença cardíaca induzida por radiação [23].

Entre as estratégias de proteção cardíaca, a técnica DIBH tem se destacado por promover o afastamento anatômico do coração em relação ao campo de irradiação a partir da realização de uma manobra respiratória, resultando na diminuição da dose cardíaca e da dose na LAD, sem comprometer a cobertura do PTV [24].

3.5 Deep Inspiration Breath-Hold na radioterapia da mama esquerda

A radioterapia utilizando a técnica DIBH pode ser particularmente vantajosa para o câncer de mama esquerda, visto que, quando bem indicada, permite cessar temporariamente o movimento respiratório da região torácica por meio da apneia controlada pelo paciente. Além disso, a inspiração profunda altera a anatomia interna ao expandir o volume pulmonar e deslocar o coração posteriormente e inferiormente, aumentando a distância entre este órgão e o campo de tratamento. Essa modificação anatômica resulta em melhores desfechos dosimétricos, evidenciados nos Histogramas Dose-Volume (DVH) gerados no planejamento. Assim, a técnica DIBH demonstra excelente desempenho quando o objetivo é proteger estruturas críticas, especialmente o coração e o pulmão, durante a radioterapia da mama esquerda [8].

A realização da técnica DIBH acontece solicitando-se que a paciente inspire profundamente até alcançar um determinado nível de expansão pulmonar e

suspenda a respiração durante a aquisição das imagens de planejamento (o que será reproduzido durante a administração do tratamento). O resultado esperado com esta prática é alcançar a expansão do volume pulmonar e o aumento da distância entre a área cardíaca e a parede torácica (deslocando fisicamente o coração para fora do campo de tratamento), diminuindo a dose de radiação recebida pelo coração [8,24]. No entanto, esta é uma solução que precisa ser cuidadosamente avaliada, inclusive no sentido de verificar a real tolerância da paciente com a técnica descrita, visando avaliar a possibilidade de reprodutibilidade do tratamento [6].

Uma pesquisa realizada por Bergom *et al.* (2018) apresentou uma revisão das modalidades de DIBH, abordando as principais tecnologias utilizadas para a realização da técnica, como o *Active Breathing Coordinator* (ABC) (Elekta, Estocolmo, Suécia) e o sistema *Real Time Position Management* (RPM) (Varian Medical Systems, Palo Alto, CA, EUA). Os autores enfatizaram a importância da reprodutibilidade do ciclo respiratório para o tratamento, assim como ressaltaram a necessidade do treinamento prévio dos pacientes [24].

Sendo assim, a paciente deve receber todas as orientações necessárias para a realização da técnica antes da aquisição das imagens para o planejamento do tratamento, já que esta é uma modalidade de tratamento totalmente dependente da sua colaboração. Os protocolos podem sofrer pequenas alterações de uma instituição para outra, mas, de maneira geral, durante a etapa de simulação podem ser adquiridas imagens de tomografia computadorizada da paciente em FB (*Free Breathing* – respiração livre) e em DIBH. O objetivo é fazer uma análise comparativa da anatomia da paciente entre as duas sequências de imagens adquiridas a fim de verificar a mudança de anatomia alcançada com a apneia e, além disso, a série em respiração livre também serve como uma alternativa de *backup* para os casos em que a paciente não consiga reproduzir a apneia durante as sessões de tratamento [8].

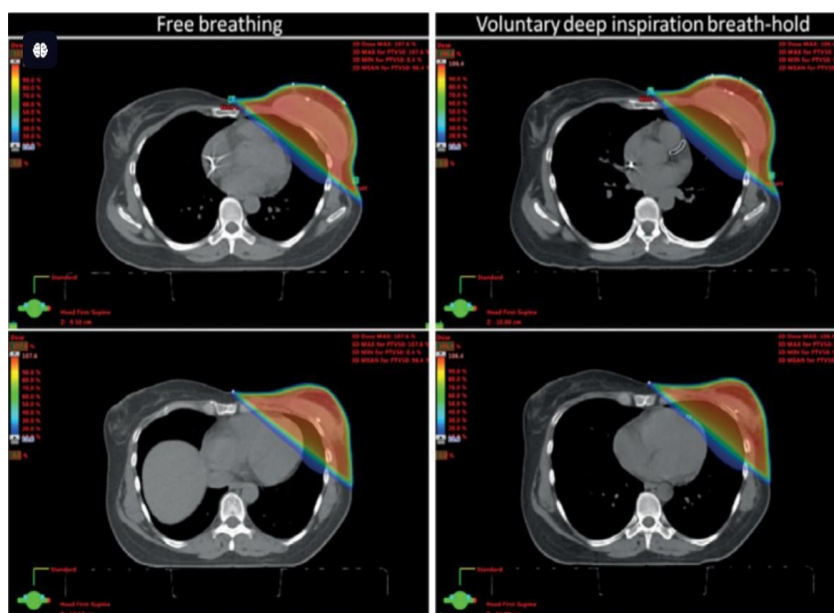
No tratamento propriamente dito, a irradiação (tanto para aquisição de imagens de verificação de posicionamento quanto para administração da dose de tratamento) ocorre somente quando a paciente alcança o mesmo nível de apneia realizado na etapa de simulação (onde foram adquiridas as imagens de planejamento e a curva respiratória), de maneira que, quando o nível de inspiração estiver acima ou abaixo dos limites previamente estabelecidos, a entrega do

tratamento é pausada. Vale ressaltar que as sessões de tratamento podem sofrer um acréscimo de tempo de agenda, necessário para a realização deste tipo de técnica, portanto, esta é uma variável importante de ser levada em consideração visto que o tempo disponibilizado para o tratamento deve estar adequado à necessidade do protocolo [8].

Existem estudos que descrevem também outros métodos para a observação da apneia e subsequente entrega da dose nos tratamentos com DIBH, sem a utilização de sistemas robustos de gerenciamento do movimento respiratório. Podem ser realizadas, por exemplo, marcas de FB e DIBH na pele da paciente a partir da coincidência com os *lasers* da sala de tratamento. A comunicação com a paciente é realizada a partir do sistema de intercomunicação entre sala de comando e sala de tratamento e a verificação da coincidência das marcas da pele com os *lasers* da sala é feita visualmente por meio do circuito fechado de vídeo e televisão, de maneira que a imagem da câmera pode ser ampliada para refletir claramente as marcas na pele e a localização do *laser*. Os autores desta pesquisa demonstraram, inclusive, que os deslocamentos médios e erros de configuração com a utilização deste método não foram significativamente diferentes quando comparados com os dados históricos de seus outros pacientes não tratados a partir desta configuração de *setup* [25].

A Figura 5 representa o impacto da técnica DIBH no tratamento do câncer de mama esquerda quando comparada com a técnica de respiração livre.

Figura 5 – Técnica de FB versus DIBH



Fonte: Al-Hammadi *et. al*, 2018.

Na figura 5, a distribuição de dose está disposta nos cortes de tomografia computadorizada utilizada para o planejamento do tratamento, sendo que as cores indicam regiões de menos dose (cores mais frias – azuis) até regiões de mais dose (cores mais quentes – vermelhas). Pode-se visualizar nos dois *slices* superiores a comparação entre as duas técnicas (FB e DIBH) no nível médio do tórax da paciente e, inferiormente, a comparação está demonstrada 6 *slices* abaixo do nível médio, conforme indicam os autores da pesquisa. As imagens da direita (DIBH) mostram que o coração está mais afastado da parede torácica e, por consequência, está mais afastado das regiões de doses altas [25].

A pesquisa realizada por Simonetto *et. al* demonstrou que a redução da dose de radiação na área cardíaca para pacientes portadoras de câncer de mama esquerda tratadas com radioterapia, com a técnica DIBH, chegou a 46% em alguns casos, quando comparados os planejamentos realizados em tomografias em FB e em DIBH [6].

Uma meta-análise que incluiu os dados de 3507 pacientes, extraídos de 38 artigos científicos, mostrou que os dados de dose cardíaca obtidos com a técnica DIBH são reduzidos de uma maneira muito mais eficaz do que com a técnica de respiração livre. Da mesma forma, 27 estudos que envolveram 2146 pacientes ao analisar as doses recebidas pela LAD, também demonstraram a redução significativa da dose recebida por esta artéria quando o tratamento foi realizado com a técnica DIBH. Estes benefícios são alcançados porque a técnica resulta no aumento do volume pulmonar ipsilateral juntamente com a compressão do volume cardíaco da paciente [23].

Schröder *et. al* realizaram uma pesquisa com o intuito de verificar se todas as pacientes que se submetem à radioterapia para o câncer de mama esquerda seriam beneficiadas com a técnica DIBH. Os pesquisadores encontraram resultados de redução da dose cardíaca média em torno de 2,8 Gy e redução da dose cardíaca máxima em uma média de 16,6 Gy, além da redução nas doses recebidas pela LAD, sendo uma redução de aproximadamente 4,2 Gy de dose média e 8,1 Gy de dose máxima nesta artéria. A dose recebida pelos pulmões ipsilateral e contralateral também foi reduzida devido ao aumento do volume pulmonar que leva, consequentemente, ao aumento do tecido pulmonar não irradiado. No entanto, os autores constataram que nem todas as pacientes se

beneficiaram da técnica, sugerindo que o formato da parede torácica e do tecido mamário também são importantes na verificação dos resultados [26].

Corroborando com esses dados, Gaál *et al.* (2021) conduziram um estudo prospectivo com 130 pacientes portadoras de câncer de mama esquerda, evidenciando reduções de dose superiores a 50% na dose média cardíaca e a 60% na LAD em tratamentos realizados em DIBH. No entanto, apesar dos benefícios claramente existentes, cerca de um terço das pacientes estudadas não apresentaram vantagens significativas para realização da técnica por motivos como intolerância em manter a apneia pelo tempo preconizado pelo estudo, falta de benefício dosimétrico, estresse e ansiedade com a técnica ou incapacidade de seguir as instruções. Dados como estes reforçam a necessidade de avaliação individual do benefício clínico para a paciente e da sua capacidade respiratória antes da adoção da técnica [27].

Outra pesquisa publicada analisou as diferenças dosimétricas entre as técnicas FB e DIBH para a área cardíaca como uma única estrutura e, também para as artérias coronárias e ventrículo esquerdo. Os autores observaram que o volume da área cardíaca, da LAD e do ventrículo esquerdo foram similares entre as imagens em FB e em DIBH, ao contrário do volume médio do pulmão esquerdo, que é muito maior nas tomografias em DIBH [28].

Uma informação relevante apresentada pelas pesquisas em torno desta temática é que a cobertura do PTV não sofre comprometimento quando se analisa os resultados apresentados pelos planos FB *versus* DIBH, ou seja, é possível alcançar reduções importantes de dose na área cardíaca, bem como no ventrículo esquerdo e LAD, ao mesmo tempo em que se garante uma cobertura ideal de PTV (95% do volume do PTV recebendo 95% da dose prescrita) [25,28].

Além dos aspectos dosimétricos, estudos mais recentes também vêm explorando a viabilidade clínica e a experiência dos pacientes submetidos ao tratamento com a técnica DIBH. Um estudo multicêntrico, realizado por Kron *et al.* (2022), por exemplo, mostrou que a técnica DIBH foi factível em 67% das pacientes recrutadas para o estudo [29].

Um dos objetivos do referido estudo pretendia avaliar o nível de ansiedade das pacientes que foram submetidas à técnica, sendo que os resultados obtidos mostraram que a pontuação de ansiedade demonstrada pelas pacientes selecionadas para o tratamento com DIBH não diferiu muito das pacientes que

trataram em respiração livre. Vale ressaltar que as pacientes relataram pontuações menores de ansiedade conforme as sessões de tratamento foram sendo realizadas. Achados dessa natureza são importantes em consolidar DIBH como uma técnica reprodutível, segura e bem tolerada por muitos pacientes, desde que seja implementada com protocolos padronizados e treinando adequadamente as equipes [29].

3.6 Qualidade em serviços de saúde

A definição de qualidade em serviços de saúde refere-se à capacidade dos serviços prestados à população de aumentar a probabilidade de alcançar os resultados desejados com qualquer intervenção realizada, estando diretamente relacionada ao conhecimento e à capacitação dos profissionais envolvidos. A qualidade abrange tanto aspectos técnicos dos serviços de saúde quanto elementos da experiência do paciente, incluindo acessibilidade, confiança e percepção da segurança [30]. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), a qualidade pode e deve ser mensurada, e os serviços que apresentam altos padrões seguem princípios como efetividade, segurança, centralidade nas pessoas e são oportunos, equitativos, integrados e eficientes [31].

O conceito de qualidade em serviços de saúde é amplo e pode ser trabalhado tanto ao nível de sistemas de saúde quanto das organizações. A literatura destaca que um dos principais desafios para a garantia da qualidade é a variabilidade das práticas entre profissionais e instituições, o que compromete a padronização e aumenta a chance de eventos adversos [32]. Esse entendimento é reforçado por organismos internacionais, como a *International Atomic Energy Agency* (IAEA), que estabelece que a qualidade em radioterapia depende da integração entre infraestrutura, competências profissionais, processos consistentes e cultura de segurança, enfatizando que falhas organizacionais são tão críticas quanto falhas técnicas [33].

Na radioterapia, a qualidade está relacionada à capacidade de oferecer tratamentos eficazes e seguros, seguindo diretrizes reconhecidas e evitando erros ao longo de todo o processo terapêutico. Tanto a IAEA quanto a OMS, destacam que grande parte dos incidentes reportados em radioterapia decorre de falhas de processo, incluindo comunicação inadequada, ausência de padronização e etapas

mal definidas, evidenciando a necessidade de abordagens sistemáticas de identificação e mitigação de riscos [34].

A *International Commission on Radiological Protection* reforça essa perspectiva ao enfatizar que exposições não intencionais em radioterapia frequentemente resultam da combinação de fragilidades no processo, interfaces complexas entre as equipes e pressões operacionais, defendendo a implementação de sistemas robustos de garantia da qualidade e mecanismos de monitoramento contínuo [35].

A melhoria da qualidade na radioterapia foi historicamente impulsionada por respostas reativas a falhas ocorridas. Entretanto, com a crescente complexidade tecnológica e dos fluxos de trabalho, tornou-se evidente a necessidade de modelos prospectivos de gestão da qualidade. Nesse sentido, instituições como a Associação Americana de Físicos Médicos (AAPM – *American Association of Physicists in Medicine*) enfatizam uma mudança de paradigma por meio do Relatório TG-100, que introduz métodos de engenharia de processos, análise de risco e padronização como estratégias fundamentais para reduzir a variabilidade e fortalecer a segurança assistencial [36].

O TG-100 marca uma ruptura com o modelo tradicional centrado exclusivamente no desempenho técnico dos equipamentos e enfatiza que as principais vulnerabilidades de qualidade e segurança derivam das falhas de processo – especialmente quando há variabilidade nas etapas clínicas, falta de padronização ou ausência de mecanismos de detecção precoce de erros [36].

Este documento recomenda que os serviços avaliem criticamente o fluxo completo de tratamento – desde a simulação até a entrega da dose – por meio de ferramentas como mapeamento de processos, Análise de Modos de Falha e Efeitos (*Failure Mode and Effects Analysis* – FMEA) e identificação de barreiras preventivas e de detecção. Essa abordagem permite que o processo seja projetado de forma segura antes de sua implementação clínica, promovendo uma cultura organizacional centrada na prevenção, e não apenas na correção de falhas [36].

Nesse contexto, destaca-se a importância da documentação formal dos processos, definidos como conjuntos de atividades inter-relacionadas que se transformam em produtos ou serviços entregues ao paciente. A elaboração de POPs torna-se, portanto, um elemento essencial da gestão da qualidade em

radioterapia ao reduzir a variabilidade, definir responsabilidades, padronizar etapas críticas e criar barreiras efetivas para mitigar os riscos identificados [37].

O objetivo do POP é de trazer as informações de como fazer cada atividade, através do passo a passo que deve ser seguido meticulosamente pelos profissionais. As instruções trazidas pelo POP são imprescindíveis para garantir que toda a equipe multiprofissional realize os procedimentos de forma uniforme. De acordo com a OMS, os POPs garantem que as atividades sejam realizadas com uniformidade, exatidão e qualidade [37].

4 METODOLOGIA

A realização dessa pesquisa foi desenvolvida segundo os preceitos metodológicos da pesquisa de campo, caracterizando-se como uma pesquisa aplicada e de natureza descritiva. Adotou-se a observação participante como técnica de coleta de dados, permitindo o acompanhamento sistemático do fenômeno em seu contexto natural e o registro de eventos tal como ocorrem espontaneamente. Essa abordagem possibilitou a obtenção de informações diretamente relacionadas ao problema investigado, favorecendo uma compreensão aprofundada de suas características e dinâmicas [38].

A observação participante foi empregada como técnica de coleta de dados, uma vez que a pesquisadora integra a equipe multiprofissional do serviço de radioterapia. Foi conduzida, portanto, em um ambiente real de prática clínica, o que possibilitou acompanhar de forma contínua o fluxo de trabalho relacionado ao tratamento de mama esquerda com a técnica DIBH.

4.1 Pesquisa bibliográfica

A primeira fase de uma pesquisa de campo consiste na realização de uma pesquisa bibliográfica sobre o tema, procurando entender em que estado se encontra o problema da pesquisa a partir da comparação da realidade atual do serviço com outros trabalhos que já foram realizados sobre o assunto [38].

Após a identificação da necessidade de padronização do processo de planejamento e tratamento de câncer de mama esquerda com a técnica DIBH, realizamos uma pesquisa nas publicações existentes buscando por protocolos e recomendações de boas práticas para tratamentos de radioterapia utilizando técnicas de apneia, com o intuito de desenvolver um POP aplicável à realidade do serviço de radioterapia do Hospital Vila Nova Star, em São Paulo – SP.

4.2 Observação participante

A observação do processo em campo foi realizada a partir das técnicas de observação realizada de forma espontânea, em que se recolhe e se registra os

fatos da realidade sem que o pesquisador precise utilizar de meios técnicos especiais ou precise fazer perguntas diretas aos envolvidos. Além disso, trata-se também de observação participante na vida real, ou seja, as observações foram realizadas no ambiente real à medida em que os fatos foram ocorrendo espontaneamente; a participação do pesquisador é real, de maneira que ele se incorpora ao grupo, participando das atividades normais deste [38].

Por se tratar de uma atividade cotidiana da pesquisadora no serviço, não foram utilizados instrumentos formais de registro durante as observações, preservando a dinâmica habitual da assistência e evitando interferências no processo clínico. Contudo, as informações observadas foram posteriormente sistematizadas e analisadas de maneira estruturada, tomando como referência os princípios da pesquisa aplicada e descritiva.

4.3 Grupo de trabalho

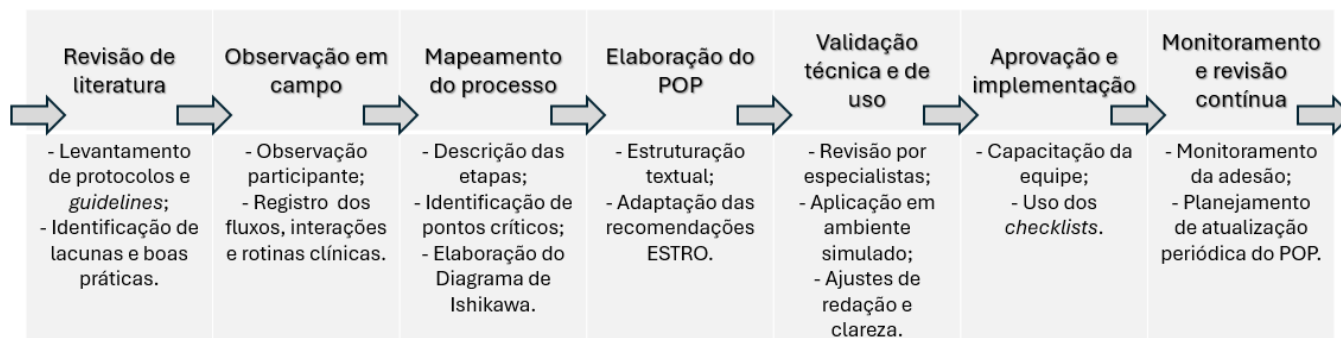
A fim de estruturar o POP de forma alinhada com a prática clínica incorporada pelo serviço em questão, visto que a técnica já faz parte dos protocolos clínicos adotados e utilizados diariamente, realizamos o mapeamento do processo desde a consulta médica até o término do tratamento. A etapa de mapeamento do processo foi fundamentada nos princípios de gerenciamento da qualidade em serviços de radioterapia descritos no TG-100 da AAPM, que orienta a aplicação de ferramentas como FMEA e fluxogramas de processos [36].

Foram selecionados profissionais que estão diariamente envolvidos no processo de planejamento e tratamento para formar um grupo de trabalho responsável por mapear a forma como o processo é desenvolvido no serviço, assim como as responsabilidades de cada profissional na elaboração e validação do POP. O grupo de trabalho foi formado por tecnólogos em radioterapia, dosimetrista e físicos médicos. Os profissionais escolhidos para compor o grupo de trabalho foram selecionados com base na sua atuação direta nos processos de simulação e de tratamento radioterápico utilizando a técnica DIBH, de forma que todos possuem amplo conhecimento sobre todas as etapas do processo.

4.4 Etapas da pesquisa

De uma maneira geral, as etapas que culminaram no desenvolvimento da pesquisa e elaboração do POP estão dispostas no fluxograma da Figura 6.

Figura 6 – Etapas metodológicas da pesquisa



Fonte: Próprio autor.

O fluxograma apresenta de forma sequencial as etapas metodológicas adotadas para a elaboração do POP destinado ao tratamento radioterápico de câncer de mama esquerda com a técnica DIBH. O processo iniciou-se com a revisão de literatura, etapa na qual foram identificadas publicações e *guidelines* existentes. Em seguida, realizou-se uma observação em campo, por meio da prática de observação participante, onde foram realizados registros de fluxos de trabalho e análises das interações entre os profissionais durante a realização da rotina clínica. Na fase de mapeamento do processo, foram identificadas e descritas em formato adaptado ao modelo do Diagrama de Ishikawa as etapas do processo. A etapa seguinte compreendeu a elaboração do POP, estruturado de acordo com as recomendações da ESTRO, atentando-se aos princípios de clareza e padronização textual, seguida pela validação técnica e de uso, por meio da revisão do documento por profissionais especialistas e da aplicação do procedimento em um ambiente em condições de trabalho simulado. Após a validação, o POP passou por fase de aprovação e seguirá com a implantação na rotina, onde será realizada a capacitação da equipe multiprofissional. Por fim, foi estruturado um plano de monitoramento com o intuito de acompanhar a adesão do POP e planejar futuras atualizações do documento.

4.5 Elaboração do POP

Utilizamos como referência metodológica específica para a elaboração do POP o documento norteador do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS) para elaboração e gestão de documentos da qualidade [39]. As recomendações específicas sobre radioterapia com a utilização da técnica DIBH foram adaptadas das recomendações da ESTRO¹.

Durante a elaboração do POP, foram organizadas informações de acordo com cada etapa do processo, incluindo a ordem em que estas etapas ocorrem na rotina diária. Foi utilizada uma linguagem clara e acessível a todos os profissionais, descrevendo quais são as responsabilidades de cada um para a aplicação do protocolo. Além disso, foram definidos termos para serem utilizados durante a comunicação com o paciente, visando padronizar a linguagem e evitar falhas de comunicação, como recomendado no *guideline* da ESTRO [7].

Em adição ao POP, foram desenvolvidos dois documentos no modelo de *checklist*; o primeiro para orientar a etapa de simulação do tratamento, incluindo o treinamento respiratório que deve ser realizado com o paciente antes da aquisição das imagens de planejamento; o segundo *checklist* tem a função de orientar o primeiro dia de tratamento, com o objetivo de garantir a reprodutibilidade da técnica.

4.6 Validação do POP

As etapas subsequentes à formulação do POP corresponderam ao processo de validação do protocolo, conduzido em duas fases complementares: validação técnica e validação de uso. A validação técnica consistiu na revisão do conteúdo por profissionais diretamente envolvidos na execução dos procedimentos descritos no POP. Nessa etapa, a foram solicitadas devolutivas qualitativas por parte dos especialistas, as quais foram fornecidas de forma verbal à pesquisadora durante as atividades de rotina. As informações oriundas dessas interações foram registradas imediatamente após as interações, considerando critérios como

¹ESTRO-ACROP *guideline: recommendations on implementation of breath-hold techniques in radiotherapy* (AZNAR et. al, 2023).

exatidão técnica, coerência entre as etapas, adequação terminológica e alinhamento às práticas vigentes do serviço.

Na etapa seguinte, correspondente à validação de uso, caracterizada como uma análise qualitativa aplicada em contexto simulado de rotina clínica, os dados foram igualmente coletados de forma verbal e observacional. Para essa fase, foram selecionados dois profissionais voluntários, ambos com experiência prévia na aplicação da técnica DIBH. Os participantes realizaram a execução completa do processo, utilizando os *checklists* elaborados como instrumentos norteadores. O objetivo almejado com esta etapa era verificar a praticidade de aplicação do protocolo e, com o olhar mais direcionado à prática, além de avaliar a qualidade do conteúdo produzido, ajustando a redação do texto conforme as dificuldades de interpretação, ambiguidades e os riscos identificados no projeto.

Os critérios objetivos de aceitação do protocolo incluíram:

- (i) clareza e padronização da linguagem;
- (ii) aplicabilidade dos *checklists*;
- (iii) coerência entre as etapas do processo e responsabilidades profissionais;
- (iv) tempo médio de execução, considerando os diferentes níveis de formação e experiência dos usuários.

A análise dos dados, provenientes tanto das devolutivas verbais quando das observações, foi conduzida segundo os princípios da análise qualitativa de conteúdo, permitindo identificar padrões e oportunidades de refinamento do POP, resultando em uma versão final mais precisa, aplicável e alinhada às demandas da prática clínica.

Após validado tecnicamente, o POP foi apresentado e submetido à aprovação para uso clínico pela coordenação do serviço. A equipe técnica envolvida nos processos de planejamento e tratamento do câncer de mama esquerda com a técnica DIBH receberá treinamento para utilização dos *checklists* para a efetiva implantação do processo estruturado na rotina clínica diária.

5 RESULTADOS

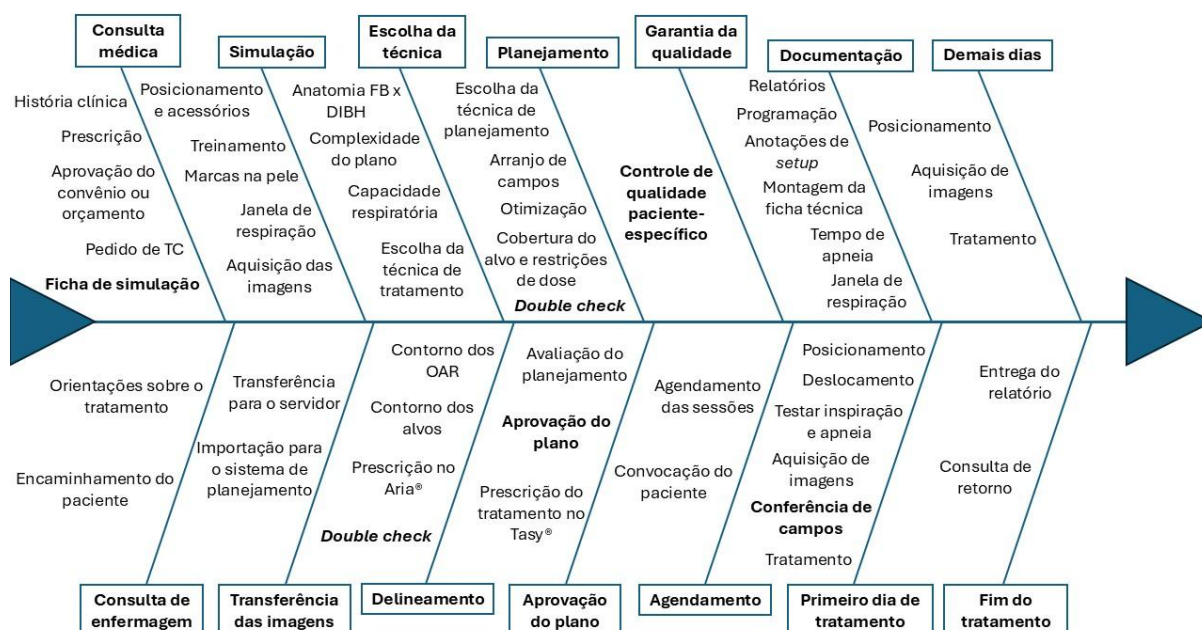
Este estudo teve como objetivo principal a elaboração de um POP para a simulação e tratamento do câncer de mama esquerda utilizando a técnica DIBH. Os resultados obtidos correspondem ao mapeamento do processo e à elaboração, validação e disponibilização do POP para utilização na prática clínica diária. Durante o desenvolvimento desse fluxo, adotou-se a abordagem de análise de processos proposta pelo TG-100 da AAPM, que destaca a importância da implementação de barreiras para mitigar falhas potenciais e reduzir a variabilidade operacional [36].

Nesse contexto, foram desenvolvidos dois *checklists* – um para a simulação e outro para o tratamento – concebidos como barreiras de segurança destinadas a reforçar etapas críticas, promover a padronização e aumentar a segurança na execução da técnica DIBH. Vale ressaltar que o conceito de barreiras de segurança, também conhecidas como pontos críticos de controle, trata-se de mecanismos projetados para impedir que erros ou falhas ocorram ou se propaguem pelo fluxo de trabalho, atingindo o paciente [36].

Para que a elaboração do POP fosse realizada alinhada à prática clínica do serviço de radioterapia, as observações do processo em sua totalidade permitiram a realização de um mapa do processo, o qual trata-se de uma ilustração visual das diferentes etapas do processo, demonstrando o fluxo dessas etapas do início ao fim do processo [32].

O TG-100 estabelece que o mapa de processo, na radioterapia, trata-se de uma representação sistemática, sequencial e abrangente de todas as etapas envolvidas na prestação do tratamento, desde a avaliação inicial do paciente até o seguimento pós-terapêutico. O mapa busca descrever graficamente o fluxo real de trabalho, incluindo atividades clínicas, decisões críticas, interações entre profissionais, uso de equipamentos e pontos de verificação, permitindo visualizar com clareza onde os erros podem ocorrer e quais etapas são interdependentes [36]. A Figura 7 demonstra o mapa do processo da radioterapia utilizando a técnica DIBH, no Hospital Vila Nova Star.

Figura 7 – Mapa do processo



Fonte: Próprio autor.

No contexto deste trabalho, o diagrama foi adaptado para representar as fases sequenciais do processo de planejamento e execução do tratamento radioterápico, divididas em 14 etapas que compreendem desde a consulta médica até o término do tratamento. Essa adaptação permite visualizar de forma integrada as atividades que compõem o fluxo operacional do serviço, visando alcançar o sucesso do tratamento. Foram destacadas, em negrito, as atividades consideradas pontos críticos do processo, sobre as quais vale ressaltar algumas considerações:

- **Ficha de simulação:** é o documento elaborado pelo radio-oncologista responsável pelo caso, onde ele inclui informações relevantes ao profissional responsável pela realização da simulação, tais como posicionamento do paciente, necessidade de injeção de meios de contraste, utilização de imagens adicionais ao planejamento e indicação de realização de imagem com a técnica DIBH.
- **Double check do delineamento:** nesta etapa um segundo radio-oncologista realiza a dupla checagem do delineamento dos OAR, realizado pelo dosimetrista e dos alvos de tratamento, realizado pelo médico responsável pelo caso. A dupla checagem também envolve a prescrição do tratamento, ou seja, a dose de radiação e o número de frações indicados.

- *Double check* do planejamento: a dupla checagem do planejamento é realizada por um físico médico especialista em radioterapia, onde são checados todos os parâmetros técnicos utilizados no plano do tratamento.
- Aprovação do plano: etapa de responsabilidade do radio-oncologista responsável pelo tratamento do paciente. É extremamente importante para avaliação da distribuição de dose alcançada com o planejamento, sendo que devem ser avaliadas a cobertura dos volumes alvo e as restrições de dose dos OAR, considerando todas as especificidades de cada caso.
- Controle de qualidade paciente-específico: visa garantir que o acelerador linear é capaz de entregar o plano de tratamento calculado.
- Conferência de campos: é realizado imediatamente antes da entrega da dose ao paciente. É extremamente importante que seja realizada com atenção total ao processo, pois é a última oportunidade de se detectar alguma falha no processo antes da irradiação.

5.1 Processo de elaboração

A elaboração do POP seguiu as etapas metodológicas apresentadas no capítulo destinado à descrição da metodologia, sendo estas a revisão de literatura; elaboração dos documentos, consulta a profissionais especialistas para garantir a aderência com a prática clínica e validação final do POP com a aplicação do projeto piloto.

Seguindo as recomendações da OMS para a elaboração de um POP, buscamos apresentar as informações de maneira detalhada, de forma que um profissional que não realize normalmente o procedimento em suas atividades diárias também possa ser capaz de realizá-lo, seguindo o passo a passo descrito no POP. A leitura e compreensão do documento está clara para servir como material de estudo e treinamento de novos profissionais [37]. O POP está disposto no Apêndice A, contemplando as responsabilidades de cada profissional, estrutura necessária para a realização da técnica, critérios de seleção de pacientes elegíveis,

treinamento respiratório do paciente, simulação do tratamento, aquisição das imagens, delineamento dos OAR, planejamento e documentação da ficha técnica.

Foram elaborados dois *checklists*, um voltado para a etapa de simulação do tratamento, incluindo o treinamento respiratório do paciente (disponível no Apêndice B) e outro voltado para o tratamento (disponível no Apêndice C). Estes documentos contêm informações importantes no sentido de orientar as duas etapas do processo a que se referem, além de disponibilizar campos para anotações de informações relevantes a todo o tratamento do paciente, portanto, ficarão anexados ao prontuário, juntamente com os relatórios do planejamento do tratamento e ficha técnica.

5.2 Apresentação do POP

O POP é apresentado integralmente no Apêndice A desse trabalho. Nessa seção destacamos trechos exemplificativos da estrutura do documento como um todo.

5.2.1 Objetivo

O objetivo do POP é estabelecer o procedimento operacional padrão para as etapas de simulação e execução da radioterapia em pacientes com câncer de mama esquerda com a técnica DIBH, utilizando o sistema de gerenciamento respiratório RGSC (*Respiratory Gating for Scanners*), da empresa Varian Medical Systems (Palo Alto, CA, EUA).

5.2.2 Abrangência

O POP aplica-se à equipe multiprofissional do serviço de radioterapia do Hospital Vila Nova Star, composta por radio-oncologistas, enfermeiros, físicos médicos, dosimetristas e tecnólogos em radioterapia; e as instruções contidas no corpo do documento servem como orientação para o tratamento dos pacientes diagnosticados com câncer de mama esquerda e que receberam indicação de simulação e/ou tratamento com a técnica DIBH.

5.2.3 Elementos pré-procedimento

Foi elaborado um quadro de significados e definições das siglas que foram citadas no texto do POP para facilitar o entendimento do leitor, como uma forma rápida e prática de consulta. Além disso, as responsabilidades de cada profissional que compõe a equipe multiprofissional foram descritas de forma cronológica, à medida em que tais responsabilidades surgem durante a execução do processo na prática clínica diária.

Como última seção pré-procedimento, listamos e descrevemos todos os materiais e equipamentos que são necessários para a realização da radioterapia para câncer de mama esquerda utilizando a técnica DIBH no serviço em questão.

5.2.4 Procedimento

Na seção destinada à descrição do procedimento descrevemos todo o processo de simulação e planejamento do tratamento do paciente, além dos critérios de seleção de pacientes.

Resumidamente, a etapa de simulação é descrita incluindo as seguintes informações:

- *setup* da simulação;
- orientações iniciais ao paciente e explicação do funcionamento da técnica;
- apresentação dos termos utilizados para o *coaching* da respiração;
- posicionamento do paciente para o tratamento;
- treinamento da apneia;
- marcas de referência para o posicionamento;
- anotações referentes à capacidade respiratória do paciente;
- aquisição das imagens e gravação da curva respiratória.

A simulação do tratamento também serve como um momento crucial para a avaliação da equipe multiprofissional sobre a possibilidade de adesão do paciente à técnica DIBH. Em vista disso, formulamos um *checklist* para orientar os profissionais responsáveis pela execução desta etapa, incluindo campos para anotação de tempos respiratórios e o número de vezes que cada exercício deve

ser realizado. Estas informações ficarão anexadas ao prontuário do paciente, juntamente com a ficha técnica, e podem servir como fonte de consulta durante o tratamento em casos em que haja necessidade.

O planejamento do tratamento compreende o delineamento dos volumes alvo e dos OAR e o cálculo da distribuição da dose prescrita pelo radio-oncologista. A escolha da melhor técnica para o planejamento será realizada de acordo com a anatomia do paciente e com a complexidade do caso. O POP apresenta quais são os volumes que devem ser contornados e quais são os objetivos clínicos e restrições de dose aceitáveis para a radioterapia de mama esquerda.

Por último, são apresentados os passos para a correta documentação da ficha técnica e programação do tratamento no sistema de gerenciamento. É importante destacar que um campo com o registro de apneia deve ser preenchido e fornecido aos tecnólogos em radioterapia para que haja a reprodutibilidade do tratamento. O campo para registro de apneia está localizado na ficha de acessórios, a qual encontra-se no Apêndice D.

5.3 Plano de monitoramento da implantação do POP

Com o objetivo de garantir que o POP elaborado seja aplicado de forma consistente e sustentável na rotina clínica, foi desenvolvido um plano de monitoramento da sua implantação. O plano tem a finalidade de acompanhar a aderência da equipe técnica às instruções do POP, avaliar a efetividade das ferramentas de apoio (*checklists*) e promover a melhoria contínua do processo.

A proposta de monitoramento foi construída de modo participativo, envolvendo a atuação dos profissionais que atuam diretamente nas etapas de simulação, planejamento e execução do tratamento. Para isso, foram definidos indicadores com o objetivo de mensurar algumas variáveis relacionadas à padronização das atividades e ao desempenho clínico da aplicação do POP.

Os indicadores permitirão identificar possíveis desvios no processo, mensurar os resultados obtidos com a padronização e fornecer subsídios para decisões baseadas em evidências. O plano de monitoramento completo encontra-se no Apêndice E.

6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Embora a técnica DIBH apresente benefícios dosimétricos amplamente documentados, a sua implementação clínica envolve desafios significativos à rotina dos serviços. A seleção criteriosa dos pacientes é um dos principais fatores determinantes para a indicação adequada da técnica, uma vez que limitações anatômicas podem acarretar pouco ou nenhum benefício dosimétrico. Além disso, alguns pacientes podem apresentar dificuldade em manter o padrão respiratório necessário ou não toleram o tempo de apneia exigido, comprometendo a reprodutibilidade das sessões de tratamento, o que adiciona riscos ao processo. Fatores como baixa capacidade pulmonar, dificuldade em manter o controle respiratório e ansiedade associada ao procedimento podem comprometer a efetividade e a reprodutibilidade da técnica [27].

Outro desafio está na convergência da comunicação entre a equipe multidisciplinar com o paciente, que deve ocorrer de forma clara e sincronizada em todas as etapas do processo. A literatura destaca que a variabilidade interinstitucional e as diferenças nos métodos de aplicação da técnica DIBH podem afetar a padronização e a qualidade do tratamento [24]. A técnica exige a sincronização precisa entre o comando respiratório do paciente e a entrega da dose, tornando indispensável a comunicação eficiente entre os profissionais e o paciente durante todas as etapas, desde a simulação até o tratamento. Nesse contexto, a educação continuada e a criação de protocolos operacionais claros e bem definidos são essenciais para garantir consistência e segurança no processo.

Sendo assim, a elaboração do POP para o tratamento radioterápico de câncer de mama esquerda com a técnica DIBH representa um avanço significativo para a padronização e segurança da prática clínica no serviço estudado. O processo, baseado nas recomendações internacionais da ESTRO e seguindo os princípios de padronização da metodologia TG-100 da AAPM, visa minimizar variações de assistência entre profissionais e promover uma cultura de qualidade centrada na qualidade do atendimento e segurança do paciente.

A aplicação do POP permitiu estruturar de forma uniforme todas as etapas envolvidas no processo de simulação, planejamento e execução do tratamento, reduzindo a variabilidade interprofissional e aumentando a rastreabilidade das

atividades. Além disso, o documento fornece suporte técnico e educativo, podendo ser utilizado tanto como guia operacional para a equipe multiprofissional quando como material de treinamento para novos profissionais do serviço.

Um dos principais ganhos observados durante a fase de validação foi a clareza das instruções e a facilidade de compreensão do protocolo por profissionais que não estavam diretamente envolvidos na sua elaboração, demonstrando a efetividade do POP como ferramenta de comunicação e integração da equipe. A elaboração dos *checklists* complementares também contribuiu para consolidar a padronização das etapas críticas, especialmente a simulação e o primeiro dia do tratamento, favorecendo a reprodutibilidade e o controle de qualidade do processo.

Uma preocupação recorrente com relação à técnica DIBH está relacionada com a demanda logística adicional em relação do tempo necessário para a realização dos procedimentos. A validação do protocolo mostrou-se exequível dentro da rotina clínica, sem prolongar de forma significativa o tempo total disponível atualmente para a simulação e as sessões de tratamento. Sendo assim, sustenta-se a aplicabilidade da técnica em cenários onde há a associação com sistemas de monitoramento respiratório como o RGSC, capaz de assegurar estabilidade e precisão no controle do movimento respiratório do paciente.

Considerando o caráter aplicado desta pesquisa, foi estruturado um plano de monitoramento da implantação do POP, com o objetivo de acompanhar a efetividade e a adesão da equipe técnica à nova rotina. O plano prevê a utilização de indicadores quantitativos e qualitativos, permitindo a identificação de possíveis falhas e oportunidades de melhoria contínua. Entre os principais indicadores propostos, destacam-se:

- taxa de preenchimento dos *checklists*;
- tempo médio de apneia durante o tratamento;
- taxa de reprodutibilidade da janela respiratória.

A adoção do plano de monitoramento permite ao serviço consolidar uma abordagem prospectiva de gestão da qualidade, baseada em evidências e centrada na segurança dos processos, além de favorecer o desenvolvimento de uma cultura institucional de aprendizado contínuo. Além disso, possibilita a criação de um banco de dados interno com informações que podem ser úteis para futuras auditorias e revisões de processos, contribuindo para o aprimoramento da prática clínica e para a formação de novos profissionais.

Por fim, a elaboração e validação do POP resultante desta pesquisa demonstraram que a padronização de processos técnicos complexos, como o tratamento radioterápico utilizando a técnica DIBH, é viável e eficaz quando realizada de forma colaborativa, envolvendo diferentes profissionais responsáveis por cada etapa do processo. Além disso, a implementação de protocolos padronizados, como o proposto neste trabalho, é uma ferramenta essencial para mitigar dificuldades referentes à gestão, treinamento contínuo e comunicação efetiva, assegurando reprodutibilidade, segurança e otimização dos recursos.

Espera-se que o documento gerado sirva de referência para outros serviços de radioterapia e que o plano de monitoramento proposto sustente a melhoria contínua e a manutenção da qualidade assistencial.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo a elaboração de um POP para o tratamento radioterápico de pacientes com câncer de mama esquerda utilizando a técnica DIBH, sendo que o documento proposto foi desenvolvido com base em evidências científicas, diretrizes internacionais e observação prática do fluxo de trabalho em um serviço de radioterapia de alta complexidade e, posteriormente validado por meio da aplicação de um projeto piloto em condições de trabalho simuladas.

A implementação do POP representa um avanço importante na padronização dos processos técnicos e na consolidação de uma cultura de segurança e qualidade no ambiente clínico. O material elaborado proporciona clareza nas etapas de simulação, planejamento e tratamento, garantindo a reprodutibilidade dos procedimentos e minimizando falhas associadas à variabilidade operacional entre os profissionais que compõem a equipe multidisciplinar. Além disso, a criação dos *checklists* complementares fortalece o controle de qualidade interno e contribui para a rastreabilidade das informações clínicas e técnicas observadas nos processos de simulação e primeiro dia de tratamento.

O POP desenvolvido está alinhado com as recomendações da ESTRO e aos princípios de padronização e qualidade descritos no TG-100 da AAPM, promovendo uma abordagem sistematizada e multidisciplinar para o gerenciamento de riscos e melhoria contínua dos processos. A experiência obtida durante sua validação prática demonstrou a viabilidade de sua aplicação na rotina clínica e o potencial para se tornar um modelo de referência para outros serviços de radioterapia no país, sendo possível a adaptação do protocolo para outras realidades de serviços.

De forma a garantir a manutenção da qualidade e a efetividade do POP ao longo do tempo, foi estruturado um plano de monitoramento da sua implantação na rotina clínica do serviço, contemplando indicadores de adesão e desempenho técnico. O plano de monitoramento constitui uma ferramenta essencial para o acompanhamento sistemático do processo, permitindo identificar desvios, propor melhorias e consolidar uma abordagem prospectiva de gestão da qualidade. Da

mesma forma, sua aplicação contínua deve assegurar que o protocolo se mantenha atualizado e efetivo, fortalecendo a cultura institucional de aprendizado e segurança.

Como complemento às ações voltadas à padronização e segurança, destaca-se a importância de investir na elaboração de um material educativo voltado aos pacientes submetidos ao tratamento radioterápico com a técnica DIBH. Sugere-se que esse material deve conter orientações claras e acessíveis sobre a dinâmica respiratória, a importância da colaboração do paciente durante o procedimento e dicas de treinamento que facilitem o domínio da técnica de inspiração profunda com suspensão da respiração. A educação do paciente, nesse contexto, contribui diretamente para a eficácia do tratamento, reduz a ansiedade durante a simulação e sessões de tratamento, além de promover maior engajamento com a equipe.

A produção desse material educativo – seja em formato impresso, digital ou audiovisual – representaria uma extensão prática do POP proposto, reforçando a integração entre a padronização técnica e a humanização do cuidado. Além de melhorar a adesão e a precisão da técnica, esse recurso pode servir como ferramenta de apoio contínuo para novos pacientes e para a capacitação dos profissionais envolvidos no processo. Portanto, investir na educação voltada ao paciente complementaria de maneira estratégica o esforço de melhoria da qualidade e segurança do tratamento radioterápico.

Como desdobramento deste trabalho, recomenda-se que futuras pesquisas sejam realizadas e direcionadas à realização de um processo de análise prospectiva de risco baseada na metodologia do TG-100, com o objetivo de identificar, quantificar e priorizar potenciais falhas do processo de tratamento radioterápico com a técnica DIBH. Essa análise permitirá a criação de planos de mitigação específicos e contribuirá para a consolidação de um sistema de gestão da qualidade ainda mais robusto e preventivo.

Outra perspectiva de continuidade desta pesquisa envolve a implementação do sistema RapidPlan® (Varian Medical Systems, Palo Alto, CA, EUA), como ferramenta de suporte à decisão clínica, auxiliando na definição da melhor técnica de tratamento indicada para cada paciente, seja em respiração livre ou com controle respiratório, utilizando a técnica DIBH. O uso de modelos preditivos de dose, baseados em inteligência artificial, como é o caso do RapidPlan, poderá

garantir maior consistência nos resultados dosimétricos, beneficiando os pacientes tratados.

É importante ressaltar que o desenvolvimento do modelo RapidPlan já foi iniciado no serviço, constituindo uma etapa fundamental para a implementação futura de um sistema inteligente de apoio à decisão clínica. A integração entre a padronização operacional proposta pelo POP desenvolvido, a análise de risco baseada no TG-100 e a utilização de modelos automatizados para predição dosimétrica representa uma evolução significativa direcionando o serviço para a prestação de serviços de forma cada vez mais seguros, eficientes e personalizados à cada paciente.

Dessa forma, conclui-se que a construção de validação deste POP contribui de maneira prática e efetiva para a melhoria da qualidade e da segurança no tratamento radioterápico de câncer de mama esquerda com a técnica DIBH, servindo como uma base sólida para o aprimoramento contínuo dos processos e para o desenvolvimento de novas abordagens tecnológicas, além de melhorar de forma significativa a experiência do paciente submetido ao tratamento.

REFERÊNCIAS

- [1] INSTITUTO NACIONAL DO CÂNCER. **Estimativa 2023**: Incidência de câncer no Brasil. Rio de Janeiro: INCA, 2022. Disponível em: <https://www.inca.gov.br/sites/ufu.sti.inca.local/files/media/document/estimativa-2023.pdf>. Acesso em: 22 set 2024.
- [2] HENNEQUIN, C. *et. al.* Radiotherapy of breast cancer. **Cancer/Radiothérapie**, v. 26, n. 1-2, p. 221-230, fev-abr, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1278321821003036?via%3Dihub>. Acesso em: 22 set 2024.
- [3] POLGÁR, Csaba *et. al.* Radiotherapy of breast cancer – Professional Guideline 1st Central-Eastern European Professional Consensus Statement on Breast Cancer. **Pathology and Oncology Research**, v. 28, jun, 2022. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9272418/>. Acesso em: 23 set 2024.
- [4] TAYLOR, Carolyn *et. al.* Estimating the risks of breast cancer radiotherapy: evidence from modern radiation doses to the lungs and heart and from previous randomized trials. **Journal of Clinical Oncology**, v. 35, n. 15, p. 1641-1649, mar, 2020. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5548226/>. Acesso em: 22 set 2024.
- [5] SIMONETTO, Cristoforo *et. al.* Does deep inspiration breath-hold prolong life? Individual risk estimates of ischaemic heart disease after breast cancer radiotherapy. **Radiotherapy and Oncology**, v. 131, p. 202-207, fev, 2019. Disponível em: [https://www.thegreenjournal.com/article/S0167-8140\(18\)33423-6/fulltext](https://www.thegreenjournal.com/article/S0167-8140(18)33423-6/fulltext). Acesso em: 22 set 2024.
- [6] DARBY, Sarah C. *et. al.* Risk of ischemic heart disease in women after radiotherapy for breast cancer. **The New England Journal of Medicine**, v. 368, n. 11, p.987-998, mar, 2013. Disponível em: <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMoa1209825>. Acesso em: 22 set 2024.
- [7] AZNAR, Marianne Camille *et. al.* ESTRO-ACROP guideline: Recommendations on implementation of breath-hold techniques in radiotherapy. **Radiotherapy and Oncology**, v. 185, ago, 2023. Disponível em: [https://www.thegreenjournal.com/article/S0167-8140\(23\)00272-4/fulltext](https://www.thegreenjournal.com/article/S0167-8140(23)00272-4/fulltext). Acesso em: 20 set 2024.
- [8] KEALL, Paul J. *et. al.* The management of respiratory motion in radiation oncology report of AAPM Task Group 76. **Medical Physics**, v. 33, n. 10, p. 3874-3900, set, 2006. Disponível em: <https://aapm.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1118/1.2349696>. Acesso em: 05 out 2024.
- [9] PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION. **Cancer**. Washington, DC: PAHO, 2025. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/topicos/cancer>. Acesso em: 18 jan 2025.

[10] INSTITUTO NACIONAL DO CÂNCER. **Estatísticas de câncer**. Rio de Janeiro: INCA, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/cancer/numeros>. Acesso em: 18 jan 2025.

[11] PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION. **Breast cancer**. Washington, DC: PAHO, 2025. Disponível em: <https://www.paho.org/en/topics/breast-cancer>. Acesso em: 18 jan 2025.

[12] PDQ® ADULT TREATMENT. **PDQ Breast cancer treatment**: health professional version. Bethesda, MD: National Cancer Institute, 2024. Disponível em: <https://www.cancer.gov/types/breast/hp/breast-treatment-pdq>. Acesso em: 18 jan 2025.

[13] DARBY, S. *et. al.* Effect of radiotherapy after breast-conserving surgery on 10-year recurrence and 15-year breast cancer death: meta-analysis of individual patient data for 10.801 women in 17 randomised trials. **Lancet**, v. 12, n. 378, p. 1707-1716, nov, 2011. Disponível em <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3254252/>. Acesso em: 18 jan 2025.

[14] WU, Zhiyuan *et. al.* Hypofractionated versus conventional postmastectomy irradiation for breast cancer: comparison of acute skin toxicity. **Breast cancer**, v. 16, p. 423-432, jul, 2024. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11297561/>. Acesso em: 19 jan 2025.

[15] RATOSA, Ivica *et. al.* Ultra-hypofractionated one-week locoregional radiotherapy for patients with early breast cancer: acute toxicity results. **Clinical and Translational Radiation Oncology**, v. 46, mar, 2024. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10955656/>. Acesso em: 19 jan 2025.

[16] BRUNT, Adrian Murray *et. al.* One versus three weeks hypofractionated whole breast radiotherapy for early breast cancer treatment: the FAST-Forward phase III RCT. **Health Technology Assessment**, v. 27, n. 25, nov, 2023. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK597550/>. Acesso em: 25 set 2024.

[17] TUDELA, Angel Calvo *et. al.* Ultrahypofractionation in postoperative radiotherapy for breast cancer: a single-institution retrospective cohort series. **Cancer Medicine**, v. 13, n. 13, jul, 2024. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11226724/>. Acesso em: 19 jan 2025.

[18] MAST, M. E. *et. al.* ESTRO-ACROP guideline for positioning, immobilisation and setup verification for local and loco-regional photon breast cancer irradiation. **Technical Innovations & Patient Support in Radiation Oncology**, v. 28, set. 2023. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10511493/>. Acesso em: 18 mai 2025.

[19] ICRU - INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIATION UNITS AND MEASUREMENTS. **Prescribing, Recording, and Reporting Photon Beam Therapy**. ICRU Report 50. Bethesda: ICRU, 1993.

[20] ICRU - INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIATION UNITS AND MEASUREMENTS. **Prescribing, Recording, and Reporting Photon Beam Therapy (supplement to ICRU Report 50)**. ICRU Report 62. Bethesda: ICRU, 1999.

[21] HOU, Niuniu *et al.* Radiotherapy and increased risk of second primary cancers in breast cancer survivors: an epidemiological and large cohort study. **The Breast**, v. 78, out, 2024. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11532779/>. Acesso em: 19 jan 2025.

[22] PERMAN, Mats *et al.* Doses to the right coronary artery and the left anterior descending coronary artery and death from ischemic heart disease after breast cancer radiotherapy: a case-control study in a population-based cohort. **Acta Oncologica**, v. 63, abr, 2024. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11332482/>. Acesso em 19 jan 2025.

[23] YONGKAI, Lu *et al.* Comparison of deep inspiration breath-hold versus free breathing in radiotherapy for left sided breast cancer. **Frontiers in Oncology**, v. 12, abr, 2022. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9069140/>. Acesso em: 25 jan 2025.

[24] BERGOM, Carmen *et al.* Deep inspiration breath hold: techniques and advantages for cardiac sparing during breast cancer irradiation. **Frontiers in Oncology**, v. 8, n. 87, abr 2018. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5893752/>. Acesso em: 24 out 2025.

[25] AL-HAMMADI, Noora *et al.* Voluntary deep inspiration breath-hold reduces the heart dose without compromising the target volume coverage during radiotherapy for left-sided breast cancer. **Radiology and Oncology**, v. 52, n. 1, fev, 2018. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5839089/>. Acesso em: 26 jan. 2025.

[26] SCHRÖDER, Christina *et al.* Deep inspiration breath-hold for patients with left-sided breast cancer – a one-fits-all approach? A prospective analysis of patient selection using dosimetrical and practical aspects. **British Journal of Radiology**, v. 95, n. 1135, jun, 2021. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10996328/>. Acesso em 25 jan 2025.

[27] GAÁL, Szilvia *et al.* Deep-inspirational breath-hold (DIBH) technique in left-sided breast cancer: various aspects of clinical utility. **Radiation Oncology**, v. 16, n. 89, mai, 2021. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8117634/>. Acesso em 24 out 2025.

[28] SONG, Jiheon *et al.* Dose-sparing effect of deep inspiration breath hold technique on coronary artery and left ventricle segments in treatment of breast cancer. **Radiotherapy and Oncology**, v. 154, p. 101-109, jan, 2021.

[29] KRON, T. *et al.* TROG 14.04: Multicentre study of feasibility and impact on anxiety of DIBH in breast cancer patients. **Clinical Oncology**, v. 34, n. 9, set, 2022. Disponível em [https://www.clinicaloncologyonline.net/article/S0936-6555\(22\)00269-2/fulltext](https://www.clinicaloncologyonline.net/article/S0936-6555(22)00269-2/fulltext). Acesso em 24 out 2025.

[30] PRUTEANU, Mihail-Vasile *et al.* Highlighting global inequities in health services quality research: a systematic review and quantitative evidence (2014-2023). **Health Research Policy and Systems**, v. 23, n. 105, ago, 2025. Disponível em: <https://health-policy-systems.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12961-025-01376-y>. Acesso em 02 out 2025.

[31] WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Delivering quality health services: a global imperative for universal health coverage**. Genebra: World Health Organization, OECD and World Bank Group, 2020. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241513906>. Acesso em: 02 out 2025.

[32] MACHADO, Juliana Pires *et al.* Avaliação da qualidade do cuidado hospitalar no Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 29, n. 6, jun 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csp/a/FCQdVbYrFMXb8jzjYGT9HJC/?lang=pt>. Acesso em: 02 out 2025.

[33] International Atomic Energy Agency. **Comprehensive audits of radiotherapy practices: a tool for quality improvement: Quality Assurance Team for Radiation Oncology (QUATRO)**. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2007. Disponível em: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1297_web.pdf. Acesso em: 22 nov 2025.

[34] WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Radiotherapy Risk Profile**. Switzerland: World Health Organization, 2008. Disponível em: https://cdn.who.int/media/docs/default-source/patient-safety/radiotherapy/090715-who-radiotherapy_risk_profile.pdf. Acesso em: 22 nov 2025.

[35] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. **Preventing Accidental Exposures from New External Beam Radiation Therapy Technologies**. ICRP Publication 112. Ann. ICRP 39, 2009. Disponível em: <https://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%20112>. Acesso em: 22 nov 2025.

[36] HUQ, M. Saiful *et al.* The report of task group 100 of the AAPM: application of risk analysis methods to radiation therapy quality management. **Medical Physics**, v. 43, n. 7, jun 2016. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4985013/>. Acesso em: 12 out 2025.

[37] WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Laboratory quality management system: handbook**. Genebra: World Health Organization, 2011. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241548274>. Acesso em: 02 out 2025.

[38] MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Técnicas de pesquisa**. 9 ed. São Paulo: Atlas, 2021.

[39] SISTEMA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Gerenciamento de documentos do SNVS**. 4 rev. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/centraisdeconteudo/publicacoes/certificacao-e-fiscalizacao/compilado-procedimentos-SNVS/010/pop-o-snvs-010-rev-3-1-gerenciamento-de-documentos-do-snvs.pdf/view>. Acesso em 01 out 2025.

APÊNDICES

Logo do hospital	NOME DO HOSPITAL			
	PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO			
	Número: POP-01	Revisão: 1	Páginas: 21	Vigência 11/25 – 11/27
RADIOTERAPIA DA MAMA ESQUERDA COM TÉCNICA DE INSPIRAÇÃO PROFUNDA COM SUSPENSÃO DA RESPIRAÇÃO (DIBH)				

APÊNDICE A – PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO

Este POP padroniza o processo de simulação e execução da radioterapia em pacientes com câncer de mama esquerda utilizando a técnica DIBH (*Deep Inspiration Breath-Hold*). O documento descreve todas as etapas do procedimento – preparação do paciente, posicionamento, monitoramento da respiração, aquisição de imagens, planejamento e execução do tratamento – garantindo a qualidade, segurança e consistência do tratamento. Serve como guia para a equipe técnica, facilitando o treinamento dos profissionais e possibilitando a melhoria contínua dos processos.

1 OBJETIVO

Garantir a padronização da radioterapia da mama esquerda utilizando a técnica DIBH, reduzindo a exposição cardíaca e promovendo a segurança e eficácia do procedimento.

2 ABRANGÊNCIA

Aplica-se à equipe multiprofissional do serviço de radioterapia, incluindo radio-oncologistas, enfermeiros, físicos médicos, dosimetristas e tecnólogos em radioterapia.

3 DEFINIÇÕES E SIGLAS

A seguir estão listadas as siglas utilizadas neste POP com suas respectivas definições.

Logo do hospital	NOME DO HOSPITAL			
	PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO			
	Número: POP-01	Revisão: 1	Páginas: 21	Vigência 11/25 – 11/27
RADIOTERAPIA DA MAMA ESQUERDA COM TÉCNICA DE INSPIRAÇÃO PROFUNDA COM SUSPENSÃO DA RESPIRAÇÃO (DIBH)				

Quadro 1 – Lista de siglas, significados e definições

Sigla	Significado	Definição
CBCT	<i>Cone Beam Computed Tomography</i>	Técnica de radioterapia guiada por imagem que utiliza raios X em formato cônico para criar imagens em três dimensões da anatomia do paciente para a localização precisa do tumor.
CTV	<i>Clinical Target Volume</i>	Volume criado para o planejamento do tratamento radioterápico que contém o leito tumoral subclínico, incluindo áreas suspeitas de doença microscópica.
DAP	Distância Ântero-Posterior	Medida do diâmetro corporal do paciente no sentido ântero-posterior (de frente para trás).
DIBH	<i>Deep Inspiration Breath-Hold</i>	Técnica de controle respiratório utilizada em tratamentos de radioterapia, em que é solicitado ao paciente para inspirar profundamente e prender a respiração (apneia) durante a irradiação.
DVH	<i>Dose-Volume Histogram</i>	Gráfico que mostra como a dose de radiação é distribuída dentro de um volume (órgão ou alvo), utilizado para avaliar e comparar planos de tratamento.
FOV	<i>Field of View</i>	Tamanho da região corporal de interesse para a realização de exames de imagem.
IGRT	<i>Image-Guided Radiotherapy</i>	Utilização de imagens adquiridas diretamente na sala de tratamento para verificar e corrigir o posicionamento do paciente e dos volumes alvo nos tratamentos de radioterapia.
OAR	<i>Organs at Risk</i>	Órgãos ou tecidos sadios localizados próximos dos volumes alvo que devem ser poupados de receber altas doses de radiação para prevenir complicações clínicas em decorrência da radioterapia.
PTV	<i>Planning Target Volume</i>	Volume resultante da expansão do CTV utilizado como alvo no planejamento do tratamento (deve ser coberto pela dose de prescrição), considerando uma margem de segurança geométrica.
RGSC	<i>Respiratory Gating for Scanners</i>	Sistema de gerenciamento respiratório.
RTOG	<i>Radiation Therapy Oncology Group</i>	Grupo de pesquisa clínica em oncologia radioterápica dos Estados Unidos (EUA).
TC	Tomografia Computadorizada	Exame de imagem que utiliza raios X e processamento de imagens computadorizado para gerar cortes transversais (axiais) do corpo do paciente.
TPO	Ponto inicial do planejamento do tratamento	Ponto de referência para o posicionamento do paciente, incluindo marcas de referência para a reprodutibilidade do tratamento.

4 RESPONSABILIDADES

As responsabilidades de cada profissional que compõem a equipe multiprofissional são descritas a seguir.

Logo do hospital	NOME DO HOSPITAL			
	PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO			
	Número: POP-01	Revisão: 1	Páginas: 21	Vigência 11/25 – 11/27
RADIOTERAPIA DA MAMA ESQUERDA COM TÉCNICA DE INSPIRAÇÃO PROFUNDA COM SUSPENSÃO DA RESPIRAÇÃO (DIBH)				

Quadro 2 – Responsabilidades dos profissionais da equipe multidisciplinar

Profissional	Responsabilidades
Radio-oncologista	Indicação clínica da técnica DIBH; Delineamento dos volumes alvo para o planejamento; Prescrição da dose; Aprovação do planejamento; Acompanhamento da primeira sessão de tratamento (autoriza a liberação do feixe de radiação); Supervisão do tratamento; Acompanhamento da evolução do paciente durante o tratamento.
Equipe de enfermagem	Orientação do paciente quanto aos cuidados relacionados ao tratamento; Acompanhamento da evolução do paciente durante o tratamento.
Dosimetrista	Realização da simulação do tratamento (definição do posicionamento e escolha dos acessórios de conforto e imobilização) Realização das marcas de referência para a reprodutibilidade do posicionamento diário; Orientação e treinamento da respiração do paciente para a realização da apneia; Operação do sistema RGSC durante a simulação; Aquisição das imagens de tomografia computadorizada e das informações da curva respiratória do paciente para o planejamento; Definição dos limites respiratórios; Importação das imagens para o sistema de planejamento; Delineamento dos órgãos em risco (OAR); Documentação da ficha técnica para o tratamento.
Equipe de física médica	Planejamento da distribuição de dose baseada nas imagens tomográficas adquiridas em apneia e com os devidos volumes alvo e OAR delineados; Garantia da qualidade do acelerador linear e do sistema RGSC; Validação dos limites respiratórios; Testes de controle de qualidade específicos do paciente; Acompanhamento da primeira sessão de tratamento juntamente com o radio-oncologista; Supervisão do tratamento.
Tecnólogos em radioterapia	Treinamento respiratório do paciente; Posicionamento diário de acordo com as informações contidas na ficha técnica e sistema de gerenciamento; Operação do acelerador linear durante o tratamento; Avaliação das imagens de verificação do posicionamento diário; Liberação do feixe; Registro de ocorrências relacionadas ao tratamento.

5 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

Para a realização do tratamento radioterápico dos pacientes com câncer de mama esquerda, utilizando a técnica DIBH, são necessários alguns materiais e equipamentos específicos, como descritos abaixo:

Logo do hospital	NOME DO HOSPITAL			
	PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO			
	Número: POP-01	Revisão: 1	Páginas: 21	Vigência 11/25 – 11/27
RADIOTERAPIA DA MAMA ESQUERDA COM TÉCNICA DE INSPIRAÇÃO PROFUNDA COM SUSPENSÃO DA RESPIRAÇÃO (DIBH)				

- **Sistema de posicionamento AIO:** conjunto de acessórios do sistema AIO da empresa *Orfit Industries* (base indexadora, colchão azul, apoio de braços, cunha cervical, apoio de joelhos e pés, manoplas para suporte de mãos).
- **Vac fix:** colchão à vácuo para molde do pescoço e braços.
- **Sistema RGSC:** sistema de monitoramento respiratório para realizar a sincronização do tratamento com a respiração do tratamento.
- **Câmera infravermelha:** câmera acoplada nas salas do tomógrafo e do acelerador linear para fazer a leitura da movimentação respiratória do paciente.
- **Bloco refletor:** bloco com esferas refletoras compatíveis com a câmera infravermelha para detecção do movimento respiratório.
- **Tomógrafo compatível com *gating*:** tomógrafo compatível com a aquisição das imagens em apneia e que contenha interface com o sistema RGSC.
- **Computador para aquisição da curva respiratória:** computador com o *software* do sistema RGSC instalado e calibrado.
- **Sistema de planejamento:** sistema de planejamento *Eclipse*, da empresa *Varian Medical Systems* (Palo Alto, CA, EUA).
- **Console de controle:** sala de comando com comunicação visual e de áudio com o paciente e computadores com *software* para registro e controle do tratamento.
- **Acelerador linear compatível com *gating*:** acelerador linear *TrueBeam*, da empresa *Varian Medical Systems* (Palo Alto, CA, EUA).

6 PROCEDIMENTO

O processo de planejamento e execução do tratamento de radioterapia de câncer de mama esquerda com a técnica DIBH deve ser realizado de acordo com os procedimentos descritos a nesta seção.

Logo do hospital	NOME DO HOSPITAL			
	PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO			
	Número: POP-01	Revisão: 1	Páginas: 21	Vigência 11/25 – 11/27
RADIOTERAPIA DA MAMA ESQUERDA COM TÉCNICA DE INSPIRAÇÃO PROFUNDA COM SUSPENSÃO DA RESPIRAÇÃO (DIBH)				

6.1 Seleção de pacientes

Os critérios para seleção do paciente para a realização da simulação do tratamento com a técnica DIBH são descritos a seguir:

- Paciente com boa compreensão e colaboração;
- Capaz de manter apneia estável (idealmente ≥ 20 segundos);
- Indicação médica para a utilização da técnica na ficha de simulação (câncer de mama esquerda);

Atenção: se o paciente tem indicação de tratamento de mama esquerda e não estiver sinalizado na ficha de simulação a fase do ciclo respiratório **inspiração forçada**, confirmar a conduta com o médico responsável pelo caso.

6.2 Simulação do tratamento

A preparação do *setup* para a simulação do tratamento deve ser realizada antes de o paciente entrar em sala e deve estar de acordo com as especificações abaixo:

- Base indexadora e AIO azul;
- Cunha cervical com 9° de angulação na posição invertida;
- Apoio de braços baixo (preferencialmente);
- Manoplas para os braços direito e esquerdo (preferencialmente);
- Vac fix hemicorpo sob os braços (o vac fix deve ser moldado sobre a cunha e o apoio de braços);
- Pro step a apoio e conforto dos joelhos e pés;
- Câmera acoplada na mesa do tomógrafo;
- Carregar o protocolo de exame de radioterapia **RT-Mama *Breath-Hold*** no tomógrafo (o tempo de realização das imagens está otimizado neste protocolo, com aquisição durando ~16 segundos, dependendo do tamanho do *Field of View* (FOV) determinado para a aquisição);

Logo do hospital	NOME DO HOSPITAL			
	PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO			
	Número: POP-01	Revisão: 1	Páginas: 21	Vigência 11/25 – 11/27
RADIOTERAPIA DA MAMA ESQUERDA COM TÉCNICA DE INSPIRAÇÃO PROFUNDA COM SUSPENSÃO DA RESPIRAÇÃO (DIBH)				

- Ligar o computador do RGSC e iniciar uma nova sessão utilizando o número do prontuário do paciente (nomear a sessão de acordo com o padrão de nomenclatura adotado pelo serviço, da seguinte maneira: DD/MM/AAA DIBH);
- Se certificar de que a câmera está calibrada (em caso de falta de calibração, o sistema mostra a seguinte mensagem: a calibração está desatualizada, conforme a Figura 1).

Figura 1 – Aviso de calibração desatualizada



Fonte: Próprio autor.

Atenção: se a calibração da câmera estiver desatualizada, deve-se calibrá-la antes de entrar com o paciente em sala.

Procedimento para calibração: posicionar o bloco refletor na mesa de tratamento, em uma região abrangida pelo campo de visão da câmera; na tela inicial do sistema clicar em **calibração** e verificar se as esferas aparecem no monitor; clicar em OK. Aparecerá uma mensagem de **calibração passada**.

6.2.1 Ambientação e orientação do paciente

Primeiramente, deve-se solicitar para que o paciente confirme qual é a lateralidade do seu tratamento (este protocolo é aplicável somente para tratamentos de câncer de mama esquerda). Explicar que a simulação será realizada com o paciente na posição de tratamento e serão adquiridas imagens em respiração livre e em apneia (após inspiração forçada).

Logo do hospital	NOME DO HOSPITAL			
	PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO			
	Número: POP-01	Revisão: 1	Páginas: 21	Vigência 11/25 – 11/27
RADIOTERAPIA DA MAMA ESQUERDA COM TÉCNICA DE INSPIRAÇÃO PROFUNDA COM SUSPENSÃO DA RESPIRAÇÃO (DIBH)				

Sugestão de orientação para o paciente: O resultado esperado com a inspiração forçada é **aumentar o volume pulmonar e a distância entre o coração e o campo de tratamento**, resultando na **diminuição da dose de radiação no coração em casos de anatomia desfavorável para tratamento em respiração livre**. Salientar que a escolha da técnica será realizada pela equipe de física médica em conjunto com o médico radio-oncologista.

Apresentar o sistema de monitoramento respiratório (câmera infravermelha e bloco refletor, demonstrados na Figura 2) para o paciente e explicar quais serão as instruções para a realização da respiração: **“quando estiver pronto(a) encha o peito de ar e segure... pode respirar”**.

Deve-se confirmar que o paciente compreendeu todas as informações antes de prosseguir com a simulação do tratamento. Se necessário, pode-se adaptar a linguagem para melhor entendimento do paciente.

Figura 2 – Câmera e bloco refletor



Fonte: Google Imagens.

6.2.2 Posicionamento do paciente

O paciente deve ser posicionado conforme descrito a seguir:

- Decúbito dorsal com os braços elevados;

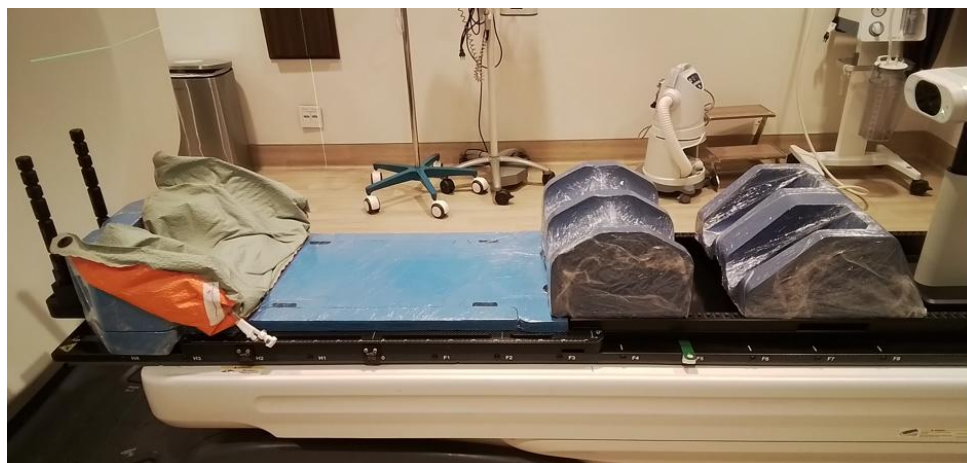
Logo do hospital	NOME DO HOSPITAL			
	PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO			
	Número: POP-01	Revisão: 1	Páginas: 21	Vigência 11/25 – 11/27
RADIOTERAPIA DA MAMA ESQUERDA COM TÉCNICA DE INSPIRAÇÃO PROFUNDA COM SUSPENSÃO DA RESPIRAÇÃO (DIBH)				

- Tórax e abdome alinhados de acordo com o eixo sagital do paciente;
- Cabeça em posição neutra e queixo levemente elevado;

Os acessórios de imobilização e de conforto utilizados são parte do sistema AIO, composto por base indexadora, colchão azul, apoio de braços, manoplas, apoio de joelhos e pernas; incluir a moldagem de um colchão à vácuo, utilizado como molde para o pescoço e os braços do paciente. A Figura 3 representa o *setup* utilizado para o posicionamento do paciente durante a simulação e, posteriormente, durante todas as sessões de tratamento.

A escolha dos acessórios mencionados visa manter a paciente em uma posição confortável e adequada para a realização do tratamento. A determinação do posicionamento do paciente durante a etapa de simulação é parte crucial do sucesso do tratamento radioterápico, pois advém deste a efetividade na reprodutibilidade do posicionamento durante as sessões do tratamento.

Figura 3 – Setup para posicionamento do paciente



Fonte: Próprio autor.

6.2.3 Treinamento da apneia

Esta etapa é essencial para se alcançar o máximo benefício da técnica. Também é muito importante para analisar a capacidade respiratória do paciente e a sua possibilidade de adesão à técnica. A comunicação com o paciente deve ser clara e as instruções fornecidas devem ser mantidas igualmente durante todo o processo para não confundir o paciente [1].

Logo do hospital	NOME DO HOSPITAL			
	PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO			
	Número: POP-01	Revisão: 1	Páginas: 21	Vigência 11/25 – 11/27
RADIOTERAPIA DA MAMA ESQUERDA COM TÉCNICA DE INSPIRAÇÃO PROFUNDA COM SUSPENSÃO DA RESPIRAÇÃO (DIBH)				

Realizar a primeira etapa do treinamento na sala de exames juntamente com o paciente. Para esta etapa, será necessário estar com o **checklist de simulação** em mãos, pois será necessário anotar algumas informações referentes à respiração do paciente.

O treinamento deve obedecer às seguintes etapas:

1. Pedir para que o paciente realize três inspirações forçadas seguidas de apneia pelo maior tempo que conseguir e de maneira confortável (instruir que o próprio paciente faça o controle do tempo de apneia mais confortável para si mesmo, ou seja, neste momento não se deve fornecer nenhuma orientação quanto ao tempo de apneia pretendido).
 - Cronometrar e anotar os valores no *checklist*.

Atenção: se o paciente não suportar permanecer em apneia por pelo menos 10 segundos, este é um grande indício de que a técnica DIBH não é a melhor indicação. É importante discutir com o radio-oncologista e com a equipe de física médica sobre a viabilidade do tratamento em apneia.

2. Relembrar quais serão as instruções para a realização das apneias (importante salientar que as instruções serão as mesmas durante toda a simulação e todas as sessões de tratamento): **“quando estiver pronto(a) encha o peito de ar e segure... pode respirar”**.
3. Realizar um novo exercício de apneia com tempo pré-definido (utilizar como referência um período ≥ 20 segundos¹, mas é necessário levar em consideração o tempo de apneia máximo suportado pelo paciente).

Exemplo: se o paciente suportar permanecer em apneia por um período superior a 20 segundos, utilizar este tempo como referência (**não ultrapassar 40 segundos de apneia para garantir a segurança fisiológica do paciente**). No entanto, se o paciente conseguir apenas períodos menores (pelo menos 10 segundos), este será o período de apneia dele.

¹Breath-hold de 20 a 30 segundos é considerado longo o suficiente para a geração de imagens e entrega da dose [1].

Logo do hospital	NOME DO HOSPITAL			
	PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO			
	Número: POP-01	Revisão: 1	Páginas: 21	Vigência 11/25 – 11/27
RADIOTERAPIA DA MAMA ESQUERDA COM TÉCNICA DE INSPIRAÇÃO PROFUNDA COM SUSPENSÃO DA RESPIRAÇÃO (DIBH)				

4. Cronometrar e anotar no *checklist* o tempo de apneia definido para o exercício e quanto tempo foi necessário para o paciente se recuperar entre uma apneia e outra (orientar o paciente para que ele informe quando estiver se sentindo confortável para realizar nova apneia após descanso).

6.2.4 Marcas de referência e preparação para as imagens

Com o objetivo de garantir a reprodutibilidade do posicionamento durante as sessões de tratamento, deve-se realizar marcas de referência de posicionamento na pele do paciente. As marcas devem estar localizadas anteriormente, na altura dos mamilos, e lateralmente, no meio da distância anteroposterior (DAP) do tórax.

Realizar as marcas com o paciente em respiração livre e em DIBH com o seguinte formato:

- **Respiração livre:** linhas contínuas (onde serão colocados marcadores radiopacos, esta é a localização inicial de referência para o planejamento - TP0).
- **DIBH:** linhas tracejadas (servem como uma referência para verificar se a paciente está reproduzindo a inspiração profunda).

A Figura 4 representa a imagem de tomografia computadorizada (TC) de planejamento com os marcadores devidamente alinhados, mostrados no mesmo plano axial.

Atenção: se os marcadores estiverem em planos axiais diferentes é um indício de que o paciente possa ter se movimentado, entrar na sala e verificar se os *lasers* estão coincidindo com as marcas na pele; caso necessário, reposicionar e/ou remarcar.

Logo do hospital	NOME DO HOSPITAL			
	PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO			
	Número: POP-01	Revisão: 1	Páginas: 21	Vigência 11/25 – 11/27
RADIOTERAPIA DA MAMA ESQUERDA COM TÉCNICA DE INSPIRAÇÃO PROFUNDA COM SUSPENSÃO DA RESPIRAÇÃO (DIBH)				

Figura 4 – TP0 da TC de planejamento



Fonte: Próprio autor.

Após a realização das marcas de referência, os próximos passos da simulação devem ser realizados de acordo com os seguintes passos:

1. Posicionar o bloco refletor em uma região do tórax que apresente movimentação respiratória reprodutível (geralmente no esterno ou na porção central do abdome superior) e fixá-lo com fita adesiva para que permaneça firme à pele do paciente.

Atenção: o posicionamento preciso do bloco refletor é fundamental para garantir a acurácia do gerenciamento respiratório durante a simulação e o tratamento com a técnica DIBH. Por isso é importante que ele seja posicionado de maneira precisa para garantir a leitura estável e reprodutível do ciclo respiratório, evitar erros de amplitude no DIBH e garantir a correlação entre o movimento externo (bloco) e o movimento interno (órgãos).

2. Verificar se o bloco está perpendicular e no centro do campo visual da câmera, em área com boa amplitude respiratória e sem obstruções.

Atenção: se atentar para que as pernas do paciente ou qualquer acessório ou cobertor não estejam entre o bloco e a câmera (dificultado a visualização do bloco refletor pela câmera infravermelha).

Logo do hospital	NOME DO HOSPITAL			
	PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO			
	Número: POP-01	Revisão: 1	Páginas: 21	Vigência 11/25 – 11/27
RADIOTERAPIA DA MAMA ESQUERDA COM TÉCNICA DE INSPIRAÇÃO PROFUNDA COM SUSPENSÃO DA RESPIRAÇÃO (DIBH)				

3. Clicar no ícone INICIAR no sistema de monitoramento respiratório para que ele realize a aprendizagem do ciclo respiratório. Esse processo demora alguns segundos até que a captação da curva respiratória apareça na tela do computador.
4. Analisar a qualidade da curva respiratória (deve estar estável e reproduzível).
5. Pedir para o paciente respirar normalmente para exibição da curva basal (se for necessário, solicitar novamente a aprendizagem do ciclo respiratório até que as curvas estejam coerentes com a linha de base do gráfico).
6. Se certificar de que não estão ocorrendo interferências na captação do sinal durante todo o ciclo respiratório do paciente.
7. Repetir o exercício de apneia duas vezes de acordo com o exercício realizado anteriormente e anotar no *checklist* as seguintes informações sobre este exercício:
 - a. Tempo de apneia;
 - b. Quantos ciclos de respiração normal foram necessários para o paciente realizar uma nova apneia (observar se a respiração do paciente retornou ao *baseline*);
 - c. Amplitude da curva respiratória em inspiração forçada.

Observação: se os dois exercícios não foram reproduzíveis, repetir o processo e anotar as informações do terceiro exercício no *checklist*.

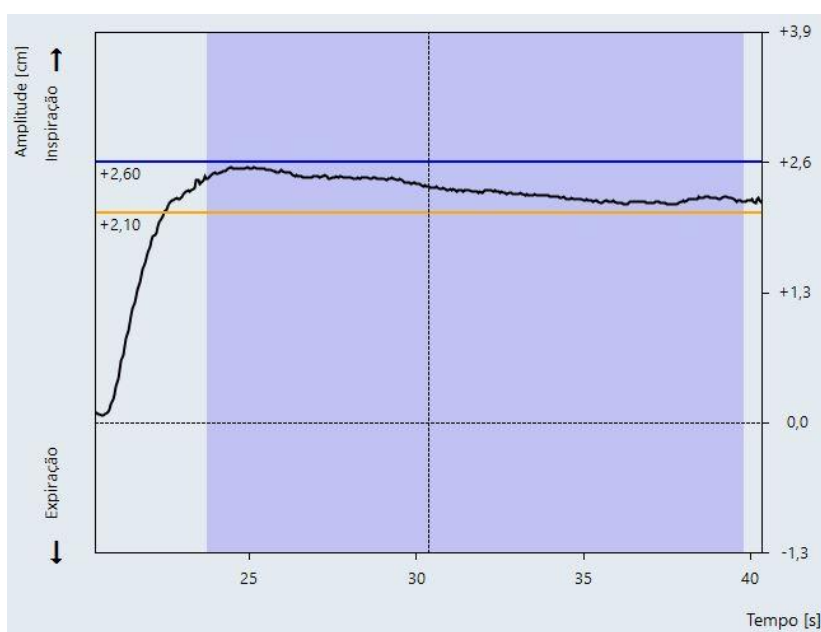
8. Definir a largura da janela de apneia no sistema e anotar os limites no *checklist* (a largura da janela deve ser definida com um intervalo de 0,5 cm entre os limites superior e inferior).

Definição da janela: para definir a largura da janela de apneia, verificar qual foi a amplitude da inspiração forçada no sistema e definir o limite superior 0,25 cm acima da amplitude e o limite inferior 0,25 cm abaixo da amplitude. Esta será a faixa de tratamento do paciente, ou seja, somente quando o paciente alcançar uma apneia dentro da janela definida é que haverá a entrega de dose durante todas as sessões de radioterapia.

Logo do hospital	NOME DO HOSPITAL			
	PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO			
	Número: POP-01	Revisão: 1	Páginas: 21	Vigência 11/25 – 11/27
RADIOTERAPIA DA MAMA ESQUERDA COM TÉCNICA DE INSPIRAÇÃO PROFUNDA COM SUSPENSÃO DA RESPIRAÇÃO (DIBH)				

A Figura 5 demonstra como a respiração do paciente partiu do *baseline* (linha tracejada inferior) para a inspiração profunda com suspensão da respiração. As linhas azul e amarela representam, respectivamente, os limites superior e inferior da janela de apneia definida para o paciente, com um intervalo de 0,5 cm entre elas.

Figura 5 – Inspiração forçada dentro da janela de apneia



Fonte: Próprio autor.

6.2.5 Aquisição das imagens

O protocolo de imagens tomográficas para simulação de tratamento de mama esquerda consiste na realização de uma tomografia em respiração livre seguida por outra em inspiração profunda seguida de apneia.

Os parâmetros técnicos utilizados para a aquisição das imagens são baseados em tomografia computadorizada axial, com *slices* de espessura e intervalo de 2,5 mm, 120 kV, 650 mA e FOV de 55 cm (podendo ser aumentado até o limite máximo do *bore* do tomógrafo, ou seja, 80 cm, caso haja necessidade).

Inicialmente são realizadas duas imagens planares (topogramas) para a definição da região pretendida para a aquisição das imagens axiais. Os limites superior e inferior do FOV devem incluir da base do crânio ao final do fígado e é necessário garantir que todo o

Logo do hospital	NOME DO HOSPITAL			
	PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO			
	Número: POP-01	Revisão: 1	Páginas: 21	Vigência 11/25 – 11/27
RADIOTERAPIA DA MAMA ESQUERDA COM TÉCNICA DE INSPIRAÇÃO PROFUNDA COM SUSPENSÃO DA RESPIRAÇÃO (DIBH)				

contorno do corpo do paciente esteja abrangido dentro do FOV. Após a aquisição os topogramas e a definição do FOV pretendido, deve-se nomear as séries tomográficas de acordo com o padrão de nomenclatura adotado pelo serviço (DD/MM/AAA #quantidade de imagens do exame, destacando também qual é a série em respiração livre e em DIBH) os passos seguintes para a aquisição das imagens devem ser realizados conforme segue abaixo:

1. Aquisição da TC em respiração livre.
2. Ativar a gravação da curva respiratória.
3. Solicitar que o paciente realiza a inspiração profunda seguida de apneia.
4. Aquisição da TC em DIBH.
5. Parar a gravação e clicar no ícone OK para visualizar a curva adquirida.

Observação: se a inspiração forçada realizada reproduziu as inspirações realizadas durante os exercícios (permanecendo estável dentro da janela de apneia), a etapa de aquisição das imagens está finalizada. No entanto, se a respiração não foi reprodutível, reorientar o paciente e adquirir uma nova imagem em DIBH.

6.2.6 Finalização da simulação

Alguns pontos cruciais para finalizar a etapa de simulação são:

- Entrar na sala de exames e checar se o paciente se movimentou durante a simulação (coincidência das marcas na pele com o laser).
- Marcar a posição do bloco refletor na pele do paciente (o posicionamento do bloco também deve ser reproduzido durante as sessões de tratamento).
- Conferir como foi a experiência do paciente e registrar se houve algum ponto de dificuldade que possa ser relevante para a reprodutibilidade do tratamento.
- Exportar as imagens e a curva respiratória para o diretório do Eclipse.

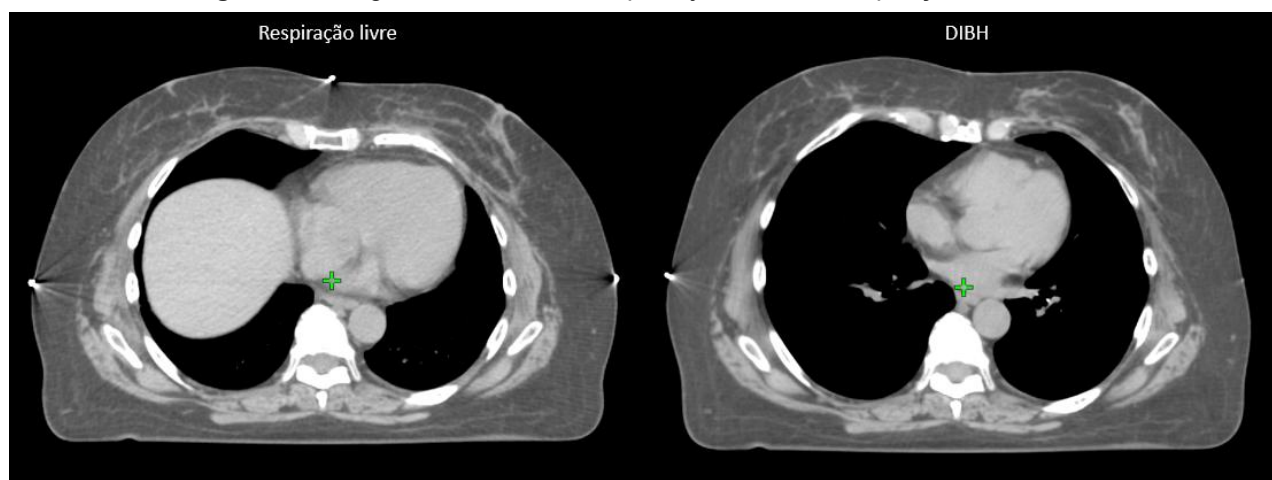
Logo do hospital	NOME DO HOSPITAL			
	PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO			
	Número: POP-01	Revisão: 1	Páginas: 21	Vigência 11/25 – 11/27
RADIOTERAPIA DA MAMA ESQUERDA COM TÉCNICA DE INSPIRAÇÃO PROFUNDA COM SUSPENSÃO DA RESPIRAÇÃO (DIBH)				

6.3 Planejamento do tratamento

A etapa de planejamento do tratamento tem início após a conclusão das duas aquisições tomográficas – em respiração livre e em DIBH – e consiste na avaliação comparativa dessas imagens para determinar qual técnica oferece maior benefício clínico para o paciente. Essa análise é realizada em conjunto pelo físico médico e pelo médico radio-oncologista, considerando principalmente a alteração anatômica do coração em relação à parede torácica esquerda durante a inspiração profunda. A comparação permite verificar se a técnica DIBH produz o afastamento cardíaco suficiente e se proporciona redução significativa da dose em órgãos críticos, especialmente coração e pulmão ipsilateral. Além disso, a decisão final leva em conta a capacidade de a paciente manter o nível inspiratório de forma estável e reproduzível, demonstrada durante o treinamento respiratório realizado na simulação.

A Figuras 6 e 7 representam as imagens adquiridas na TC de planejamento, durante a etapa de simulação. A Figura 6 mostra as imagens no plano axial, sendo a imagem da esquerda em respiração livre e a imagem da direita em DIBH, ambas no corte central da TC. A Figura 6 apresenta as imagens no plano sagital (imagem da esquerda em respiração livre e imagem da direita em inspiração profunda).

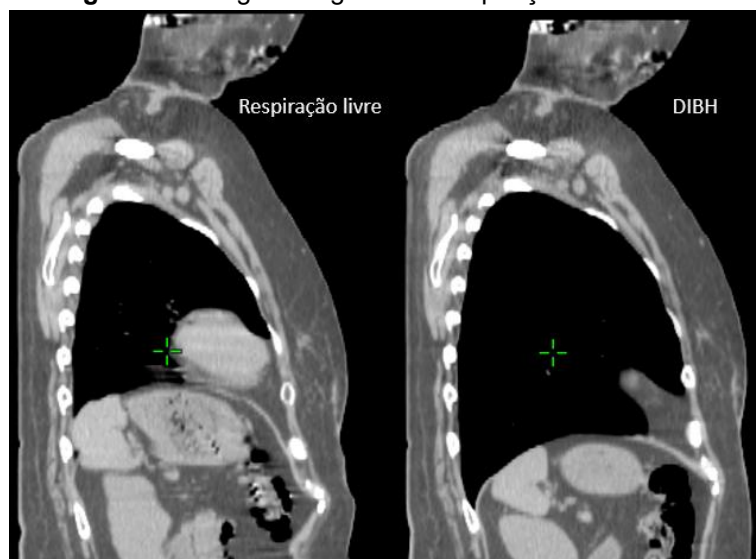
Figura 6 – Imagens axiais da TC de planejamento em respiração livre e DIBH



Fonte: Próprio autor.

Logo do hospital	NOME DO HOSPITAL			
	PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO			
	Número: POP-01	Revisão: 1	Páginas: 21	Vigência 11/25 – 11/27
RADIOTERAPIA DA MAMA ESQUERDA COM TÉCNICA DE INSPIRAÇÃO PROFUNDA COM SUSPENSÃO DA RESPIRAÇÃO (DIBH)				

Figura 7 – Imagens sagitais em respiração livre e DIBH



Fonte: Próprio autor.

As imagens demonstram perfeitamente as diferenças anatômicas alcançadas entre as duas técnicas de tratamento, sendo que, durante a respiração livre, o coração encontra-se em posição mais anterior e próximo à parede torácica esquerda, de modo que essa configuração anatômica aumenta o risco de exposição cardíaca. Por outro lado, na técnica DIBH, ocorre uma expansão significativa do volume pulmonar, acompanhada pelo deslocamento inferior e posterior do coração e do diafragma, aumentando a distância entre o coração e a parede torácica, o que reduz a sobreposição do órgão com os campos de tratamento.

Uma vez definida a técnica a ser utilizada, os volumes alvo e os OAR devem ser delineados de acordo com o protocolo institucional para tratamento de câncer de mama, o qual está baseado no protocolo RTOG 1005, do *Radiation Therapy Oncology Group* [2].

Devem ser delineados como volume alvo o CTV e PTV de mama, *boost* e drenagens (os dos últimos somente quando aplicável). Os órgãos em risco que serão analisados e, portanto, devem ser delineados são o pulmão ipsilateral, pulmão contralateral, pulmões, esôfago, coração, estômago, mama contralateral, medula, tireoide e cabeça de úmero.

A Tabela 1 detalha quais são os volumes delineados segundo o protocolo utilizado pela instituição para o tratamento de câncer de mama esquerda.

Logo do hospital	NOME DO HOSPITAL			
	PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO			
	Número: POP-01	Revisão: 1	Páginas: 21	Vigência 11/25 – 11/27
RADIOTERAPIA DA MAMA ESQUERDA COM TÉCNICA DE INSPIRAÇÃO PROFUNDA COM SUSPENSÃO DA RESPIRAÇÃO (DIBH)				

Tabela 1 – Protocolo para delineamento de volumes de planejamento

Volume	Referência	Necessidade
CTV mama	Deve levar em conta o tecido mamário visualizado na TC de simulação e as referências anatômicas da mama.	Sempre que aplicável
CTV mastectomia	Deve levar em conta as referências anatômicas da mama. Expansores, implantes ou tecidos autólogos deverão ser incluídos.	Sempre que aplicável
CTV <i>boost</i>	Baseado na presença de cliques cirúrgicos, seroma, informações da mamografia pré-tratamento e cicatriz cirúrgica. Na ausência destes dados é favorecido o tratamento de todo o quadrante correspondente à lesão.	Se indicado
CTV drenagens	O limite superior deve estar abaixo da cartilagem cricoide; medialmente deve excluir a traqueia, a tireoide e o esôfago; latero-lateralmente deve acompanhar a borda lateral do esternocleidomastoideo superiormente e a clavícula inferiormente. O limite inferior deve incluir o aspecto mais caudal da cabeça da clavícula.	Se indicado
CTV mamária interna	Deve ser incluída se houver comprovação histológica de seu acometimento ou imagem radiológica altamente suspeita. O contorno inclui os vasos da mamária interna nos 3 primeiros espaços intercostais.	Se indicado
PTV mama	CTV com margem de 5 mm.	Sempre que aplicável
PTV mastectomia	CTV com margem de 5 mm.	Sempre que aplicável
PTV mama avaliação	PTV com margem negativa de 5 mm da pele nas cirurgias conservadoras e 3 mm nas mastectomias.	Sempre
PTV <i>boost</i>	CTV com margem de 5 mm.	Se indicado
PTV drenagens	CTV com margem de 5 mm, editando os órgãos normais do limite medial.	Se indicado
PTV mamária interna	CTV com margem de 5 mm.	Se indicado
Pulmão ipsilateral	Do ápice à base do pulmão, limitado pela pleura e excluindo a árvore brônquica principal e a traqueia.	Sempre
Pulmão contralateral	Do ápice à base do pulmão, limitado pela pleura e excluindo a árvore brônquica principal e a traqueia.	Sempre
Pulmões	Soma dos dois pulmões em um único volume.	Sempre
Esôfago	Da borda inferior da cartilagem cricoide até a junção gastroesofágica.	Sempre
Coração	A partir da divisão do tronco pulmonar nas artérias pulmonares direita e esquerda até o ápice do coração (próximo ao diafragma), incluindo o pericárdio.	Sempre
Estômago	Da junção gastroesofágica ao piloro (continua no duodeno).	Sempre
Mama contralateral	Da inserção da segunda costela até o sulco inframamário, excluindo os músculos peitorais, parede torácica e costelas.	Sempre
Medula	Inclui o canal medular 10 cm acima e 10 cm abaixo do PTV.	Se incluir tratamento de drenagens
Tireoide	Tecido tireoidiano. “Brilha” na TC.	Se incluir tratamento de drenagens
Cabeça de úmero	Contornar o osso 10 cm acima do PTV.	Se incluir tratamento de drenagens

Fonte: Adaptado de RTOG 1005, 2011.

Logo do hospital	NOME DO HOSPITAL			
	PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO			
	Número: POP-01	Revisão: 1	Páginas: 21	Vigência 11/25 – 11/27
RADIOTERAPIA DA MAMA ESQUERDA COM TÉCNICA DE INSPIRAÇÃO PROFUNDA COM SUSPENSÃO DA RESPIRAÇÃO (DIBH)				

A técnica de planejamento e geometria dos campos mais apropriada – usualmente campos tangenciais tridimensionais, mas havendo a possibilidade de tangenciais com campos híbridos ou técnicas de modulação (IMRT/VMAT) – será escolhida levando-se em consideração a anatomia da paciente, a inclusão ou não de drenagens linfáticas e a complexidade do caso.

Durante a otimização do plano, busca-se alcançar uma cobertura homogênea do PTV, respeitando simultaneamente as restrições de dose para os OARs. Com os planejamentos em DIBH, espera-se observar melhora nas doses cardíacas e pulmonares. Essas informações são analisadas detalhadamente por meio do Histograma Dose-Volume (DVH) do plano. Os parâmetros de cobertura de volume alvo e restrições de dose para os órgãos em risco adotados pelo setor de radioterapia estão demonstrados na Tabela 2.

Tabela 2 – Objetivos clínicos e restrições de dose para órgãos em risco

Estrutura	Variáveis analisadas	Objetivos clínicos
PTV mama	D _{95%} D _{90%} D _{0,035cc} (avaliar sem considerar a dose do <i>boost</i> , se houver)	≥ 95% ≥ 90% ≤ 115%
PTV <i>boost</i>	D _{95%} D _{0,035cc}	≥ 95% ≤ 115%
PTV drenagens	D _{95%} D _{0,035cc}	≥ 95% ≤ 115%
Pulmão ipsilateral	V _{1600cGy} V _{800cGy} V _{400cGy}	≤ 15% até ≤ 20% ≤ 35% até ≤ 40 ≤ 50% até ≤ 55%
Pulmão contralateral	V _{400cGy}	≤ 10% até ≤ 15%
Coração	Dose média D _{5%} D _{30%} até D _{35%}	≤ 320 cGy até ≤ 400 cGy ≤ 16 Gy até ≤ 20 Gy ≤ 8 Gy
Mama contralateral	D _{0,035cc} D _{5%}	240 cGy até 384 cGy ≤ 144 cGy até 240 cGy

Fonte: Adaptado de RTOG 1005, 2011.

Após atingir os objetivos clínicos, o plano é submetido à avaliação do médico radio-oncologista, que verifica a adequação dosimétrica, o equilíbrio entre a cobertura do alvo e a proteção dos OARs. Somente após essa aprovação o plano é liberado para verificação física, por meio de controle de qualidade, e posterior execução no acelerador linear.

Logo do hospital	NOME DO HOSPITAL			
	PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO			
	Número: POP-01	Revisão: 1	Páginas: 21	Vigência 11/25 – 11/27
RADIOTERAPIA DA MAMA ESQUERDA COM TÉCNICA DE INSPIRAÇÃO PROFUNDA COM SUSPENSÃO DA RESPIRAÇÃO (DIBH)				

6.4 Documentação da ficha técnica

Após a aprovação do plano e realização dos controles de qualidade específicos do paciente, deve-se providenciar a programação do calendário de tratamento no sistema de gerenciamento e a documentação da ficha técnica no prontuário do paciente.

Os passos necessários para a conclusão destas atividades estão descritos a seguir:

1. Inserir a foto do rosto do paciente no Aria.
2. Verificar se o planejamento do tratamento está com *status* **APROVADO** pelo radio-oncologista.
3. Inserir os campos de setup necessários para as devidas imagens de verificação do posicionamento:
 - a. Imagens planares anterior (*gantry* a 0°) e lateral direita (*gantry* a 270°);
 - b. *Cone beam computed tomography* (CBCT).
4. Imprimir a ficha técnica do Aria com o deslocamento do isocentro.
5. Imprimir o relatório final do planejamento, incluindo:
 - a. Resumo do plano;
 - b. Imagens tomográficas nos planos axial, sagital e coronal (manter ligados os volumes alvo, principais OAR e curvas de isodose);
 - c. Reconstrução dos volumes em 3D (manter ligados os volumes alvo e principais OAR);
 - d. *Dose-volume histogram* (DVH) (manter ligados todos os volumes alvo e OAR) demonstrando doses e volumes absolutos.
6. Agendar as sessões de tratamento, incluindo as imagens de *image-guided radiation therapy* (IGRT), de acordo com as descrições abaixo:
 - a. Sessões de tratamento: obedecendo a prescrição médica;
 - b. IGRT: agendar o par de imagens kV (anterior e lateral direita) apenas no primeiro dia de tratamento e o CBCT em todas as sessões de tratamento.
7. Selecionar a curva respiratória e definir a largura da janela de apneia de referência para o tratamento (observar limites definidos na simulação).

Logo do hospital	NOME DO HOSPITAL			
	PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO			
	Número: POP-01	Revisão: 1	Páginas: 21	Vigência 11/25 – 11/27
RADIOTERAPIA DA MAMA ESQUERDA COM TÉCNICA DE INSPIRAÇÃO PROFUNDA COM SUSPENSÃO DA RESPIRAÇÃO (DIBH)				

8. Inserir notas de *setup*, incluindo as fotos e observações do posicionamento realizados na simulação do tratamento.
9. Imprimir ficha de acessórios (Figura 5) devidamente preenchida, incluindo os registros de apneia que devem ser utilizados como referência para o tratamento².

Figura 5 – Campo de registro de apneia na ficha de acessórios

Registros de apneia:

Janela de respiração: SUP _____ INF _____ cm

Tempo de apneia: _____ segundos

Número de ciclos respiratórios para recuperação: _____ ciclos

Fonte: Próprio autor.

6.5 Tratamento

O tratamento do paciente deve seguir as mesmas orientações de *setup* e posicionamento descritas na seção destinada à simulação. O paciente deve ser posicionado da mesma forma todos os dias e as marcas de referência para o posicionamento realizadas na simulação devem ser utilizadas para esse fim.

O *checklist* de tratamento serve como orientação para os tecnólogos em radioterapia reproduzirem o mesmo padrão de comunicação com o paciente, tal como realizado na etapa de simulação.

Atenção aos termos para o *coaching* respiratório:

“Quando estiver pronto(a) encha o peito de ar e segure... pode respirar”.

Os registros de apneia localizados na ficha de acessórios refletem os exercícios de respiração realizados pelo paciente durante o treinamento e, portanto, devem ser utilizados como referência para o tratamento, garantindo a reprodutibilidade da técnica.

²Os registros de apneia serão baseados no treinamento realizado com o paciente durante a simulação, representando a capacidade respiratória do paciente para realizar *breath-hold*.

Logo do hospital	NOME DO HOSPITAL			
	PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO			
	Número: POP-01	Revisão: 1	Páginas: 21	Vigência 11/25 – 11/27
RADIOTERAPIA DA MAMA ESQUERDA COM TÉCNICA DE INSPIRAÇÃO PROFUNDA COM SUSPENSÃO DA RESPIRAÇÃO (DIBH)				

6.6 Antecipação de intercorrências

A seguir estão destacados os planos de ação para possíveis intercorrências durante a realização dos procedimentos na etapa de simulação.

Quadro 3 – Antecipação de intercorrências durante a simulação

Intercorrência	Ações
Paciente não consegue permanecer em apneia por pelo menos 10 segundos	Realizar a simulação com o tempo de apneia máximo suportado pelo paciente para análise da anatomia. Comunicar equipe de física médica.
Paciente não consegue reproduzir a amplitude da inspiração	Instruir a aumentar ou diminuir a amplitude da inspiração (conforme necessário). Usar técnica de reforço positivo orientando o paciente sobre os momentos em que deve inspirar, realizar a apneia e expirar. Termos para guiar o procedimento: “quando estiver pronto(a) encha o peito de ar e segure... pode respirar”.
Mudança de <i>baseline</i> durante a imagem	Variações sutis: reaprender o ciclo respiratório. Variações maiores: descartar o volume adquirido e reiniciar a aquisição da imagem.
O sistema não consegue adquirir o padrão respiratório do paciente	Entrar na sala e verificar se algum objeto está obstruindo o campo de visão da câmera (cobertor, posição das pernas, etc).
Problemas técnicos com o RGSC	Comunicar equipe de física e/ou acionar o suporte técnico da Varian.

Abaixo estão descritos os planos de ação para possíveis intercorrências durante o tratamento do paciente.

Quadro 4 – Antecipação de intercorrências durante o tratamento

Intercorrência	Ações
Paciente sem curva de referência	Comunicar equipe de física médica. Adquirir curva de referência no primeiro dia de tratamento (usar como referência os limites documentados na simulação).
Paciente não alcança o limite pré-definido	Instruir a aumentar ou diminuir a amplitude da inspiração (conforme necessário).
Paciente não consegue manter apneia segura (<10 segundos)	Usar reforço positivo orientando a manter a apneia.
Mudança de <i>baseline</i> durante a imagem	Variações sutis: reaprender o ciclo respiratório. Variações maiores: descartar o volume adquirido e reiniciar a aquisição da imagem.
Mudança de <i>baseline</i> durante o tratamento	Variações sutis: reaprender o ciclo respiratório. Variações maiores: reaprender o ciclo respiratório e adquirir uma nova imagem.
O sistema não consegue adquirir o padrão respiratório do paciente	Entrar na sala e verificar se algum objeto está obstruindo o campo de visão da câmera (cobertor, posição das pernas, etc).
Problemas técnicos com o RGSC	Comunicar equipe de física e/ou acionar o suporte técnico da Varian.

Logo do hospital	NOME DO HOSPITAL			
	PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO			
	Número: POP-01	Revisão: 1	Páginas: 21	Vigência 11/25 – 11/27
RADIOTERAPIA DA MAMA ESQUERDA COM TÉCNICA DE INSPIRAÇÃO PROFUNDA COM SUSPENSÃO DA RESPIRAÇÃO (DIBH)				

REFERÊNCIAS

[1] AZNAR, Marianne Camille *et. al.* ESTRO-ACROP guideline: Recommendations on implementation of breath-hold techniques in radiotherapy. **Radiotherapy and Oncology**, v. 185, aug, 2023. Disponível em: [https://www.thegreenjournal.com/article/S0167-8140\(23\)00272-4/fulltext](https://www.thegreenjournal.com/article/S0167-8140(23)00272-4/fulltext). Acesso em: 20 set 2024.

[2] VICINI, Frank *et al.* **Radiation Therapy Oncology Group RTOG 1005**: A phase III trial of accelerated whole breast irradiation with hypofractionation plus concurrent boost versus standard whole breast irradiation plus sequential boost for early-stage breast cancer. Philadelphia: NRG Oncology, 2011. Disponível em: <https://www.nrgoncology.org/Clinical-Trials/Protocol/nrg-rtog-1005>. Acesso em: 19 mai 2025.

APÊNDICE B – CHECKLIST DE SIMULAÇÃO

Checklist de simulação: Mama *breath-hold*

1. Setup da simulação

- ☐ Base indexadora e AIO azul
- ☐ Cunha cervical 9º na posição invertida
- ☐ Apoio de braços baixo
- ☐ Manoplas
- ☐ Vac fix hemicorpo sob os braços
- ☐ Pro Step (joelhos e pés)
- ☐ Acoplar a câmera na mesa do tomógrafo
- ☐ Carregar o protocolo mama *breath-hold*
- ☐ Ligar o computador do RGSC e iniciar uma nova sessão no cadastro do paciente
- ☐ Se certificar de que a câmera está calibrada

2. Ambientação e orientação do paciente

- ☐ Solicitar para paciente confirmar lateralidade
- ☐ Explicar o que é DIBH e sua importância (**diminuir a dose no coração em caso de anatomia desfavorável**)
 - Médico irá avaliar definir qual será a técnica
- ☐ Apresentar a câmera infravermelha e o bloco
- ☐ Explicar quais serão as instruções para a respiração (**quando estiver pronto(a) encha o peito de ar e segure... pode respirar**)

- ☐ Confirmar que o paciente compreendeu

3. Posicionamento do paciente

- ☐ Decúbito dorsal e braços elevados (vac fix)
- ☐ Tórax e abdome alinhados
- ☐ Cabeça em posição neutra e queixo levemente elevado

4. Treinamento de apneia (na sala de exames)

- ☐ Registro do tempo de apneia máximo suportado pelo paciente (3 vezes):
 - Tempo 1: ____ s
 - Tempo 2: ____ s
 - Tempo 3: ____ s
- ☐ Realizar exercício de apneia 3 vezes
- ☐ Instruir o paciente: **“quando estiver pronto(a) encha o peito de ar e segure... pode respirar”**

- ☐ Tempo de apneia ideal ≥ 20 s

- ☐ Anotar tempos de apneia e recuperação:

	Tempo (s)	Recuperação (s)
Apneia 1		
Apneia 2		
Apneia 3		

- ☐ Fazer as marcas de referência para o posicionamento:

- Respiração livre: TP0, linhas contínuas (**localização dos bibs**)
- DIBH: tracejado

- ☐ Posicionar o bloco refletor e fixá-lo no corpo

- ☐ Se certificar de que o bloco está no campo visual da câmera

5. Verificação da curva respiratória (no console)

- ☐ Curva respiratória captada com boa qualidade e sem interferências
- ☐ Pedir para o paciente respirar normalmente para exibição da curva basal
- ☐ Repetir o exercício de apneia 2 vezes
- ☐ Anotar os tempos de apneia e número de ciclos para recuperação:

	Tempo (s)	Ciclos
Apneia 1		
Apneia 2		
Apneia 3		

Observação: se as apneias 1 e 2 não forem reproduzíveis, repetir o processo (apneia 3).

- ☐ Anotar a amplitude da curva respiratória em DIBH: ____ cm

- ☐ Curva respiratória estável e reprodutível?

[] Sim [] Não

Observações: _____

6. Definição da faixa de apneia

- ☐ Determinar a largura da janela de apneia

Janela definida: ____ e ____ cm

7. Aquisição das imagens tomográficas

- ☐ Aquisição em respiração livre
- ☐ Ativar a gravação da curva respiratória
- ☐ Solicitar inspiração profunda e apneia
- ☐ Aquisição DIBH (sincronizada com RGSC)
- ☐ Parar a gravação e clicar em OK para visualizar a curva adquirida
- ☐ Necessidade de TC adicional?

[] Sim [] Não

Observações: _____

- ☐ Checar se paciente movimentou-se (coincidência das marcas com o laser)

- ☐ Marcar a posição do bloco na pele do paciente

- ☐ Checar a experiência do paciente

- ☐ Exportar as imagens e a curva respiratória para o diretório do Eclipse e do PACS

- Se certificar de exportar a imagem DIBH e a curva correspondente

- ☐ Observações:

Data da simulação: ____/____/____

Responsável pela simulação

APÊNDICE C – CHECKLIST DE TRATAMENTO

Checklist de tratamento: Mama *breath-hold*

1. Preparação

- ☐ Carregar o tratamento do paciente no Aria
- ☐ Posicionar o paciente conforme a ficha de simulação e fotos no Aria
- ☐ Posicionar o bloco refletor na mesma posição da simulação (marcas na pele)
- ☐ Paciente com marcas na pele?
[] Sim [] Não
- ☐ Se paciente não tiver marcas na pele, acionar equipe de física

2. Ambientação e orientação do paciente

- ☐ Solicitar para paciente confirmar lateralidade
- ☐ Explicar sobre a escolha da técnica de tratamento
- ☐ Relembrar quais serão as instruções para a realização da respiração (**quando estiver pronto(a) encha o peito de ar e segure... pode respirar**)

3. Treinamento da apneia (um tecnólogo no *console* e o outro dentro de sala)

- ☐ Verificar a captação da curva respiratória
- ☐ Checar informações sobre o tempo de apneia e de recuperação (ficha de simulação)
- ☐ Instruir o paciente: **“quando estiver pronto(a) encha o peito de ar e segure... pode respirar”**
 - Na sala: verificar amplitude da inspiração forçada (marcas na pele em DIBH)
 - No *console*: verificar se o paciente atinge o mesmo padrão de curva respiratória e se a apneia é estável dentro da faixa de tolerância (pré-definida)
- ☐ Tempo de apneia reprodutível e curva estável?
[] Sim [] Não
- ☐ Orientar o paciente a aumentar ou diminuir a amplitude da inspiração (se necessário): até 3 tentativas
- ☐ Ciclos de recuperação adequados?
[] Sim [] Não
- ☐ Caso o paciente esteja com muita dificuldade, entrar em sala e reorientar presencialmente

4. Imagens de verificação

- ☐ Solicitar inspiração profunda e apneia
- ☐ Realizar imagem kV/kV
- ☐ Comparar com as imagens de referência
- ☐ Solicitar inspiração profunda e apneia
- ☐ Realizar imagem CBCT (de acordo com o tempo de apneia documentado)

Atenção: dividir a aquisição do CBCT, se for necessário.

- ☐ Comparar com as imagens de referência
- ☐ Reposicionar ou ajustar, conforme necessário
- ☐ Reportar à equipe de física qualquer divergência

5. Entrega da dose

- ☐ Solicitar inspiração profunda e apneia com o mesmo padrão (**quando estiver pronto(a) encha o peito de ar e segure... pode respirar**)
- ☐ Quando a curva estiver estável dentro da janela, liberar o feixe
- ☐ Pausar o tratamento caso o paciente saia da janela de apneia

6. Finalização da sessão de tratamento

- ☐ Retirar o bloco refletor
- ☐ Verificar conforto do paciente e possíveis dificuldades
- ☐ Registrar o número de apneias necessárias para o tratamento: _____

7. Registro de intercorrências:

Data do primeiro dia: ____/____/____

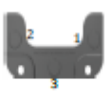
Responsáveis pelo tratamento

APÊNDICE D – FICHA DE ACESSÓRIOS MAMA *BREATH-HOLD*

Logo do hospital	Etiqueta de identificação do paciente
-------------------------	--

POSICIONAMENTO E ACESSÓRIOS DE IMOBILIZAÇÃO AIO AZUL – MAMA *BREATH-HOLD*

Região de Tratamento: Mama esquerda

☐ Head First ☐ Feet First Decúbito ☐ dorsal ☐ ventral ☐ LD ☐ LE Braços ☐ para cima ☐ ao longo ☐ mãos no tórax	Base Index: TP0 _____ ISO _____ Index: vac-fix _____ 	
Colchão tórax ☐ 0° ☐ 5° ☐ 10° ☐ 15° ☐ Suportes laterais 	Manopla ☐ curta ☐ longa ☐ 1-D ☐ 2-E ☐ 3-centro 	
Blocos e cunhas ☐ 20 mm ☐ 40 mm ☐ 9° ☐ normal ☐ invertido ☐ 18° ☐ normal ☐ invertido 	Bastão horizontal ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ Cranial ☐ Caudal 	
Apoio de braços ☐ Baixo ☐ Alto 	Bastão abertura limitada ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ mão D ☐ mão E 	
Vac-fix ☐ corpo ☐ hemicorpo ☐ cabeça 	Suporte de cabeça ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 	
ProStep ☐ A ☐ B Joelho _____ (25 a 51) Pés _____ (1 a 30) 	Suporte cinza ☐ Base extensora ☐ Cunha ☐ normal ☐ invertida ☐ Joelho ☐ normal ☐ invertido Index (1 a 50): _____ 	
Registros de apneia: Janela de respiração: SUP _____ INF _____ cm Tempo de apneia: _____ segundos Número de ciclos respiratórios para recuperação: _____ ciclos		
Observações: 		
Tecnólogo	Físico/Dosimetrista	Data

APÊNDICE E – PLANO DE MONITORAMENTO DO POP

O plano de monitoramento tem como objetivo acompanhar e avaliar a efetividade, adesão e qualidade da aplicação do POP no tratamento radioterápico de mama esquerda utilizando a técnica DIBH. O quadro a seguir apresenta os indicadores sugeridos o acompanhamento das atividades realizadas a partir da implantação do POP no serviço pesquisado.

Indicador	Finalidade	Método de coleta	Frequência de avaliação	Responsável	Meta
Taxa de preenchimento dos checklists	Avaliar a aderência da equipe técnica aos <i>checklists</i> de simulação e tratamento.	- Auditoria de prontuários	Mensal	Equipe de física médica	≥ 95% de preenchimento completo
Tempo médio de apneia	Verificar o tempo médio de apneia atingido pelos pacientes durante a técnica DIBH.	- Registro no <i>checklist</i> de simulação e ficha de acessórios - Registro no <i>checklist</i> de tratamento	Trimestral	Dosimetrista	≥ 20 segundos de apneia sustentada
Taxa de reprodutibilidade da janela de apneia	Avaliar a precisão do treinamento respiratório na simulação.	- Registro no <i>checklist</i> de simulação e ficha de acessórios - Registro no <i>checklist</i> de tratamento	Mensal	Equipe de física médica	≥ 90% de concordância entre a simulação e as frações de tratamento
Taxa de não conformidades detectadas	Quantificar falhas registradas no processo de simulação e/ou tratamento.	- Auditoria de prontuários - Registro de não conformidades	Mensal	Equipe de física médica e coordenação do serviço	≤ 2% dos casos

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
Diretoria de Pesquisa, Desenvolvimento e Ensino
Av. Prof. Lineu Prestes, 2242 – Cidade Universitária – CEP: 05508-000
Fone: (11) 2810-1570 ou (11) 2810-1572
SÃO PAULO – SP – Brasil
<http://mprofissional.ipen.br>

O Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN) é uma Autarquia vinculada à Secretaria de Desenvolvimento Econômico do Governo do Estado de São Paulo e gerida técnica e administrativamente pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), órgão do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) do Governo Federal.