



**Escola Superior
de Tecnologia
da Saúde**

Politécnico de Coimbra

Diogo Filipe Sequeira Oliveira

RELATÓRIO DE ESTÁGIO:

**O IMPACTO DA TÉCNICA DIBH EM DOENTES COM
CARCINOMA DE MAMA SUBMETIDOS A
RADIOTERAPIA EXTERNA**

OUTRAS TÉCNICAS - BRAQUITERAPIA PROSTÁTICA, GINECOLÓGICA E OCULAR

*Relatório de estágio no âmbito do Mestrado em Imagem Médica e Radioterapia orientado
pela Professora Doutora Rute Andreia Martins dos Santos, coorientado pelo Professor
Adjunto Convidado Pedro Coelho Vicente e apresentado à Escola Superior de Tecnologia
da Saúde de Coimbra*

janeiro de 2025

RELATÓRIO DE ESTÁGIO

O IMPACTO DA TÉCNICA DIBH EM DOENTES COM

CARCINOMA DE MAMA SUBMETIDOS A RADIOTERAPIA

EXTERNA

OUTRAS TÉCNICAS - BRAQUITERAPIA PROSTÁTICA, GINECOLÓGICA E OCULAR

Diogo Filipe Sequeira Oliveira

*Relatório de estágio no âmbito do Mestrado em Imagem Médica e Radioterapia orientado
pela Professora Doutora Rute Andreia Martins dos Santos, coorientado pelo Professor
Adjunto Convidado Pedro Coelho Vicente e apresentado à Escola Superior de Tecnologia
da Saúde de Coimbra*

janeiro de 2025

“Acredito que continuaremos no comando da tecnologia por um período razoável de tempo, e o potencial dela de resolver muitos dos problemas globais será concretizado.”

...

Rollo Carpenter

Agradecimentos

Dou por adquirido o objetivo de concluir mais um dos passos referentes ao enriquecimento curricular que desde sempre ambicionei e me obriguei a atingir, com dedicação, trabalho e esforço. Etapa de altos e baixos, por vezes atribulada e questionadora da minha capacidade de resiliência e de nunca abdicar de atingir tudo ao qual me proponho, exigente, mas principalmente motivadora para a contínua procura da descoberta de novos mundos na área da Imagem Médica e Radioterapia.

Percurso académico mais uma vez pautado pela capacidade inesperada de criar laços e memórias com pessoas excepcionais, que através das suas personalidades, defeitos e qualidades, bem como capacidade de trabalho, me foram desafiando semanalmente a chegar mais longe e a procurar sempre o melhor de mim. Dessa forma, ajudaram a ultrapassar barreiras e obstáculos, deixando ainda mais presente a certeza de que, sem relações humanas e espírito de companheirismo e amizade, tudo se torna mais difícil de alcançar. É também graças a eles que este objetivo se torna realidade.

Tenho em mim, portanto, agradecimentos que considero obrigatórios deixar expressos, não garantindo seguramente conseguir referir-me de forma individualizada a todas as pessoas, que de forma pessoal ou profissional, através de diversas maneiras e recursos, foram importantes nesta jornada, deixando desde já o meu sincero sentimento de gratidão.

Começo por me dirigir nesta lista de agradecimentos, a todos os professores do Mestrado em Imagem Médica e Radioterapia, pelo conhecimento, disponibilidade e envolvimento constantes ao longo do período letivo, que de forma direta e indireta também contribuíram para este documento final. No momento de escolha da temática, não tive qualquer dúvida sobre quem deveria incluir, e para isso, deixo desde já o agradecimento á Professora e Técnica Coordenadora do serviço que me recebeu, Prof^a Maria João Cura Mariano. A si, um obrigado mais uma vez pelos ensinamentos e disponibilidade de me receber.

Aos meus orientadores, nas pessoas da Professora Doutora Rute Andreia Martins dos Santos e Professor Pedro Coelho Vicente, um obrigado pela orientação, ensinamentos, incentivo e confiança, pessoas com grande capacidade de trabalho e disponibilidade. A si, em especial, Professor Pedro Vicente, pelo interesse diário no meu percurso, e pela capacidade de cativar atenção á aprendizagem do conhecimento, tornando-o por tudo isto uma referência profissional.

Agradecer também à Diretora de Serviço da Radioterapia, da Unidade Local de Saúde de Coimbra, Dra. Margarida Borrego e também ao Dr. Bruno Fernandes (médico radioncologista) e ao Eng.º Paulo César Simões (físico hospitalar), por me terem proporcionado presenciar as modalidades da Braquiterapia de Ginecologia, Próstata e Ocular.

A todos os restantes profissionais com quem me cruzei no serviço de radioterapia da Unidade Local de Saúde de Coimbra, pela simpatia e pronto acolhimento, fazendo-me sentir parte integrante do serviço, transpondo para mim o sentimento sobre o que é fazer parte de uma Instituição de Saúde de excelência, na área da Radioterapia. Aos meus colegas de profissão, com quem partilho não só o exercício de funções, mas também momentos de experiências e relações interpessoais, que me ajudaram com conselhos e partilha das suas experiências, orientando-me para o sucesso de mais uma etapa do meu percurso académico. A eles, também o meu sincero agradecimento.

Fundamental, tal como noutras etapas da minha vida, o apoio dos meus pais e irmãos, que desde sempre, torcem pelo meu sucesso. Ao meu pai, que todos os dias me fazia parecer sentir que queria tanto este dia quanto eu, fruto da ansiedade de ver mais um dos seus filhos a atingir o sucesso de mais uma etapa. Pela transmissão de valores e princípios, carinho e dedicação, tenho a certeza de que tudo a que me propuser, será alcançado.

Finalmente, não menos importante, a todos os meus amigos, que direta e indiretamente ajudaram a que tudo se tornasse mais leve. São de facto, a parte da família que pude escolher, e a vocês, também um obrigado.

Por tudo aquilo que enuncio, dedico o meu relatório, a todos. Muito obrigado.

Resumo

O carcinoma da mama é um dos tipos de cancro que atinge cada vez mais indivíduos, e por isso, deve ser considerada terapêutica que permita a melhor qualidade de vida depois do tratamento, bem como minimizar as consequências que da terapêutica possam advir.

A radioterapia é uma das principais abordagens terapêuticas, utilizadas nesta patologia, que envolve uma exposição significativa de vários órgãos adjacentes à radiação, tais como: coração, pulmões e mama contralateral. Uma das consequências, resulta muitas vezes da associação da quimioterapia com a radioterapia, decorrente do aumento de toxicidade, essencialmente ao nível cardíaco e pulmonar, sendo necessário minimizar as doses de exposição a que estes órgãos são sujeitos. Nesse sentido surgiu a técnica *Deep Inspiration Breath Hold - DIBH*, a qual é utilizada em radioterapia, no tratamento (principalmente) dos carcinomas da mama esquerda. A mesma, consistiu na temática *major* do estágio curricular realizado, em todas as suas práticas nas diversas fases do *workflow* da radioterapia, nas doentes que realizaram esta técnica aquando do seu tratamento.

O presente relatório provém da minha participação na prática diária ocorrida no Serviço de Radioterapia, da Unidade Local de Saúde de Coimbra e tem como objetivos apresentar o resultado do domínio de conhecimento, especificidade dos procedimentos a serem realizados, mais-valia da utilização desta técnica e *input* da literatura no âmbito desta temática, através de um método descritivo, de modo a evidenciar a redução da dose cardíaca e pulmonar, com a utilização desta técnica. Dado que o serviço, onde decorreu o estágio, utiliza como técnica acessória para a realização desta técnica, a *Surface Guided Radiation Therapy - SGRT*, esta também irá ser abordada e descrita, para maior especificação da *DIBH*. Porém, durante esse período de estágio dedicado ao tema principal, foi também possível vivenciar a experiência de poder aprofundar conceitos no âmbito da braquiterapia prostática, ginecológica e adquirir novos conhecimentos na área da braquiterapia ocular, por disponibilização e cortesia do serviço.

Concluiu-se que, nos casos de carcinoma da mama esquerda, que realizam RT externa com a técnica *DIBH*, e esta associada a *SGRT*, contribui para uma significativa redução da dose cardíaca e pulmonar, contribuindo para menores níveis de toxicidade e alterações agudas e tardias.

Palavras-chave: Carcinoma Mama; Radioterapia; *Deep Inspiration Breath Hold*; *Surface Guided Radiation Therapy*.

Abstract

Breast carcinoma is one of the types of cancer that affects more and more people, and for this reason, therapy should be considered that allows for the best quality of life after treatment, as well as minimizing the consequences that therapy may have.

Radiotherapy is one of the main therapeutic approaches used in this pathology, which involves significant exposure of several adjacent organs to radiation, such as the heart, lungs and contralateral breast. One of the consequences of combining chemotherapy with radiotherapy is the increase in toxicity, essentially to the heart and lungs, making it necessary to minimize the doses to which these organs are exposed. The Deep Inspiration Breath Hold (DIBH) technique was developed, which is used in radiotherapy to treat (mainly) carcinomas of the left breast. This was the main theme of the internship, in all its practices during the various phases of the radiotherapy workflow, with patients who underwent this technique during their treatment.

This report stems from my participation in daily practice at the Radiotherapy Service of the Coimbra Local Health Unit and its objectives are to present the results of my knowledge, the specificity of the procedures to be carried out, the added value of using this technique and input from the literature on this subject, in order to highlight the reduction in cardiac and pulmonary dose with the use of this technique. Given that the service where the internship took place uses Surface Guided Radiation Therapy (SGRT) as an accessory technique for performing this technique, this will also be addressed and described, to further specify DIBH. However, during this period of training dedicated to the main topic, it was also possible to deepen my understanding of prostate and gynecological brachytherapy and acquire new knowledge in ocular brachytherapy, thanks to the availability and courtesy of the service.

It was concluded that in cases of carcinoma of the left breast, external RT with the DIBH technique, combined with SGRT, contributes to a significant reduction in cardiac and pulmonary dose, contributing to lower levels of toxicity and acute and late changes.

Keywords: Breast Carcinoma; Radiotherapy; Deep Inspiration Breath Hold; Surface Guided Radiation Therapy.

Lista de siglas, abreviaturas e acrónimos

3D-CRT - *Three-Dimensional Conformal Radiation Therapy*

AL- Acelerador Linear

BT- Braquiterapia

CBCT - *Cone-Beam Computed Tomography*

CTV - *Clinical Target Volume*

cm - Centímetro

DIBH – *Deep Inspiration Breath Hold*

DNA- *Deoxyribonucleic Acid*

DVH - *Dose-Volume Histogram*

FFF - *Flattening Filter Free*

Gy – *Gray*

HPV - *Human Papilloma Virus*

HDR – *High Dose Rate*

IF - *Inspiração Forçada*

IPC – Instituto Politécnico de Coimbra

IGRT- *Image-guided Radiation Therapy*

LDR – *Low Dose Rate*

IMRT- *Intensity Modulated Radiation Therapy*

MLC - *Multileaf Collimator*

MDR – *Medium Dose Rate*

mm – Milímetros

MV – *Megavolt*

MU – *Monitor Units*

OAR - *Organs at Risk*

PTV - *Planning Target Volume*

PSA - *Prostate Specific Antigen*

PDR – *Pulsed Dose Rate*

RL – *Respiração Livre*

ROI - *Region of Interest*

RT- *Radioterapia*

SBRT- *Stereotactic Body Radiation Therapy*

SGRT - *Surface Guided Radiation Therapy*

SIB - *Simultaneous Integrated Boost*

SSD – *Source-Skin Distance*

TC – *Tomografia Computorizada*

TPS - *Treatment Planning System*

ULS Coimbra – *Unidade Local de Saúde de Coimbra*

VIH - *Vírus da Imunodeficiência Humana*

VMAT - *Volumetric Modulated Arc Therapy*

kV - *Quilovolt*

Índice

Agradecimentos	vii
Resumo	ix
Abstract	xi
Lista de siglas, abreviaturas e acrónimos	xiii
Índice	xv
Índice de figuras	xix
1. Introdução	1
2. Enquadramento	3
2.1 Anatomia	3
2.2 Carcinoma de mama	3
2.3 Diagnóstico	4
2.4 Radioterapia	5
3. <i>Workflow</i> de doentes com carcinoma de mama, submetidos a Radioterapia Externa, com <i>Deep Inspiration Breath Hold</i>	9
3.1 Serviço Radioterapia - ULS Coimbra	9
3.2 TC de Planeamento	10
3.3 Planeamento dosimétrico	15
3.4 Tratamento	20
3.5 Discussão	23
4. Braquiterapia	31
4.1 Braquiterapia Prostática	32
4.1.1 Anatomia	32

4.1.2 Carcinoma da Próstata	32
4.1.3 Tratamento	34
4.2 Braquiterapia Ginecológica	36
4.2.1 Anatomia	36
4.2.2 Tumores ginecológicos	36
4.2.3 Tratamento	37
4.3 Braquiterapia ocular	38
4.3.1 Anatomia	38
4.3.2 Melanoma da Coroideia	39
4.3.3 Tratamento	39
5. Considerações finais	43
5.1 Contributo.....	44
6. Conclusão	45
Referências Bibliográficas.....	47

Índice de figuras

Figura 1 - Interface SimRT - Seleção de protocolo de TC de planeamento com recurso à técnica de Deep Inspiration Breath Hold (Ribeiro et al., 2024)	11
Figura 2 - Interface SimRT - Seleção de protocolo de entrada do doente na gantry e ajuste dos parâmetros técnicos (Ribeiro et al., 2024).	11
Figura 3 - Interface da surface do doente – localização e definição do patch (Ribeiro et al., 2024).	13
Figura 4 - Interface da surface e registo do gating respiratório, com registo da duração e momento da IF realizada pela doente, bem como da sua amplitude (Ribeiro et al., 2024).	14
Figura 5 - Comparação do DVH para PTV's e OAR's em planeamentos com IMRT e VMAT (Zhang et al., 2021).	17
Figura 6 – Fusão das sequências de imagens de TC adquiridas em RL e IF, demonstrando a variação da posição das estruturas anatómicas, com recurso à técnica <i>DIBH</i> (Islam et al., 2024).	18
Figura 7 - Interface do Sistema de TPS Varian Medical Systems, Palo Alto, CA, versão 13.5 - Plano elaborado com recurso à técnica IMRT, para o tratamento do carcinoma da mama. Os cortes são apresentados em três planos – axial, coronal e sagital, juntamente com os campos, estruturas e linhas de isodose; é também apresentado um modelo 3D reconstruído (Madaleno et al., 2019).	19
Figura 8 - Sistema AlignRT® - Preparação do tratamento e respetiva marcação da ROI (Ribeiro et al., 2024).	21
Figura 9 - Imagem ecográfica ocular obtida durante o procedimento cirúrgico, com vista a garantir o correto posicionamento do molde radioativo (Coutinho et al., 2017).	42

Figura 10 - Fios de inserção muscular, que permitem a mobilidade ocular durante o procedimento cirúrgico e molde radioativo conformado ao tumor (Coutinho et al., 2017).
..... 42

1. Introdução

O estágio decorreu no serviço de Radioterapia da Unidade Local de Saúde de Coimbra, durante o período compreendido entre setembro de 2023 e outubro de 2024. Este consistiu na visualização, participação e acompanhamento em todo o *workflow* de Radioterapia (RT), em doentes com carcinoma da mama esquerda, submetidos a RT externa, com a técnica *Deep Inspiration Breath Hold (DIBH)*. Paralelamente, porque o serviço utiliza a *Surface Guided Radiation Therapy (SGRT)*, como técnica acessória de monitorização, validação do perfil e controlo respiratório, realizado na *DIBH*, esta também foi alvo da minha observação e prática dos seus procedimentos. Por último, no decorrer do estágio definido para a técnica *DIBH*, mesmo fazendo-se associar a *SGRT*, foi disponibilizada por cortesia do serviço e staff, a possibilidade de assistir a outros procedimentos, no âmbito da RT, nomeadamente a realização de Braquiterapia em doentes com carcinomas de próstata, ginecologia e tumores oculares, uma vez que, durante a licenciatura em Imagem Médica e Radioterapia, não foi possível um verdadeiro contacto com esta vertente. Esta abordagem, mesmo só tendo ocorrido com carácter observacional, também permitiu um maior conhecimento sobre esta área da Radioterapia.

A escolha deste estágio na Radioterapia, prendeu-se ao facto de ser a área que desde sempre despertou interesse ao seu exercício profissional, e uma vez não o exercendo, quis estar próximo dessa realidade, mantendo-me enquadrado com a área e promovendo uma contextualização de atualização à mesma, com a demonstração de relevância e utilidade desta técnica inovadora, que é a *DIBH*.

Esta experiência permitiu não apenas a integração holista desta técnica, desde o planeamento até à realização dos tratamentos, mas também uma compreensão aprofundada dos protocolos clínicos adotados, visando a otimização da eficácia terapêutica e a minimização dos efeitos adversos da exposição à radiação, contribuindo para a validação dos objetivos propostos.

Durante esse período, foi realizado o acompanhamento de todas as práticas relacionadas com essas técnicas (*DIBH* e *SGRT*), e constante participação nas mesmas com vista, à e melhor, consolidação e aprofundamento de conhecimentos decorrentes das mesmas.

Após o término do estágio, foi elaborado o presente relatório referente às técnicas observadas, sendo abordados os principais conceitos estudados, suas especificações técnicas, procedimentos e *input* científico da literatura.

O presente relatório será dividido em duas partes: a primeira, que abordará de uma forma mais aprofundada e específica, os procedimentos e relevância da *DIBH* (acrescida da *SGRT*) e o *workflow* em radioterapia, de doentes com carcinoma da mama esquerda, submetidos a RT externa, com recurso a esta técnica; e uma segunda parte, abordando de forma genérica alguns conceitos sobre a técnicas de Braquiterapia em doentes com carcinomas pélvicos e oculares. Tal divisão resulta do facto de grande parte do estágio ter recaído sobre a primeira parte supracitada, por ter sido definido como o conteúdo objetivo, para a realização do mesmo.

Como tal, a conclusão final e suas ilações, serão somente referentes à utilização e impacto da técnica *DIBH*, no tratamento da patologia em questão, por radioterapia externa.

2. Enquadramento

2.1 Anatomia

A mama é uma glândula que se insere nos músculos peitorais, que cobrem a região dos arcos costais. Divididas por 15 a 20 secções, denominados lobos, e estes, por lóbulos de dimensões mais reduzidas, são os principais responsáveis pela produção de leite, através de pequenas glândulas que constituem os lóbulos (Richard L. Drake et al., 2005).

Os principais tecidos que compõem as mamas são o tecido adiposo, o tecido fibroglandular e o tecido conjuntivo. O mamilo é o centro de uma área escura de pele, a aréola. O restante espaço entre estruturas é constituído por gordura. Capazes de transportar linfa, os vasos linfáticos e respetivos gânglios, são também responsáveis por reterem bactérias, células cancerígenas, e outras substâncias malignas, alojando-se em diferentes regiões, quer na proximidade da mama, nas axilas, superiormente à clavícula, no peito ou até noutras localizações ao nível do corpo (Bistoni & Farhadi, 2015).

2.2 Carcinoma de mama

O carcinoma de mama tem origem na glândula mamária. A carcinogénese é o desenvolvimento de cancros pela transformação de células saudáveis em células neoplásicas. Este processo complexo ocorre devido a mutações no DNA que impedem o processo normal de divisão celular, afetando os seus mecanismos de morte celular programada, passíveis de disseminação á distância, podendo resultar num processo denominado por metastização (Bistoni & Farhadi, 2015).

Apresenta como fatores de risco o histórico familiar, idade, sexo, desregulação hormonal, densidade mamária, etnia, maus hábitos diários como consumo de drogas ou tabagismo, entre outros (Telli et al., 2019).

O carcinoma de mama pode causar alterações físicas visíveis, que devem ser observadas com atenção, tais como: alteração na mama ou no mamilo, quer no aspeto, quer na palpação, presença de nódulo ou espessamento na mama, perto da mama ou na

zona da axila, sensibilidade no mamilo, alteração do tamanho ou forma da mama, retração mamilar (mamilo virado para dentro da mama), pele, aréola ou mamilo com aspeto escamoso, vermelho ou inchado, podendo evidenciar saliências ou reentrâncias, de modo a parecer "casca de laranja" e secreção ou perda de líquido pelo mamilo (Telli et al., 2019).

Em Portugal, o carcinoma de mama, é o mais comum nas mulheres, não considerando o cancro da pele, representando a primeira causa de morte por cancro na mulher. Anualmente, através de especializados meios complementares de diagnóstico, têm sido detetados cerca de 9000 novos casos de carcinoma da mama, sendo que mais de 2000 acabam por morrer desta doença (Globocan, 2022).

2.3 Diagnóstico

No sentido de realizar um despiste de patologias, nomeadamente a presença de carcinoma de mama, é importante, desde cedo, serem realizados exames de rastreio, antes de surgirem quaisquer sinais ou sintomas, uma vez que desta maneira se consegue dar uma resposta mais pronta e cabal, em caso de desenvolvimento de algum tipo de lesão, podendo em muitas situações detetar atempadamente casos de cancro, aumentando a probabilidade do tratamento ser eficaz (Gradishar et al., 2024).

A suspeita de carcinoma de mama surge sempre que é detetado um nódulo na mama ou na axila, podendo existir outros sintomas de alerta (Santos et al., 2023).

No entanto, a mesma ocorre na sequência da realização de um meio complementar de diagnóstico, tal como a mamografia e/ou ecografia mamária de rotina, que muitas vezes deteta alterações sugestivas da doença (Zhu et al., 2021).

Idealmente, casos de provável cancro, deveriam ser detetados por estes exames de rotina, antes de serem palpáveis, aumentando a probabilidade de cura (Santos et al., 2023).

Em caso de suspeita, está também indicada a realização de uma biópsia para confirmação ou exclusão do diagnóstico. A biópsia mamária consiste na colheita de uma

pequena amostra da glândula mamária na zona suspeita (e, por vezes, também de um gânglio da axila), após administração de anestesia local. É um procedimento rápido e que não gera desconforto significativo. Se forem identificadas células tumorais na análise da amostra obtida na biópsia, será feito o diagnóstico de carcinoma de mama (Gradishar et al., 2024).

Existem outros meios complementares de diagnóstico tais como a Ressonância magnética, a Cintigrafia óssea, a TC, entre outros exames clínicos (Gradishar et al., 2024).

2.4 Radioterapia

A radioterapia é a principal abordagem terapêutica, pós-cirurgia, envolvendo a exposição de órgãos tais como o coração e pulmões, a radiação ionizante (Lopes, 2021).

Os efeitos colaterais agudos decorrentes da radioterapia são geralmente temporários, e tipicamente diminuem ou desaparecem após o fim do tratamento (eritema, inchaço, fadiga, entre outros) (Madaleno et al., 2019). O endurecimento do tecido mamário, mudança de coloração, bem como diminuição da amplitude dos movimentos do membro superior homolateral, constituem alguns dos efeitos tardios (Madaleno et al., 2019).

Os efeitos adversos a nível cardíaco podem envolver doenças cardiovasculares, miocárdicas, pericárdicas e distúrbios de ritmo e condução (Madaleno et al., 2019).

Neste sentido, surge a necessidade de se implementar uma metodologia para a redução de dose nesses *organs at risk - OAR's*, bem como promover uma melhoria da qualidade de vida dos doentes (Ribeiro et al., 2024).

Os avanços em RT, vieram contribuir para uma maior eficácia ao nível do seu objetivo, que é administrar dose prescrita de radiação, distribuindo-se de forma homogénea, garantindo a menor dose possível ao nível das estruturas circundantes (Lopes, 2021).

Para o planeamento dos tratamentos de RT externa e de braquiterapia (BT), conforme será abordado mais adiante, é efetuada uma nova Tomografia Computorizada

(TC), denominada de TC de Planeamento, que permite visualizar os volumes a tratar e através de equipamentos de imobilização, posicionar o doente de forma confortável e estável, promovendo a melhor reprodutibilidade diária possível do tratamento (Gradishar et al., 2024).

Decorrente desses avanços, e da necessidade de minimizar doses nos *OAR's*, surge a técnica *Deep inspiration Breath Hold*, que, enquanto técnica de controlo do movimento respiratório, consiste na realização de uma inspiração profunda com apneia respiratória. Deste modo, permite modificar a posição dos *OAR's* relativamente ao volume alvo, diminuindo a dose de radiação nos mesmos (Ribeiro et al., 2024).

Tendo por base a casuística do serviço de RT supracitado, nos últimos 10 meses surgiram cerca de 227 novos casos de carcinoma da mama, cuja terapêutica com recurso à técnica de *Deep Inspiration Breath Hold (DIBH)* recaiu sobre 104 dos novos casos (Ribeiro et al., 2024).

A técnica *DIBH* realizou-se com recurso ao *SimRT*, que permite um *feedback* real dos movimentos, usando duas câmaras 3D e um projetor de luz, inserido num *PODE*, fixo no teto da sala da TC de planeamento. Deste modo, permite-se que o procedimento seja não-invasivo e não ionizante, na monitorização do movimento. Uma das características principais é a seleção de uma área de monitorização (5x5cm) – *patch*, a partir da sala de controlo. As câmaras asseguram uma configuração capaz de fazer com que não seja necessária instalação de equipamento adicional (Ribeiro et al., 2024).

O *SimRT* é uma plataforma autónoma de rastreio e *gating* de superfícies para TC de planeamento, desenvolvida pela *VisionRT*, que é a utilizada no serviço onde decorreu o estágio aquando de sincronização da respiração. As soluções *SGRT* da *VisionRT* visam melhorar a segurança, eficácia e eficiência de todo o fluxo de trabalho da RT (Ribeiro et al., 2024).

Em termos dosimétricos, o tratamento desta patologia, requer a combinação de dois ou mais feixes de radiação, com vista a obtenção de distribuições de dose aceitáveis. Para isso, pode recorrer-se a manipulações de direções de incidência, concentrando dose na região de interseção e no restante volume clínico a irradiar, conjugação de energias

(mais ou menos penetrantes) e composição de tipos de radiação, através de fótons ou elétrons (Madaleno et al., 2019).

Podem ainda ser utilizados diversos acessórios, tais como bólus; cunhas físicas (em desuso) ou dinâmicas; proteções personalizadas ou dinâmicas, de acordo com *guidelines* e protocolos de combinação de feixes definidos (Lopes, 2021).

Para cada configuração de campos definida, os sistemas de planeamento calculam a distribuição de dose, nas imagens axiais da TC de planeamento, sendo possível visualizar a sua disposição, ou comportamento, através de isodoses, ou *color wash* (Madaleno et al., 2019).

Os histogramas de dose-volume, são gráficos que traduzem a dose cumulativa nos volumes delimitados: clínicos e *OAR's*, e, caso haja mais do que um planeamento dosimétrico, estes são passíveis de serem comparados enquanto instrumento dosimétrico (Madaleno et al., 2019).

Da necessidade premente de maior convergência da dose, à forma 3D do volume a irradiar, emergiu o conceito de modulação da dose, através da variação da intensidade do feixe e do movimento controlado e dinâmico do *Multi Leaf Colimator – MLC*. A descrita modulação, surge de uma nova conceção de planeamento, o *inverse planning*, sendo este um método de procedimento que utiliza um programa informático (*optimizer*) para obter automaticamente um plano de tratamento, com uma melhor distribuição da dose. O mesmo funciona por pedidos de restrições de dose ou de dose-volume, como doses mínimas e máximas na região alvo, nos órgãos de risco ou de índices biológicos, como a taxa de controlo do tumor sem complicações. Como resultado do planeamento inverso, é calculada a fluência de intensidade não homogénea dos feixes (Lopes, 2021).

Deste modo, surge a Radioterapia com Intensidade Modulada (IMRT), a partir do desenvolvimento ocorrido na RT 3D Conformacional, permitindo uma maior conformação/adaptação ao volume alvo, obtendo-se uma melhor homogeneidade da dose e redução da mesma, nos tecidos circundantes (Lopes, 2021).

Podem ser realizados três tipos de IMRT, sendo eles: o *Step and Shoot*, com os colimadores multilâminas parcialmente estáticos, existindo paragem de irradiação

enquanto as lâminas se movimentam; o *Sliding Window*, com recurso a colimadores multilâminas continuamente dinâmicos e a *Intensity Modulated Arc Therapy* (IMAT), onde para além de existir movimento das lâminas, existe também movimento da *gantry* (Lopes, 2021).

No que refere à abordagem clínica e esquema terapêutico utilizado pela RT, este pode versar na irradiação total da mama ou parede torácica, e com/sem invasão ganglionar, com dose de 40,05-50Gy administrada em 15-25 frações, durante 3-5 semanas, seguida de uma fase de *boost* sequencial, de 10-16Gy, perfazendo um espaço temporal de 2 meses de tratamento, na maioria dos doentes. Em casos específicos, a irradiação pode englobar as duas fases em simultâneo, denominando-se por *Simultaneous Integrated Boost - SIB* (Gradishar et al., 2024).

Apesar da realização de planeamentos dosimétricos cada vez mais otimizados, existe também a consciencialização de possível não reprodutibilidade, na íntegra, das imagens adquiridas na TC de planeamento no tratamento diário, por diferenças de posicionamento do doente, e/ou dos volumes clínicos e *OAR's*, surgiu a necessidade de adaptar o processo a essas mudanças (Lopes, 2021).

Desta forma, de modo a aumentar a reprodutibilidade, precisão do posicionamento do doente e da localização do volume alvo, surgiu a *Image-guided Radiation Therapy* (IGRT). Esta consiste, maioritariamente, na aquisição de imagens tridimensionais do doente, através do *Cone-Beam Computed Tomography* (CBCT), no tratamento. Após a sua aquisição, estas são comparadas com as imagens da TC de planeamento, de modo a verificar e corrigir o posicionamento definido do doente e a avaliar os volumes clínicos e órgãos de risco. Outros métodos de imagem podem ser utilizados, para esta verificação, tais como: RM, TC, Ecografia, imagens planares kV-kV, ou mesmo *SGRT* (Lopes, 2021).

Seguidamente serão abordados todos estes conteúdos, de forma aplicada no *workflow* da radioterapia, no tratamento da patologia alvo do presente relatório, com a técnica *DIBH*.

3. *Workflow* de doentes com carcinoma de mama, submetidos a Radioterapia Externa, com *Deep Inspiration Breath Hold*

3.1 Serviço Radioterapia - ULS Coimbra

O serviço de radioterapia da Unidade Local de Saúde (ULS) de Coimbra, foi criado por despacho do Diretor Geral da Saúde de 24/07/1997, publicado em Diário da República, II Série, em 15/11/1997 e iniciou a sua atividade clínica em 19/09/2001. Está instalado no 1º andar do Edifício São Jerónimo, implantado no espaço físico do Hospital da Universidade de Coimbra e integrado no Departamento de Oncologia. O Serviço trata os doentes oncológicos do universo pertencente à ULS de Coimbra, ULS de Aveiro e de outros hospitais que contactem para a realização de RT. Ao nível do tratamento, está dotado de tecnologia inovadora e atualizada para realização de RT externa, em todas as patologias e localizações tumorais, e de braquiterapia prostática, ginecológica e do globo ocular. Dispõe de uma equipa multidisciplinar altamente especializada e dedicada, constituída por médicos radioncologistas, físicos médicos, técnicos superiores de diagnóstico e terapêutica, enfermeiros, assistentes técnicos e assistentes operacionais.

Esta equipa é complementada com a presença de assistente social, nutricionista e psicólogo. Os equipamentos de tratamento de RT Externa, que possui são: *TRUBEAM 2.0*: Fotões com energia de 6, 10 e 15 MV, com opção *Flattening Filter Free - FFF* nos 6 e 10 MV, e eletrões com energias 6, 9, 12, 15, 18 e 22 MeV; *TRUBEAM 2.0*: Fotões com energia de 6, 10 e 15 MV, opção FFF nos 6 e 10 MV; *TRUBEAM 2.0*: Fotões com energia de 6, 10 e 15 MV, opção FFF nos 6 e 10 MV, com *micromultileaf* preparado para radiocirurgia. Possui ainda o seguinte equipamento de tratamento na vertente de Braquiterapia: *Microselectron HDR v3* e sementes de Iodo 125, e outros equipamentos de imagem: TC (*Siemens*), modelo *SomatonScope* (Sistema Nacional de Saúde, 2024).

3.2 TC de Planeamento

O *workflow* de doentes com carcinoma de mama, desde a TC de planeamento até às sessões de tratamento diárias, pode ser categorizado por etapas (TC de planeamento, planeamento dosimétrico e tratamento). Deste modo, respeitando esta ordem, podemos constatar na prática diária os seguintes procedimentos, que serão desenvolvidos em seguida. Os quais, tive a possibilidade de coexistir e realizar, em colaboração com os de Técnicos de RT, que exercem funções nesta área.

Após receção do doente no serviço e acesso aos dados referentes à história clínica, o doente realiza um controlo facial biométrico já no interior da sala da TC de planeamento, de maneira a proceder-se à associação e registo de dados, sendo de seguida encaminhado ao vestiário, para que coloque o vestuário adequado à realização da TC de planeamento.

A calibração do sistema de *Surface*, deve ser feita recorrendo à matriz de calibração, com SSD de 100cm, devidamente alinhada com o isocentro da TC e colocando o valor vertical da mesa a 109cm. Posto isto, acede-se à aplicação *SimRT*, abrindo o *DailyQA*, e selecionando o seu início. Após a calibração do sistema de *Surface*, na TC de planeamento, são introduzidos os dados do doente e selecionado o protocolo *DIBH (3D Helical – Figura 1)*, verificando igualmente a conformidade dos parâmetros de velocidade da mesa entre a aplicação e o protocolo de TC (*Figura 2*).

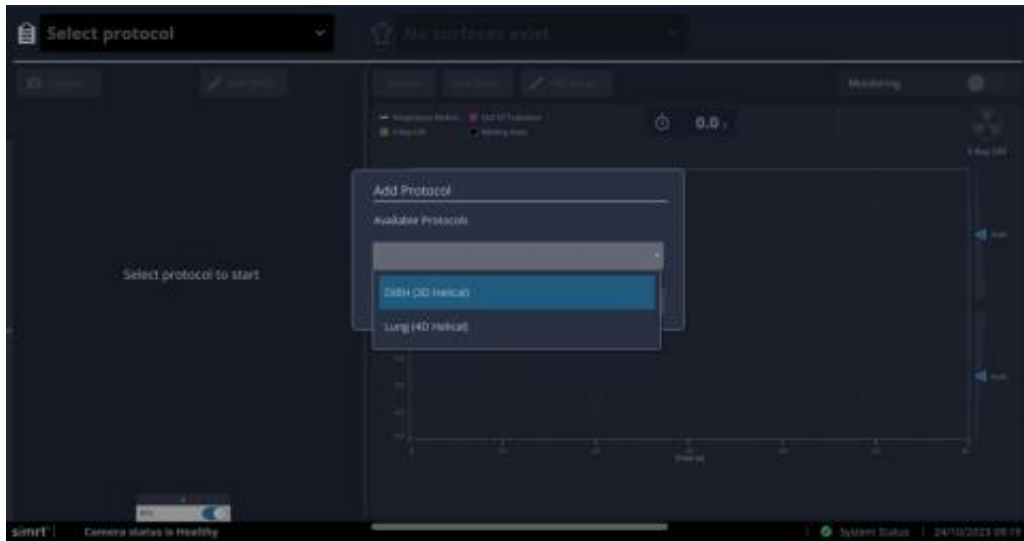


Figura 1 - Interface *SimRT* - Seleção de protocolo de TC de planeamento com recurso à técnica de *Deep Inspiration Breath Hold* (Ribeiro et al., 2024).

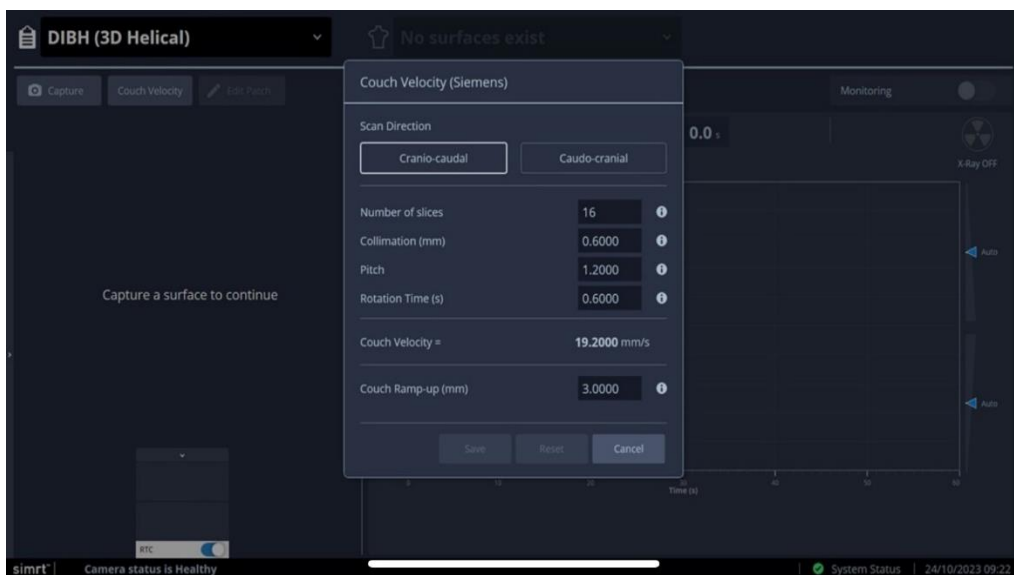


Figura 2 - Interface *SimRT* - Seleção de protocolo de entrada do doente na *gantry* e ajuste dos parâmetros técnicos (Ribeiro et al., 2024).

Em seguida, adequa-se a sala, colocando os sistemas de imobilização em função do protocolo pretendido, posicionando o doente no plano inclinado de mama, indexado na mesa da TC (*breast-board* a 10º, *SabellaFlex*). O doente é então posicionado em decúbito dorsal, braço ipsilateral e contralateral colocados no apoio de braços em abdução e mãos nos *grip poles*.

Após o posicionamento estável e o mais confortável possível do doente, é explicado o procedimento seguinte à doente, instruindo de forma a que durante os ciclos respiratórios, o doente não deva realizar qualquer tipo de movimento com nenhuma parte do corpo. É realizado com a doente, um treino individual de inspiração e apneia, antes da TC de planeamento, com vista a manterem uma *DIBH* estável durante o intervalo de tempo pretendido (20-40 segundos). O nível aceitável de deslocação/amplitude da grelha torácica, aquando da *DIBH*, deve ser de superior a 1,5cm. Caso a doente não consiga realizar a manobra de apneia, ou mesmo, por tempo insuficiente, ou apresentar dificuldades de reprodutibilidade futura da manobra, deve ser avaliada e ponderada, a não utilização da técnica *DIBH*. Assim sendo, realiza a TC de Planeamento, com a respiração em regime livre.

Sendo possível, procede-se à marcação do corte $Z = 0\text{cm}$, através da interseção dos *lasers* na pele da doente.

Nesta fase, é de referir também a marcação de restantes alinhamentos. O corte $Z=0$, deve ser marcado no nível médio da mama e o *laser* vertical ao nível da linha média axilar. De salientar que antes da aquisição das imagens, deve ser feita a colocação das marcas fiduciais nas projeções dos lasers, no estabelecido corte zero.

Em paralelo, é também uma mais-valia clínica a referenciação nas imagens, das cicatrizes cirúrgicas e/ou sulco mamário, com material radiopaco.

Seguidamente é realizado o topograma, cuja *range* se compreende desde o segundo espaço intercostal até 2-3cm, abaixo do sulco mamário.

Posteriormente, adquire-se a superfície corporal da doente através dos equipamentos *SGRT* disponíveis na sala e é definida a localização do *patch* (*Figura 3*), na aplicação *SimRT*. Esta deve ser estabelecida numa região estável da doente, como por

exemplo ao nível da região diafragmática. Saliente-se também, que essa área deve possuir os critérios desejados, nomeadamente tratar-se de uma superfície plana, capaz de proceder à leitura e monitorização do ciclo respiratório da doente.

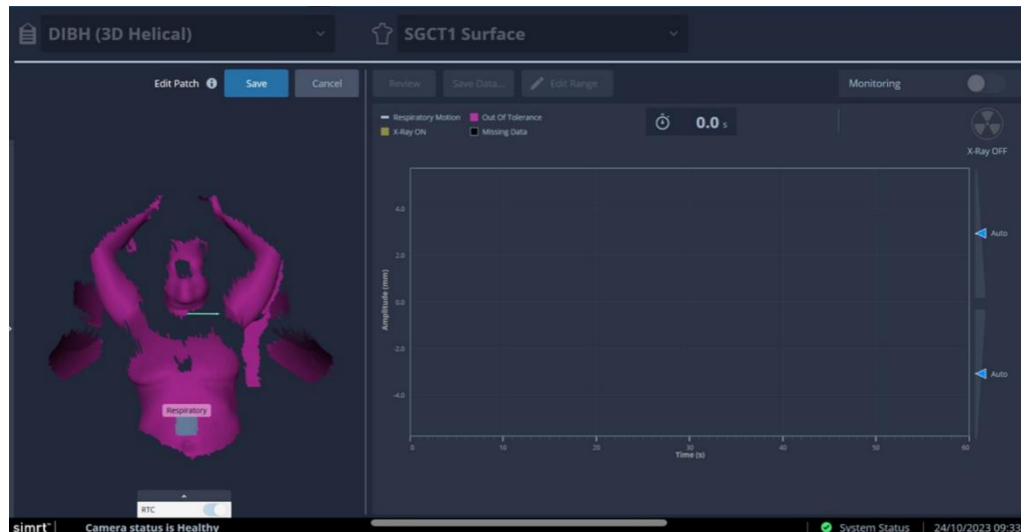


Figura 3 - Interface da *surface* do doente – localização e definição do *patch* (Ribeiro et al., 2024).

Em seguida, solicita-se à doente que respire normalmente, estabilizando a respiração durante 30 a 40 segundos. Terminado esse período, pede-se que inspire profundamente e é realizada a avaliação da sua capacidade de colaboração e de reprodutibilidade da manobra. O treino, correção e incentivo, são importantes. Se a doente cumprir os requisitos, já anteriormente descritos, são adquiridas imagens nas fases de insuflação máxima forçada (IF) e também em regime livre (RL), para comparação e avaliação do uso da técnica, ou não.

Durante a primeira aquisição, deve pedir-se à doente que realize uma inspiração profunda, com apneia respiratória, sendo analisada e definida a range da amplitude da inspiração, durante um período equivalente a 20 segundos (*Figura 4*).

Através da IF, promove-se o deslocamento caudal do diafragma, consequentemente, a expansão dos pulmões que aumenta a separação espacial entre o

coração e a parede torácica, que posteriormente promove uma minimização de dose, no coração e no pulmão.

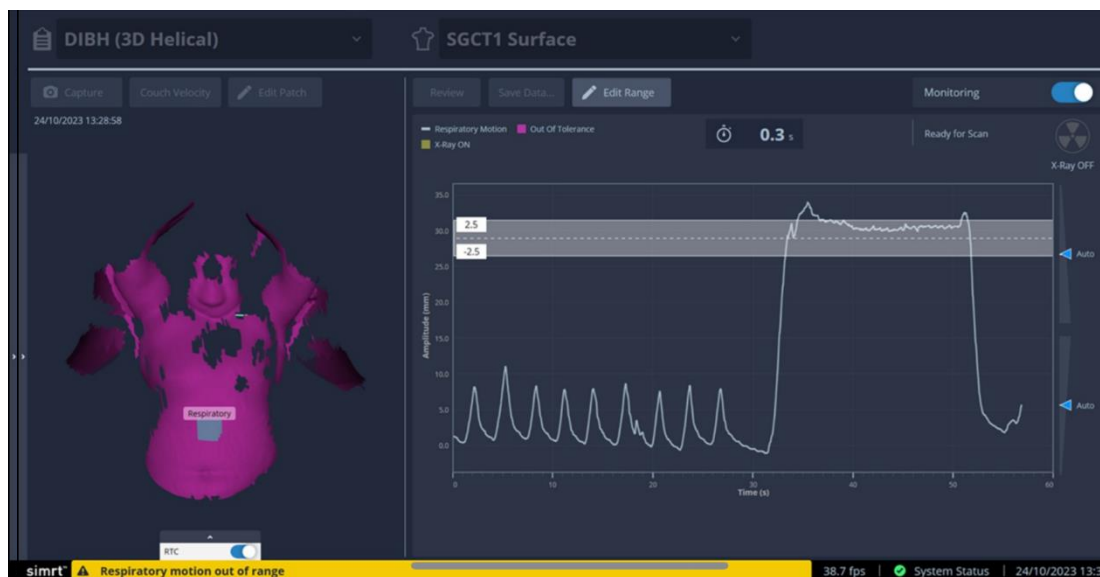


Figura 4 - Interface da *surface* e registo do *gating* respiratório, com registo da duração e momento da IF realizada pela doente, bem como da sua amplitude (Ribeiro et al., 2024).

Após um período de pausa, de maneira que a doente possa recuperar do período de inspiração e apneia respiratória, é feita a aquisição seguinte. Nesta segunda sequência de imagens, é pedido á doente que respire normalmente, sendo realizada a aquisição de imagens em RL.

Posteriormente, é realizada, a já referida comparação das séries de imagens, avaliando a amplitude de insuflação, aumento do volume pulmonar e deslocação do coração, face à grelha costal, entre as mesmas. Refira-se novamente, para a utilização da técnica de *DIBH*, devem ocorrer estas constatações imagiológicas, associadas à capacidade de reprodutibilidade e de colaboração, por parte da doente.

Por fim procede-se ao registo das condições de posicionamento (*set-up notes*) e envio de ambas as séries de imagens (IF e RL), para a rede integrada do serviço, *ARIA*.

Saliente-se, que tanto o posicionamento como o procedimento acima descrito, por norma, são o mesmo, com ou sem indicação para irradiação ganglionar.

No âmbito pessoal, foi-me possível realizar de forma autónoma, com a devida supervisão dos técnicos monitores responsáveis, todos os procedimentos supra descritos, questionando-os frequentemente sobre os diferentes procedimentos adotados e auxiliando-os na prática diária.

3.3 Planeamento dosimétrico

Nesta fase, após avaliação das duas séries de imagens da TC de planeamento e verificação da adequação da técnica, com vista a garantir que esta se revele uma melhoria significativa para o objetivo de tratamento, é realizada a delineação dos *OAR's* e volumes alvo, por parte do médico radioncologista (Vicente et al., 2024).

A próxima etapa do *workflow*, é o planeamento dosimétrico, com recurso ao sistema de planeamento – *Eclipse, versão 13.5* e utilizando a técnica *Intensity Modulated Radiation Therapy - IMRT*, assim estabelecido no serviço. Este é realizado na série de imagens em IF, muito embora também registadas com as adquiridas, em RL (Vicente et al., 2024).

Ao nível da delineação de volumes-alvo e *OAR's*, podem ser delineados o *Clinical Target Volume T (CTV T)* ao nível da glândula mamária/parede torácica; o *CTV boost*, referente à loca cirúrgica; *CTV ganglionar*, referenciando todas as regiões ganglionares inter-peitorais, nível I axilar, nível axilar II, nível III axilar e nível IV axilar; *Planning Target Volume T*, 5mm em torno do *CTV T*; *PTV boost*, 5mm em torno do *CTV boost*; e *PTV ganglionar*, 5mm em torno do *CTV ganglionar* (Offersen et al., 2015). No caso de irradiação de mama/parede torácica sem regiões ganglionares, os *OAR's* delineados serão pulmão homolateral, mama contralateral, e coração; no caso de envolver irradiação de regiões ganglionares, pulmão homolateral, mama contralateral, esófago, cabeça do úmero ipsilateral e coração (Offersen et al., 2015).

Durante o planeamento do tratamento, selecionadas as imagens de TC em IF, já com a delineação de volumes e *OAR's*, o dosimetrista ou o físico médico pode recorrer ainda à delineação de outros volumes acessórios, auxiliando-o no cálculo e otimização do planeamento dosimétrico. No caso concreto dos planeamentos de carcinoma de mama,

está estabelecido no serviço, o uso preferencial de campos estáticos tangenciais e só em casos muito particulares, que muito o justifiquem, o uso de arcos (Ribeiro et al., 2024).

Saliente-se que dadas as características do AL, no qual consta a *SGRT*, só permitir um limite máximo de campo (longitudinal) de 22cm, e aquando da inclusão também de irradiação ganglionar, se toda a extensão do volume alvo de tratamento for superior a essa dimensão, carece da utilização de dois isocentros (Vicente et al., 2024).

Muito embora não sendo o protocolado no serviço, o planeamento desta patologia pode ser realizado com recurso a outras técnicas, tais como, a 3D CRT ou VMAT (Das Majumdar et al., 2022).

Nesse âmbito, a 3D CRT é um procedimento computacional capaz de criar uma imagem tridimensional do tumor, permitindo que seja possível administrar a maior dose possível de radiação ao tumor, poupando ao máximo o tecido saudável (Das Majumdar et al., 2022).

Contextualizando, a técnica 3D CRT é uma modalidade de RT que consiste na conformação da dose ao volume alvo, através da utilização de vários feixes de tratamento estáticos e proteções fixas (blocos de chumbo ou *MLC*) (Duarte et al., 2022).

Os feixes utilizados são definidos com uma intensidade uniforme e fixa, caracterizada pela *dose rate*; estabelecidas as suas angulações e ponderações; e com recurso a cunhas físicas ou dinâmicas (Duarte et al., 2022).

O planeamento é realizado de forma a cumprir os objetivos *standard* impostos pela *International Commission on Radiation Units and Measurements - ICRU*, ou seja, um mínimo de dose de 95% e máximo de 107%, nos volumes alvo, e doses nos *OAR's*, dentro dos limites de tolerância dos mesmos. Para melhor avaliação e validação destas premissas (que têm de ser cumpridas), existem os *Dose-Volume Histogram - DVH*, que são gráficos que expressam a dose, por volume das estruturas delimitadas: volumes clínicos e *OAR's* (Duarte et al., 2022).

A técnica de irradiação VMAT é uma forma avançada de tratamento com intensidade modulada, que consiste na irradiação em forma de arco contínuo (359 graus), através do movimento da máquina em torno do doente (Das Majumdar et al., 2022).

Assim sendo, permite uma conformação mais precisa da dose de radiação ao contorno 3D do tumor/volume alvo e, portanto, poupar mais tecido saudável. Desta forma, é particularmente útil para irradiação de tumores perto de órgãos sensíveis e pode obter distribuições de doses altamente moduladas com uma melhoria da cobertura do volume alvo, salvaguardando a integridade dos tecidos sãos adjacentes, quando comparada com as técnicas de RT convencionais (Huijskens et al., 2024).

A capacidade de modulação advém da irradiação contínua em arco, associada à metodologia de planeamento inverso, o qual calcula a variação dinâmica do movimento do *MLC*, variação da *dose-rate* e velocidade de rotação do equipamento de tratamento (Huijskens et al., 2024).

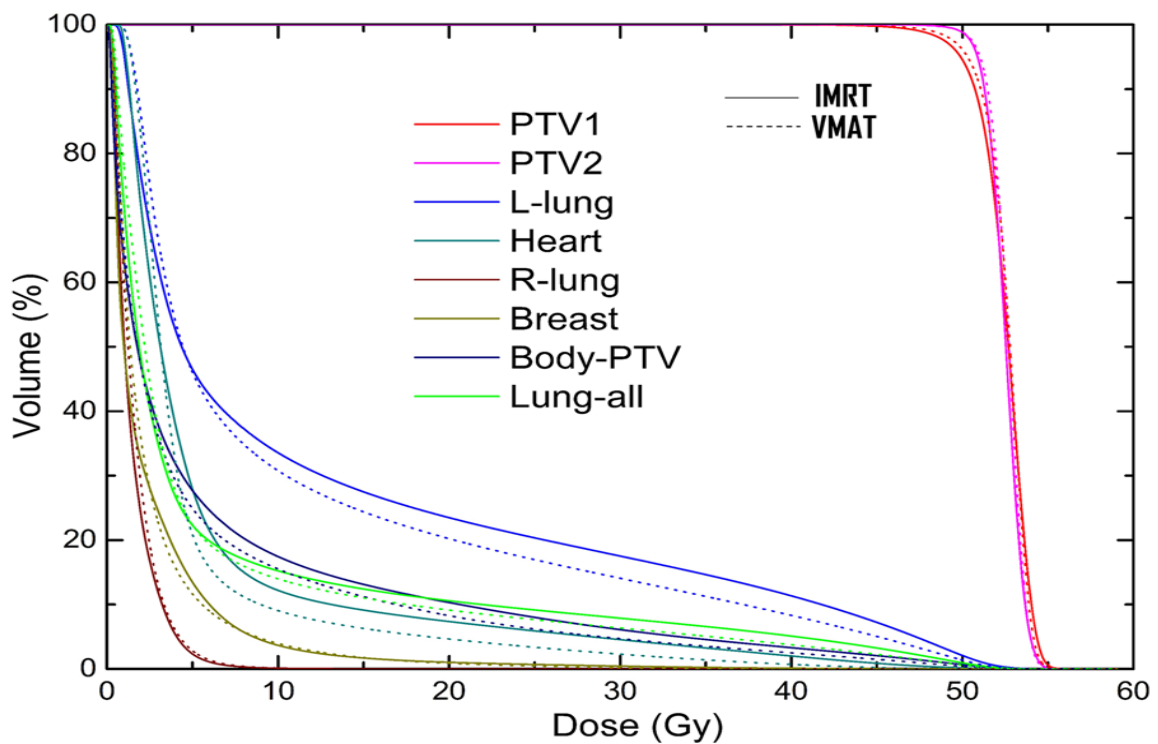


Figura 5 - Comparação do DVH para PTV's e OAR's em planeamentos com IMRT e VMAT (Zhang et al., 2021).

Todavia, e como já referido anteriormente, no serviço onde decorreu o estágio, a técnica definida para o planeamento dos carcinomas de mama é a técnica IMRT, uma vez que confere uma boa cobertura ao nível do PTV, resultante da modulação da dose; redução da dose no pulmão homolateral e área cardíaca; proteção total da mama contralateral; e bons índices de conformidade, homogeneidade e controlo de qualidade (Madaleno et al., 2019).

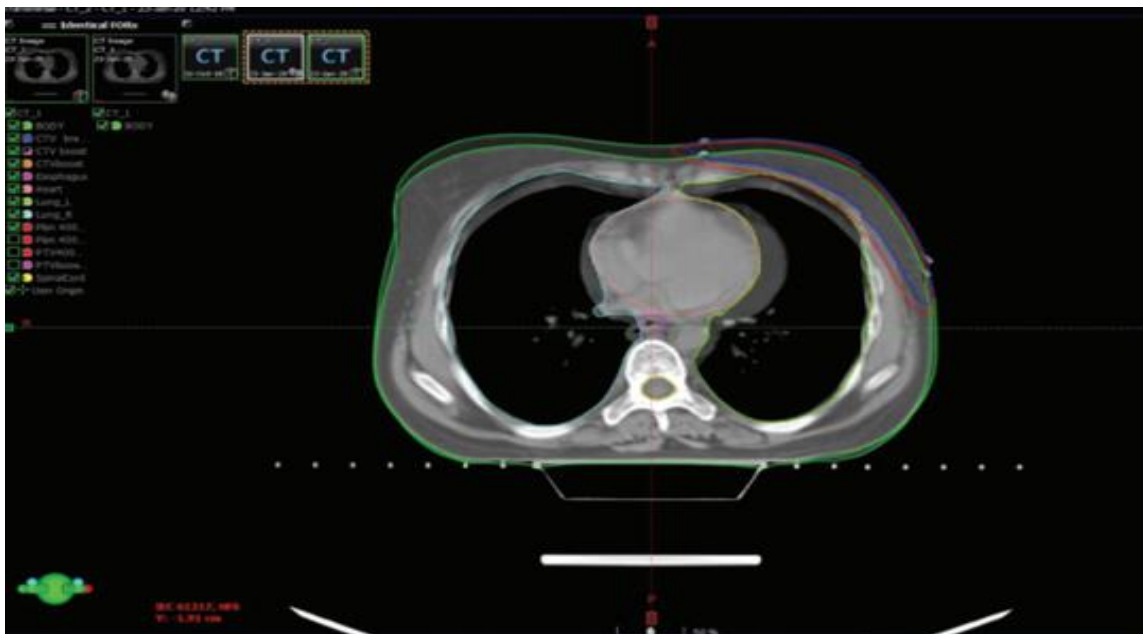


Figura 6 – Fusão das sequências de imagens de TC adquiridas em RL e IF, demonstrando a variação da posição das estruturas anatómicas, com recurso à técnica *DIBH* (Islam et al., 2024).

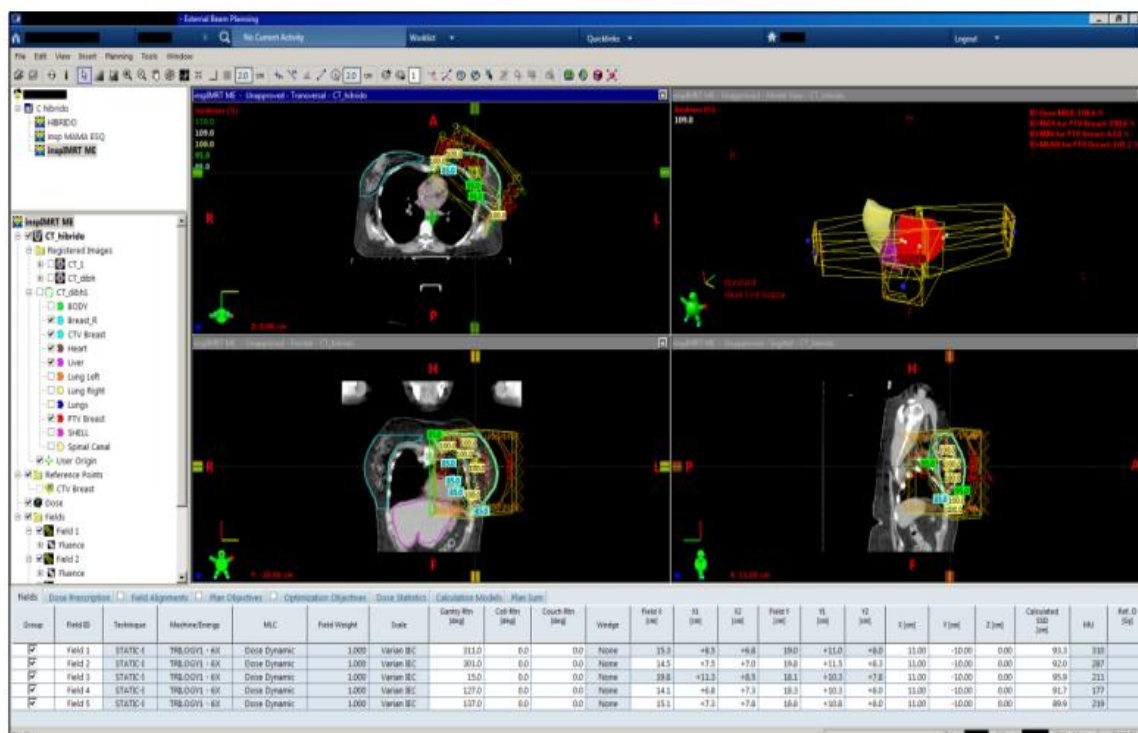


Figura 7 - Interface do Sistema de TPS *Varian Medical Systems, Palo Alto, CA, Eclipse versão 13.5* - Plano elaborado com recurso à técnica IMRT, para o tratamento do carcinoma da mama. Os cortes são apresentados em três planos – axial, coronal e sagital, juntamente com os campos, estruturas e linhas de isodose; é também apresentado um modelo 3D reconstruído (Madaleno et al., 2019).

O esquema de hipofracionamento e de *Simultaneous Integrated Boost*, são praticados no serviço, com ou sem utilização da técnica *DIBH*.

Madaleno et al. (2019), definem que, sempre que possível, é dada primazia a tratamentos hipofracionados, dada a diminuição do endurecimento da mama pós irradiação, bem como a diminuição da toxicidade cutânea e menor dose cardíaca e pulmonar.

A metodologia de planeamento desta técnica, é igual à praticada na VMAT, exceto geometricamente, pela inexistência da irradiação contínua em arco. O recurso ao otimizador, realização de pedidos de imposições de dose, cálculo de fluência de dose e posterior variação da *dose rate* e comportamento dinâmico do *MLC*, são também efetuados por forma a ser obtida a pretensa, modulação de dose (Madaleno et al., 2019).

Os limites de dose utilizados para os *OAR's*, são: a) sem invasão ganglionar e para prescrição de 50Gy: pulmão homolateral, $V_{20}<20$; coração, $V_{20}<15$ (s/ QT) ou $V_{20}<10$ (c/ QT); mama contralateral, máximo 10Gy; b) com invasão ganglionar: igual, exceto pulmão homolateral, $V_{20}<30$; c) hipofracionamento, para prescrição de 40.05Gy: pulmão homolateral, $V_{18}<20$; coração, $V_{18}<15$ (s/ QT) ou $V_{18}<10$ (c/ QT); mama contralateral, máximo 8Gy; d) *SIB*, para prescrição de 48Gy e 40,05Gy, simultânea: pulmão homolateral, $V_{15}<20$; coração, $V_{15}<15$ (s/ QT) ou $V_{15}<10$ (c/ QT); mama contralateral, máximo 8Gy (Bentzen et al., 2010).

De notar que, durante o período de estágio, nesta etapa em concreto do *workflow*, embora com um carácter observacional, foi possível adquirir noções de como proceder para a elaboração do plano dosimétrico, com vista à obtenção dos benefícios decorrentes da prática com a técnica *DIBH*. Foi ainda possível, relembrar noções básicas e conhecimentos relativos ao Sistema *TPS* usado.

3.4 Tratamento

No acelerador linear, após preparação da sala de acordo com as *set-up notes* registados aquando da TC de planeamento, e recurso aos dispositivos de imobilização, o doente é posicionado de acordo com o alinhamento das tatuagens com o sistema de *lasers* em RL, sendo depois aplicados os desvios da mesa para obter o isocentro de tratamento em *DIBH*.

A *SGRT* representa o recurso a tecnologia relativamente recente, não invasiva, que permite uma rápida verificação do posicionamento sem a necessidade de administrar radiação ionizante, e através de uma leitura ótica de superfície, milimetricamente precisa, promove a monitorização, antes e durante o tratamento. No serviço, esta realiza-se através de equipamentos *VisionRT*[®] (Ribeiro et al., 2024).

Possui um sistema composto por 3 *PODE's* no teto da sala, os quais estão equipados (cada um deles) por duas câmaras 3D e um projetor de luz, que permitem

mapear e monitorizar em tempo real o posicionamento da superfície corporal do doente, o que permite a comparação com a imagem planeada de referência (Pires et al., 2023).

Quando são detetadas variações na localização anatómica do doente são corrigidas no momento, sem a necessidade de expor o doente a radiação ionizante adicional. Além disso, permite monitorizar continuamente o doente ao longo do tratamento, interrompendo-o caso exista alguma variação anatómica. Retoma caso o posicionamento seja corrigido (Pires et al., 2023).

Ao nível da preparação do tratamento, é realizada a delimitação de uma *ROI*, no sistema *SimRT*, na qual o isocentro deve estar preferencialmente incluído, com uma boa representação do movimento do alvo, apresentado características topográficas exclusivas. O mesmo exercício pode ter de ser realizado, em duplicado, no caso também de inclusão ganglionar, se contemplar a existência de 2 isocentros. Saliente-se ainda, que não deve conter dispositivos de imobilização (Afonso et al., 2022).

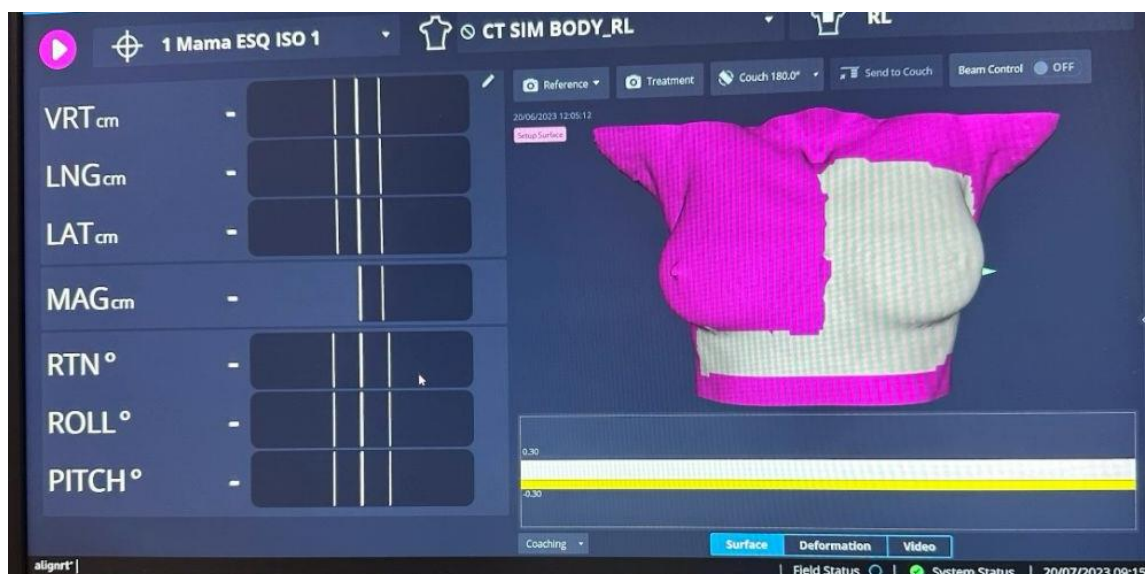


Figura 8 - Sistema *AlignRT*® - Preparação do tratamento e respetiva marcação da *ROI* (Ribeiro et al., 2024).

Marcada a *ROI*, é uma vez mais confirmada a verificação da identidade do doente, no plano, a superfície de referência e as configurações da *SGRT*, bem como configurações

de luz e cor da pele (que devem ser otimizadas para cada doente se o sistema permitir) (Vicente et al., 2024).

Deve ainda ser confirmada a colocação dos dispositivos de controlo respiratório que servem de instrução ao doente, de maneira a garantir que nenhum dos *PODE's* será impedido da aquisição da superfície de referência, ou, durante o tratamento, diferenciar as variações das posições de bloqueio da *gantry*, das variações do doente (Vicente et al., 2024).

De salientar que durante o tratamento, o posicionamento da *SGRT* deve ser verificado por *IGRT*. No caso de ser adquirida uma nova superfície de referência, deve ser feito apenas com verificação *IGRT*, de acordo com o protocolo do local/aplicação (Vicente et al., 2024).

Acrescenta também referir, no caso da utilização de 2 isocentros, pelos motivos atrás já mencionados, a necessidade de realização de 1 *CBCT*, por área de isocentro (mama ou parede e zona ganglionar) (Vicente et al., 2024).

O tratamento deve ser interrompido se o doente estiver fora da tolerância, de preferência automaticamente. Se o doente não voltar à posição original sozinho, reposicionar com *SGRT/IGRT* (Vicente et al., 2024).

Os sistemas de monitorização do ciclo respiratório, foram introduzidos em coordenação com o comando automático de irradiação sincronizada, aquilo a que se denomina de *gating* respiratório e o *triggering* do AL.

Durante o tratamento, a amplitude respiratória deve permanecer constante e se a inspiração for insuficiente, não deve ser resolvida pelo deslocamento vertical da mesa (Vicente et al., 2024).

Por conseguinte, realiza-se o tratamento, sendo este a reprodução do planeamento, tal como foi realizado e estabelecido (Vicente et al., 2024).

Após o tratamento, deve ser utilizado um protocolo definido para a frequência da combinação *SGRT* e *IGRT*. No caso de se verificarem alterações, estas devem ser compreendidas antes de simplesmente adquirir uma nova superfície de referência (Vicente et al., 2024).

A IGRT tem um papel importante na confirmação do posicionamento e permite a obtenção da informação da anatomia interna das doentes (Penninkhof et al., 2022).

Caso sejam observadas alterações frequentes na linha de base, dentro do tempo de tratamento, deve ser considerada outra técnica de controlo respiratório (Vicente et al., 2024).

De destacar a importância da necessidade transversal de em qualquer tratamento, ser documentada: toda e qualquer alteração nos parâmetros de tratamento (aquisição de nova referência, alteração de tolerâncias e alteração de ROI); bem como deslocamentos e variações, que devem ser registados e analisados para atualizações adicionais; e ainda para eventual posterior tomada de decisão (Vicente et al., 2024).

Destacar também, o facto da implementação do sistema de *feedback* visual com *SGRT* aumentar a reprodutibilidade do *DIBH*. (Penninkhof et al., 2022).

3.5 Discussão

Quando o doente inspira profundamente e se mantém em apneia, a distância entre o coração e a parede torácica, aumenta, fazendo prever acontecer uma redução de dose nos *OAR's*, principalmente a nível cardíaco e pulmonar, durante o tratamento com radiação ionizante em doentes com carcinoma da mama esquerda (Wikström et al., 2018).

Porém, monitorizar e confirmar a adequação da suspensão da respiração (apneia), pode ser difícil devido à variabilidade padrão da respiração dos doentes. Além disso, estes podem arquear a posição das costas inadvertidamente para simular uma inspiração profunda (Wikström et al., 2018).

Por causa dessa variabilidade na respiração, a medição precisa do verdadeiro estado de inspiração profunda da doente em apneia, é fundamental, de modo a garantir que o coração esteja à distância favorável da parede torácica, durante o tratamento (Vicente et al., 2024).

A técnica *DIBH* exige uma indispensável colaboração voluntária por parte do doente, principalmente durante a execução da mesma (Bergom et al., 2018). Tal, deve ocorrer logo aquando da realização da TC de Planeamento.

Nesse sentido, é importante reforçar a necessidade da realização de treinos da TC de Planeamento, a doente pode visualizar ela própria, por traçado gráfico, o nível de insuflação que tem de realizar e manter, e caso necessário, realizar a sua natural correção (Vicente et al., 2024).

Para uma melhor capacidade de execução da manobra *DIBH*, Penninkhof et al. (2022), destacam a importância do treino individual das doentes, decorrer 3-5 dias antes da TC de planeamento, como tentativa de manterem uma *DIBH* mais estável, durante 35 a 40 segundos. Esta temática pode vir a ser abordada como possível proposta para posteriores estudos.

No serviço, o treino é realizado antes da realização da TC de Planeamento, no mesmo dia da mesma.

Assumido o exercício de treino, como um procedimento estratégico para a realização desta técnica, é também fundamental a explicação, ensino, incentivo e constante comunicação e supervisão do doente, capazes de orientar sobre o início e o término da apneia respiratória, quer ao nível da TC de planeamento e aquando do tratamento.

No decorrer do estágio não procedi à realização da avaliação quantitativa do impacto da *DIBH*, ao nível do coração e pulmão esquerdo, dado ter definido participar e colaborar em todos os seus procedimentos da sua realização, em todo o *workflow* da radioterapia.

Todavia, antes da implementação desta técnica na prática diária do serviço, foi realizada uma curta avaliação comparativa, no âmbito dosimétrico, entre os planeamentos realizados em RL *versus* *DIBH*, neste tipo de doentes. A amostra utilizada foi reduzida (<10 doentes) e consistiu na análise dos resultados obtidos nos histogramas dose-volume, entre os dois métodos respiratórios, ao nível da dose cumulativa no coração e pulmão esquerdo. A técnica utilizada foi a IMRT e só foram incluídas doentes

com indicação de irradiação à mama. Os resultados revelaram, aquando da *DIBH*, uma diminuição média da dose no coração, de 40-55%, e no pulmão esquerdo, de 25-30%, face à RL (Vicente et al., 2024).

Segundo Kügele et al., (2018), numa amostra de 40 doentes com carcinoma de mama esquerda, submetidos a RT, dos quais 20 realizaram irradiação da mama e os outros 20, irradiação loco regional, pós-cirurgia conservadora ou mastectomia, constatou também uma redução de dose considerável nos *OAR's*, comparativamente com RL, em todos os tratamentos. A dose registada no coração e pulmão ipsilateral, foi menor em todos os doentes submetidos a terapêutica com técnica *DIBH* (Kügele et al., 2018). Aquando da utilização da *DIBH*, a dose mediana no coração foi reduzida em 44%, nos casos de irradiação mamária e de 36%, nos de irradiação loco regional (Kügele et al., 2018).

Muito embora, existindo diferentes enquadramentos clínicos em estudo, os resultados deste estudo assemelham-se à mini avaliação, realizada no serviço, onde em ambas é notória e significativa, a diminuição da dose no coração (sempre superior a 40%).

Em 2018, Wikström et al. elaboraram um estudo que objetivava analisar e quantificar as variações do posicionamento no coração e da parede torácica, em 11 doentes com carcinoma de mama esquerda, submetidos a RT, tratados com recurso à técnica *DIBH* (Wikström et al., 2018). Através deste estudo e recorrendo a três métodos de análise, tais como: distância máxima ao coração e distância máxima ao pulmão a partir da linha de referência; mapas de escala de cinzentos criados para visualizar a distribuição de dose cumulativa no que concerne ao posicionamento do coração ao longo do tempo, a partir da linha de referência e em direção ao exterior, até à região tratada com altas doses; e ainda a frequência de elevação da coluna vertebral pelo doente, ou seja, falsa IF, permitiram demonstrar que o valor médio foi entre 11–13mm, para a distância máxima ao coração e 4–8mm, para a distância máxima ao pulmão (Wikström et al., 2018). O deslocamento medial do coração induzido por *DIBH*, foi em média de 15mm em comparação com a RL. A maioria das variações na posição da parede torácica e do coração ocorre devido às sucessivas IF's, por efeito do movimento intrínseco do coração e devido a posição pouco estável da parede torácica durante a IF (Wikström et al., 2018). A

variação da distância máxima ao coração é reduzida em relação ao desvio médio cardíaco causado, pela *DIBH* (Wikström et al., 2018).

Numa outra vertente, Rice et al. (2017), realizou um estudo que pretendia descrever a implementação da técnica *DIBH* e avaliar prospectivamente a fiabilidade e eficácia da técnica, através da aplicação clínica e medição da dose nos *OAR's*, durante o tratamento. Numa amostra de 156 doentes com carcinoma da mama esquerda, submetidos a RT adjuvante e elegíveis para realizar *DIBH*, foi possível evidenciar que o protocolo *DIBH* foi rápido e fácil de aplicar, destacando o uso da *SGRT* em simultâneo. A associação permitiu uma melhor colaboração dos doentes e permitiu reduzir o tempo de tratamento (Rice et al., 2017). Segundo este, a dose média no coração foi de 1,17Gy (inferior ao limite estabelecido, de 3Gy), sendo que 99,6% dos doentes registaram uma dose média inferior a 2Gy, tendo demonstrado ainda, que o limite de dose média no pulmão ipsilateral (6Gy) foi cumprido em 74% dos doentes (Rice et al., 2017).

Por sua vez, Zhang et al. (2020), num estudo envolvendo 48 doentes com carcinoma da mama esquerda, submetidos a RT pós-operatória, avaliou dosimetricamente a comparação entre planeamentos VMAT, com *DIBH versus* respiração livre, ao nível dos *OAR's* e do volume alvo, através da análise dos histogramas dose-volume. Este estudo permitiu demonstrar que os volumes médios do pulmão esquerdo e direito aumentaram para o dobro, quando realizada à técnica *DIBH*. Os volumes médios do coração diminuíram em 10,9%, com *DIBH* (Zhang et al., 2020). Aquando da técnica *DIBH*, a dose cardíaca média diminuiu de 5,4Gy para 3,6Gy e a dose média no pulmão esquerdo diminuiu de 11,3Gy para 9,5Gy, enquanto o pulmão direito teve uma diminuição de 2,1Gy para 1,6Gy. Ao nível da mama contralateral, a dose reduziu de 2,6Gy para 2,1Gy, com *DIBH* (Zhang et al., 2020).

Pela convergência dos vários estudos, infere-se desde logo o carácter positivo da utilização da *DIBH*, no âmbito da redução de dose no coração, mas em paralelo, por aumento do volume pulmonar, a diminuição da dose também nestes órgãos. A *SGRT*, apresenta-se também como uma técnica acessória muito válida, à *DIBH*, pelo encurtamento dos tempos de tratamento, por permitir procedimentos mais rápidos de mapeamento e monitorização da *surface* do doente e aplicável em manobras respiratórias.

Todavia, pela experiência ocorrida no estágio, destaco algumas dificuldades durante os tratamentos, tais como: dificuldade em manter a apneia respiratória durante o tempo necessário (interrompendo a irradiação); incapacidade de realizar apneia corretamente; falta de compreensão no momento às instruções fornecidas durante a aplicabilidade desta técnica no tratamento diário; e o tempo excessivo de irradiação, resultante do nº de MU dos feixes planejados, como fatores que impedem a permanência em apneia.

O reforço positivo e o *feedback* contínuo sobre a realização da *DIBH*, além de benefícios da técnica, contribui para uma potencial redução do nível de ansiedade, aumentando a iniciativa pessoal (Vicente et al., 2024).

Seria de esperar que com a progressão do tratamento, com as sucessivas repetições dos períodos de apneia, o tempo de apneia aumentasse ou fosse mais acessível de ser alcançado. No entanto, muito embora alguns doentes se tenham registado essa concordância, devido ao treino, ou devido á diminuição dos níveis de ansiedade com o passar dos dias, noutros, pelo cansaço, o mesmo não se registou (Vicente et al., 2024).

Em comparação com um tratamento em respiração livre, o tempo necessário para realizar o tratamento com a técnica *DIBH*, aumenta, devido à necessidade de o doente realizar apneias, e consequentes intervalos de recuperação respiratória para completar a irradiação, aumentando assim o tempo de tratamento, sem contabilizar os procedimentos de imobilização e posicionamento do doente (Vicente et al., 2024).

Em termos de posicionamento, a *SGRT* é uma ferramenta eficaz para a redução do tempo total de tratamento, pois fornece informações em tempo real da superfície e posicionamento. Revela-se igualmente eficaz em neoplasias superficiais, uma vez que permite um posicionamento mais preciso, em comparação com o posicionamento recorrendo aos *lasers* e pode permitir reduzir o número de imagens diárias, em alguns casos (Vicente et al., 2024).

Para além das vantagens enumeradas, a *SGRT* também se destaca pela capacidade de fazer evitar as tatuagens (podem afetar o bem-estar dos doentes e são vistas como uma memória negativa correlacionada com a doença) e possibilidade de tratamentos

com máscaras de imobilização abertas no rosto, ou ainda sem uso da mesma (Pan et al., 2023).

No serviço, a utilização das tatuagens é ainda uma prática, dado só existir um equipamento de tratamento com *SGRT* implementada, o qual em caso de avaria ou de necessidade de realização de tratamento noutra equipamento, não existindo as tatuagens, não seria possível.

Embora se trate de equipamentos bastante dispendiosos, destacam-se como vantagens o facto de a sua implementação exigir treino específico ao *staff* Técnico, Físico e Médico, dotando-os de experiência na área. O facto de o sistema só obter imagens de superfície, não sendo possível observar a anatomia interna do doente, constituiu uma desvantagem (Pan et al., 2023). Essa lacuna é solucionada pela existência da *IGRT*, no tratamento, maioritariamente com recurso à utilização do *CBCT*, fundamental também em casos de adaptação, denominada por Radioterapia Adaptativa. Esta, salienta-se a sua importância, aquando da ocorrência de edema da mama, durante o tratamento (Pan et al., 2023).

Não obstante os estudos afirmem que a *SGRT*, para além de melhorar a reprodutibilidade do posicionamento, tem o potencial de reduzir significativamente o uso da *IGRT* e, assim, diminuir a exposição à radiação ionizante, não a consideram suficientemente viável para substituir integralmente a *IGRT* (Pan et al., 2023). Os autores mencionam que apenas o uso da *SGRT* em doentes com índice de massa corporal >30 não é fiável, sendo necessário confirmar o posicionamento com *IGRT* (Pan et al., 2023). Reiteram deste modo, que a *IGRT* é necessária para confirmar o posicionamento realizado pela *SGRT* e para monitorizar a localização do PTV e dos órgãos adjacentes. Estas limitações demonstram a importância do papel da *IGRT* e a impraticabilidade da sua total substituição (Pan et al., 2023).

Dada a positiva experiência do serviço com a utilização da técnica *DIBH*, acrescidos os resultados da literatura, a mesma começa a ser utilizada também nos casos de carcinoma de mama direita. Sempre que se justifique, de modo a se conseguir uma maior

proteção do pulmão direito, começa a ser uma nova prática no serviço, muito embora, em muito menor relação, face aos localizados à esquerda (Mader et al., 2024). Saliente-se, desde logo, a existência de vários estudos que mostram o contributo da *DIBH*, destacando-se a capacidade de proporcionar diferentes graus de benefício a diferentes doentes que realizaram radioterapia a carcinomas da mama direita (Mader et al., 2024).

Assim, a *DIBH* pode também reduzir significativamente a dose máxima da artéria coronária direita e o volume do fígado exposto a doses baixas, permitindo a possibilidade no futuro imediato, de se tratar com mais frequência doentes com carcinoma da mama direita, uma vez que existem centros que já realizam e estudos que abordam esta temática (Mader et al., 2024).

Nesse sentido, segundo um estudo retrospectivo de 2023, Lai et al. (2023), propuseram-se a avaliar os benefícios dosimétricos em doentes com carcinoma da mama direita, submetidos a RT, com recurso à técnica *DIBH*. O alvo do estudo foram os resultados dosimétricos obtidos do coração, da artéria coronária direita, do pulmão direito e fígado (Lai et al., 2023). Analisado o estudo, é possível inferir que, comparativamente com a RL, a *DIBH* reduziu a dose máxima do coração e da artéria coronária direita em $739,3 \pm 571,2$ cGy e $509,8 \pm 403$, cGy, respetivamente ($p < 0,05$), sendo o fígado o *OAR* que mais se alterou em termos de dose média ($916,9 \pm 318,9$ cGy para $281,2 \pm 150,3$ cGy, $p < 0,05$) (Lai et al., 2023). O aumento do volume do pulmão direito apresentou valores na ordem dos 70% ($p = 0,08$) (Lai et al., 2023).

No entanto, destacar ainda que, quando comparado em função de valores significativos, tendo por base a contribuição da tecnologia *DIBH*, o benefício para o carcinoma da mama direita, é significativamente mais baixo, face às doentes com carcinoma da mama esquerda (Mader et al., 2024). Como o coração se desvia da glândula mamária direita, e os valores médios do coração e da artéria coronária direita são limitados a um nível baixo, embora a distância entre o coração e a parede torácica seja aumentada pela *DIBH*, a sua contribuição para a redução da dose média do coração e da sua estrutura, é limitada, desde logo por uma lógica anatómica e funcional (Mader et al., 2024).

4. Braquiterapia

Durante o estágio enunciado foi possível a abordagem sobre conteúdos referentes à Braquiterapia (BT) prostática, ginecológica e ocular, tendo sido possível estar em contacto com essas realidades de tratamento, passível de visualizar, retirar noções práticas, consolidar e aprofundar conhecimento científico nessas áreas. Englobar esta modalidade em paralelo com a supracitada anteriormente, prende-se ao facto de se tratar de um serviço de referência, bem como durante a licenciatura, não ter tido oportunidade de contacto com a mesma, sendo, portanto, o palco ideal para a consolidação de conhecimentos no âmbito desta modalidade.

Deste modo, a BT é uma técnica de tratamento pouco invasiva que tem como objetivo a erradicação de tumores malignos, utilizando uma ou várias fontes de radiação, colocadas muito próximo ou mesmo no interior do volume alvo (Varregoso, 2006).

Este facto, aliado ao rápido decréscimo de dose a curta distância da fonte, inerente às características dos radionuclídeos utilizados, permite a administração de alta dose de radiação ao volume alvo com menor agressão dos tecidos são envolventes (Varregoso, 2006).

Tendo por base a abordagem técnica, a BT pode ser classificada em:

- BT Intersticial: a fonte radioativa é colocada diretamente ou através de cateteres específicos no tecido tumoral. Está indicado para o tratamento de tumores de cabeça e pescoço, mama, pele, bexiga, próstata, sarcoma de tecidos moles e ginecológicos (Varregoso, 2006);
- BT Intracavitária: a fonte é posicionada no interior de um aplicador apropriado colocado em cavidades naturais do corpo na proximidade do tumor. Aplica-se sobretudo a tumores ginecológicos e da nasofaringe (Varregoso, 2006);
- BT Intraluminal: a fonte é posicionada na proximidade de tumores localizados em órgão tubulares como o esófago, brônquios, ducto biliar e vasos sanguíneos através da utilização de cateteres próprios (Varregoso, 2006);

No que se refere à taxa de dose, esta, pode ser classificada em: *Low dose rate (LDR* – 0.4 a 2Gy/h), *Medium dose rate (MDR* – 2 a 12Gy/h), *High dose rate (HDR* - 12Gy/h) ou *Pulsed dose rate (PDR)* (Varregoso, 2006).

Já quanto ao tipo de implante, este pode ser caracterizado como: temporário ou permanente e quanto ao tipo de carregamento da fonte em: *preloaded*, *afterload* manual ou *afterload* remoto (Varregoso, 2006).

4.1 Braquiterapia Prostática

4.1.1 Anatomia

A próstata é uma glândula que faz parte do aparelho reprodutor masculino, encontra-se localizada distalmente à bexiga e anteriormente ao reto. Em zona central encontra-se a porção intraprostática da uretra masculina, o canal que conduz a urina da bexiga para o exterior do corpo (Richard L. Drake et al., 2005).

A próstata é constituída maioritariamente por um componente glandular e muscular, sendo revestida externamente por uma membrana fibrosa (cápsula) (Richard L. Drake et al., 2005).

4.1.2 Carcinoma da Próstata

O carcinoma da próstata trata-se de um processo de proliferação celular anormal e desorganizado de algumas células desta glândula. Sendo a próstata essencialmente constituída por tecido glandular o tipo histológico mais comum de carcinoma da próstata é o adenocarcinoma (Schaeffer et al., 2024).

Na maioria dos casos apresenta um comportamento assintomático essencialmente justificado por se tratar de um carcinoma de crescimento indolente e ainda pelo facto da maioria dos tumores ocorrerem na zona periférica da próstata, ou seja, afastados da porção intraprostática da uretra (Schaeffer et al., 2024).

Quando a doença evolui ou nos casos em que o carcinoma é central, pode ocorrer compressão da uretra e provocar sintomas urinários obstrutivos, nomeadamente dificuldade em iniciar a micção, diminuição do jato urinário, entre outros (Schaeffer et al., 2024).

Quando não é tratado em tempo oportuno, pode levar ao envolvimento tumoral de toda a glândula, invasão para órgãos vizinhos ou mesmo disseminação à distância (Schaeffer et al., 2024).

O risco de desenvolver carcinoma da próstata é influenciado por múltiplos fatores, dos quais se destacam a idade avançada, fatores genéticos, fatores hormonais (testosterona, dihidrotestosterona, entre outros) e a direta exposição ambiental a várias substâncias (produtos agrotóxicos, metais pesados, poluição do ar, produtos químicos industriais, entre outros) (Varregoso, 2006).

De acordo com os dados mundiais mais recentes do *Global Cancer Observatory (Globocan)* de 2022 o carcinoma da próstata é o 2º com maior incidência, mas é o cancro mais prevalente no sexo masculino. A mortalidade tem vindo a diminuir e atualmente é o 5º tumor com mais mortalidade neste sexo.

Em Portugal, são diagnosticados cerca de 6000 casos de carcinoma da próstata por ano, o equivalente a 21% de todos os tumores no homem. A idade média para o diagnóstico é aos 65 anos (Globocan, 2022).

A suspeita de um carcinoma da próstata surge na presença de alterações quer ao nível do exame objetivo, particularmente ao toque retal e/ou elevação dos valores de PSA (Varregoso, 2006).

O toque retal é um exame de diagnóstico essencial na avaliação da próstata, que permite, por um lado, esclarecer as dimensões e consistência da glândula e, por outro, descartar a presença de nódulos suspeitos (Schaeffer et al., 2024).

O *Prostate Specific Antigen (PSA)* é uma proteína produzida pelas células da próstata, que tem como principal função tornar o esperma líquido. Em condições normais esta está presente em pequenas quantidades na corrente sanguínea, no entanto, nalgumas situações clínicas, como, por exemplo, no carcinoma da próstata, ocorre maior

libertação desta proteína, levando a uma elevação dos seus valores em análises laboratoriais (Schaeffer et al., 2024).

4.1.3 Tratamento

No caso da BT prostática, os doentes podem ser alvo de tratamento, tipicamente, com baixa ou alta taxa de dose de radiação (Varregoso, 2006).

No caso da experiência ocorrida no Serviço onde decorreu o estágio, a vertente de BT utilizada para estes casos, é por via intersticial com alta taxa de dose e como *boost* à RT Externa (Varregoso, 2006).

A realização deste tipo de abordagem implica a inserção, por meio de um procedimento cirúrgico asséptico e com a inserção de vetores para ligação a um sistema de *afterloading* remoto, com fonte radioativa de ^{192}Ir , no caso de implantes temporários. A inserção de vetores, nomeadamente agulhas metálicas ou cateteres de plástico, dentro do volume alvo pode ser efetuada essencialmente por 2 métodos: pela utilização de templates que permitem garantir uma equidistância de colocação dos vetores, com maior reprodutibilidade e distribuição de dose mais uniforme, ou podem ser colocados por técnica *freehand*, utilizada maioritariamente nos casos em que não se conseguem utilizar os templates ou em que é útil a colocação de vetores extra *template* (Varregoso, 2006).

A aplicação intersticial, com *HDR*, é realizada em ambiente de bloco operatório, sob anestesia geral, em posição de litotomia. Mediante aquisição de imagens ecográficas da próstata por via transretal, é possível visualizar o local do implante em tempo real, determinar o volume e morfologia da próstata, e acompanhar a colocação dos vetores no seu interior. Através do sistema de planeamento, procede-se à delimitação do volume alvo (próstata), e dos órgãos de risco (reto e uretra), sendo prescrita a dose (15Gy à periferia da próstata), e efetuado o cálculo dosimétrico para posterior concretização do implante. O planeamento com fonte ^{192}Ir é realizado com utilização do sistema de planeamento *Oncentra Prostate*® v.4.1.6. Após aprovação do planeamento otimizado, são conectados os tubos de transferência aos vetores previamente colocados e conectados ao

equipamento *microSelectron HDR V3, Nucletron®* para carregamento diferido com elemento radioativo ^{192}Ir (Varregoso, 2006).

De um outro modo, não sendo uma prática realizada no serviço, os doentes categorizados com baixo risco, realizam também BT intersticial, mas com recurso a implantes permanentes de iodo-125 (sementes), com baixa taxa de dose de radiação, na qual esta é emitida ao longo do tempo, reduzindo progressivamente a sua intensidade, até que os implantes se tornam inativos, ao fim de alguns meses (Varregoso, 2006).

Decorrentes desta técnica, existem algumas condições essenciais, nomeadamente o volume da próstata segundo *guidelines*, o qual pode ser utilizado um tratamento hormonal prévio, de redução, dado que dimensões elevadas podem dificultar a colocação dos implantes nas posições corretas e acompanhar-se de sintomas urinários significativos após a realização do tratamento (Varregoso, 2006).

São contraindicações à terapêutica a presença de sintomas urinários muito marcados, podendo agravar os mesmos, realização recente de cirurgias à próstata, doenças intestinais, como colite ulcerosa ou Doença de *Crohn* ou ainda estados de saúde debilitados ou com significativas comorbilidades associadas (Varregoso, 2006).

O processo é controlado e monitorizado em tempo real pelos sistemas tecnológicos avançados, de modo a garantir elevada precisão na colocação correta dos implantes, envolvidos por uma cápsula de titânio, de maneira a não existir qualquer erro ao nível da posição em que são colocados. O posicionamento é o mesmo descrito anteriormente, igualmente rápido e cujo procedimento é idêntico à BT com alta taxa de dose, sendo as sementes radioativas implantadas, através das agulhas (Schaeffer et al., 2024).

Durante os primeiros 6 meses após o implante deve evitar o contacto próximo com grávidas e crianças durante longos períodos consecutivos ou colo a crianças com menos de 10 anos de idade por mais de 5 minutos diários (Varregoso, 2006).

O *follow up* deve ser realizado de forma rigorosa, realizando exames nestas sessões, como a análise ao PSA, toque rectal ou outros testes complementares, que

permitirão averiguar a evolução do estado clínico do doente e o sucesso do tratamento (Varregoso, 2006).

4.2 Braquiterapia Ginecológica

4.2.1 Anatomia

O aparelho genital feminino é formado por órgãos pélvicos internos – ovários, trompas uterinas (trompas de Falópio), útero e vagina – e por órgãos externos – formações labiais (monte púbico, grandes e pequenos lábios), vestíbulo ou espaço interlabial, órgãos erécteis (clítoris e bulbos vestibulares) e glândulas anexas (uretrais, parauretrais e vestibulares). Os ovários e as trompas uterinas são vulgarmente conhecidos por «anexos» (Richard L. Drake et al., 2005).

O útero é ímpar e mediano, está situado no centro da pélvis menor entre a bexiga e o recto, por baixo das ansas intestinais e por cima da vagina, na qual se introduz (Richard L. Drake et al., 2005).

A vagina é cilíndrica, achatada no sentido ântero-posterior, geralmente colapsada esboçando um «H» em corte transversal. É um canal musculomembranoso ímpar e mediano que se estende do colo do útero até ao vestíbulo da vulva. A metade superior está situada na pélvis menor e a metade inferior no períneo (Richard L. Drake et al., 2005).

4.2.2 Tumores ginecológicos

O cancro do colo do útero representa 6% dos tumores malignos ginecológicos. O carcinoma espinhocelular é o tipo histológico mais comum, sendo seguido pelo adenocarcinoma. Em Portugal, os novos casos diagnosticados correspondem a uma taxa de incidência de 8,9/100.000. Nos anos 90, a epidemiologia e a biologia molecular estabeleceram uma relação causal entre infeção persistente pelo HPV de alto risco e o carcinoma do colo do útero. Atualmente >95% dos carcinomas espinhocelulares do colo

do útero são associados a infecção por HPV. O prognóstico relaciona-se com o tipo histológico, invasão linfovascular, extensão tumoral (volume e estadió) e metastização ganglionar (Globocan, 2024).

O diagnóstico tem por base o exame objetivo, incluindo avaliação ginecológica, sendo sempre necessária confirmação histológica. A conização é recomendada sempre que a biópsia não defina com precisão a existência ou não de componente invasivo (Lacerda et al., 2016).

Exames laboratoriais de rotina (incluindo serologia VIH), determinação da presença de HPV, ressonância magnética pélvica, TC e Tomografia por emissão de positrões com 18F-FDG, são outros dos meios complementares de diagnóstico (Lacerda et al., 2016).

4.2.3 Tratamento

O tratamento de BT no caso do cancro ginecológico realiza-se essencialmente ao nível de cancro do colo do útero e endométrio, recorrendo a uma fonte de 192 Ir colocando-a o mais próximo possível do volume alvo, na qual a fonte vai um determinado tempo ao vetor que está no doente, sendo posteriormente recolhido para o microseletrão, não permanecendo, portanto, lá implantado (Oonk et al., 2023).

Para realização dos procedimentos, é recomendável que as doentes tenham o mínimo preenchimento possível da bexiga e do reto, de maneira que posteriormente em termos de planeamento, possam estar fora do campo alvo de radiação, diminuindo assim as doses de exposição a que estes órgãos de risco são sujeitos (Ferraz Rosa et al., 2021).

Durante o procedimento de implantação, de maneira a afastar o reto, é colocado aquando dos ovoides, um aplanador que tem como objetivo afastar o reto, minimizando assim as doses a que este vai ser alvo durante a irradiação segundo doses previamente prescritas (Oonk et al., 2023).

Os ovoides, de diversos diâmetros, ajustados em função da anatomia da doente, permitem uma dose mais elevada na cúpula e terço superior da vagina e menor dose nas paredes vaginais inferiores (Ferraz Rosa et al., 2021).

O procedimento de implantação das sementes demora, em média, cerca de 20 min, num procedimento relativamente fácil de execução e nada invasivo, estando a anestesia do doente, passível de ser uma opção ou não (Oonk et al., 2023).

Após o procedimento, é realizada uma TC pélvica com cortes de 3mm, com verificação da posição dos ovoides, sendo estas enviadas para o sistema de planeamento do tratamento, onde será realizado o planeamento da terapêutica.

No caso concreto do serviço mencionado, de referir que a BT intrauterina realiza 3 aplicações de 7Gy e no caso desta ser conjunta com RT externa, realiza-se 4 aplicações de 7Gy (Oonk et al., 2023).

O efeito colateral mais comum é a irritação da vagina, podendo apresentar sinais de rubor, dor e por vezes friabilidade com hemorragia. A longo prazo, a estenose da vagina pode ser um efeito secundário importante, sendo que nestes casos, para prevenir este problema, podem ser utilizados dilatadores vaginais (Ferraz Rosa et al., 2021).

4.3 Braquiterapia ocular

4.3.1 Anatomia

O olho enquanto estrutura, é comum ser mais afetado ao nível da camada denominada por coroide, mas também pode ser afetada noutras regiões, nomeadamente ao nível da íris ou do corpo ciliar (Coutinho et al., 2017).

O olho tem uma camada exterior branca, relativamente resistente, chamada de esclera. Ao nível da região frontal do olho, na área protegida pelas pálpebras, a esclera está coberta por uma membrana fina e transparente (conjuntiva). A conjuntiva também cobre a superfície posterior das pálpebras e do globo ocular. A luz penetra no olho

através da córnea, a camada transparente e curva na frente da íris e da pupila. A córnea atua como camada protetora da parte frontal do olho e também tem como função concentrar a luz sobre a retina, no fundo do olho. Depois de passar pela córnea, a luz atravessa a pupila. A íris, enquanto área circular e colorida do olho que circunda a pupila, é responsável por controlar a quantidade de luz que entra no olho. Posteriormente em relação à íris, encontra-se o cristalino (Irsch & Guyton, 2009).

4.3.2 Melanoma da Coroideia

O melanoma da coroideia é o tumor intraocular maligno primário mais comum no adulto, e o segundo tipo de melanoma primário mais frequente, imediatamente após o melanoma cutâneo. Estima-se uma incidência anual de aproximadamente 4 - 10 casos por 1 milhão de habitantes (Coutinho et al., 2017).

As manifestações clínicas são inespecíficas e não contribuem para o diagnóstico, sendo muitas vezes um achado acidental num exame oftalmológico de rotina (Coutinho et al., 2017).

Numa fase inicial os doentes são assintomáticos, mas quando o tumor atinge grandes dimensões ou se localiza próximo ao nervo ótico ou mácula, pode causar queixas de baixa visão, midesópsias e fotópsias. A dor é rara e um sintoma sugestivo de mau prognóstico (Coutinho et al., 2017).

4.3.3 Tratamento

Nas últimas décadas, o tratamento do melanoma da coroideia sofreu grandes avanços, recorrendo-se, cada vez mais, a tratamentos conservadores em vez da enucleação. A hipótese de que a enucleação podia ser um fator promotor de disseminação de células malignas para a corrente sanguínea e tecidos orbitários (hipótese de *Zimmerman-McLean-Foster*), aliada a outros estudos que defendiam que as células tumorais produzem proteínas anti-angiogénicas, e que a remoção do tumor primário faz

perder este equilíbrio, predispondo ao crescimento de micrometástases, impulsionou o desenvolvimento de outras modalidades terapêuticas (Coutinho et al., 2017).

A escolha da terapêutica a instituir recai no estudo do tamanho tumoral, envolvimento extraocular, presença de metástases, idade e estado geral do doente, assim como acuidade visual do olho adelfo. Atualmente, a enucleação é reservada para tumores grandes, com dimensões superiores a 10 mm de espessura e 16 mm de base, que contraindiquem um tratamento conservador. Para tumores pequenos, até 2 mm de espessura e sem crescimento tumoral documentado, é apenas indicado a vigilância periódica. A RT é a primeira escolha nos tumores até 10 mm de espessura e 16 mm de base. Está contraindicada em tumores com mais de 15mm de espessura e com extensão extra-escleral superior a 5mm de espessura (Coutinho et al., 2017).

A quimioterapia sistémica é o tratamento que se oferece aos doentes com metástases à distância no momento do diagnóstico, sendo atualmente apenas um tratamento paliativo (Coutinho et al., 2017).

Em Portugal, foi inaugurado em 2013 no Centro Hospitalar e Universitário de Coimbra, o Centro de Referência para Tratamento dos Tumores Oculares, que dispõe de BT episcleral para o tratamento de melanomas da úvea (Coutinho et al., 2017).

A braquiterapia ocular é uma forma de RT na qual uma placa carregada com fontes radioativas é suturada na esclerótica adjacente ao tumor intraocular, permanecendo implantada por um período determinado pelo estudo dosimétrico (Coutinho et al., 2017).

Após reconstrução computacional a três dimensões do globo ocular e do tumor, integrando dados obtidos na avaliação oftalmológica pré-tratamento, é feito o planeamento da BT de forma a obter cobertura do tumor e margens com a mesma dose de 85Gy prescrita ao ápex tumoral. Este planeamento inclui parâmetros como a forma e dimensão da placa, incluindo a necessidade ou não de entalhe para o nervo ótico, o número e a distribuição das fontes seladas de iodo-125, a atividade, a duração do período de permanência da placa. Foram também determinadas as doses e taxas de dose da

radiação para a restante retina, mácula, nervo ótico, cristalino e esclera (Coutinho et al., 2017).

O tipo de placa, o número de sementes a colocar e a sua distribuição irão depender do tamanho do tumor e da sua localização, de forma a que a isodose de 85Gy possa envolver toda a lesão com margem de segurança. A placa é colocada e retirada sob anestesia geral, por uma equipa multidisciplinar composta por oftalmologistas, radioncologistas e físicos médicos (Coutinho et al., 2017).

Durante o período de tratamento, o doente fica internado em ambiente controlado e com visitas condicionadas. O quarto de internamento está preparado com um biombo protetor de radiações e o doente tem ao seu dispor óculos com vidro plumbífero, que deve colocar sempre que está acompanhado, para proteção das visitas. Não são necessárias outras medidas especiais de proteção, e nenhum material ou resíduos ficam contaminados com radiação após a remoção da placa terapêutica. Vários isótopos podem ser usados nas placas de BT, sendo o iodo-125 o de eleição mundial e o usado em Portugal, pelo seu melhor perfil de segurança, pela versatilidade, e reutilização. Os estudos mostram que a BT é eficaz, sendo a taxa de insucesso e necessidade de enucleação de 10% e 13% em cinco anos, respetivamente (Coutinho et al., 2017).

Ao tratamento com BT estão associadas complicações como retinopatia da radiação, neuropatia ótica e catarata que poderão ocorrer em cerca de 50% dos doentes após dois anos, comprometendo a acuidade visual (Coutinho et al., 2017).

A braquiterapia tem indicações e taxas de sucesso relativamente semelhantes à da irradiação com feixe externo de prótons, outra técnica de RT, contudo menos difundida mundialmente, pois necessita de equipamentos e instalações complexas. Os doentes com melanoma ocular devem ser acompanhados por oftalmologistas especializados nesta área (Coutinho et al., 2017).

De referir que nos primeiros anos existe uma maior probabilidade de desenvolvimento de metástases, pelo que, durante este período a vigilância é realizada com maior frequência. Assim, no primeiro ano a avaliação clínica, analítica e imagiológica com

ecografia hepática e ocular é realizada a cada três meses, sendo nos anos seguintes e até completar cinco anos semestral e depois com periodicidade anual (Coutinho et al., 2017).

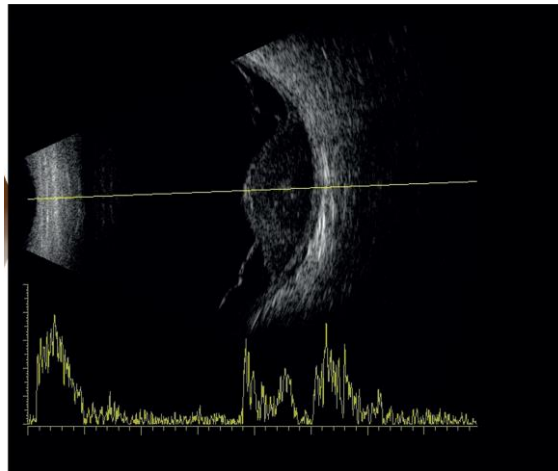


Figura 9 - Imagem ecográfica ocular obtida durante o procedimento cirúrgico, com vista a garantir o correto posicionamento do molde radioativo (Coutinho et al., 2017).

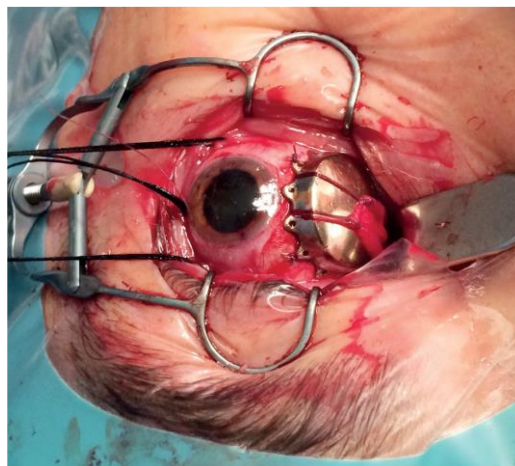


Figura 10 - Fios de inserção muscular, que permitem a mobilidade ocular durante o procedimento cirúrgico e molde radioativo conformado ao tumor (Coutinho et al., 2017).

5. Considerações finais

Em jeito de considerações finais, destacar a importância do estágio realizado como meio de consolidação e maior domínio de conhecimentos e conteúdos relativos às técnicas e terapêuticas descritas anteriormente, permitindo deste modo continuar a acompanhar as evoluções tecnológicas e científicas na área da RT e ter permitido elaborar o presente relatório.

Uma vez que o estágio foi realizado num serviço de referência a nível nacional, foi possível essa consolidação, devido à existência de equipamentos sofisticados, supervisionado por técnicos de RT, com experiência nas áreas descritas. Outra das vantagens, residiu no facto de ser possível abordar outras técnicas, para além da técnica estabelecida como principal objetivo do estágio.

Como dificuldade, destacar a incompatibilidade horária em relação ao horário laboral, o que alongou o período de estágio, de maneira a conseguir responder aos objetivos propostos, bem como não ter sido possível quantificar ou efetuar um estudo estatístico, contribuindo para uma maior validação da técnica enunciada.

Finalizado o estágio, deixo as seguintes considerações e *inputs*, decorrentes da participação na execução da técnica *DIBH*, em todas as fases que constituem o *workflow* da radioterapia e em correlação com a literatura:

- Informação e esclarecimento sobre a importância da técnica, à doente e seu impacto no tratamento;
- O ensino da manobra *DIBH* e posterior treino por parte da doente, faz sentido decorrer dias antes da realização da TC de planeamento;
- O fator tempo de exercício de treino, poderá permitir mais doentes realizarem a RT, utilizando esta técnica e beneficiarem das suas vantagens;
- Avaliação da utilização da *DIBH*, com critério, atendendo ao grau de reprodutibilidade no tratamento e colaboração da doente, aquando da realização da TC de planeamento;

- Os planeamentos dosimétricos realizados, serem otimizados ao menor número de campos utilizados e ao menor tempo de irradiação possível, por cada campo;
- Sempre que possível, utilização de um isocentro no tratamento;
- Avaliação da dose no coração e pulmão ipsilateral;
- Estímulo e incentivo, à continua colaboração da doente;
- Uso da técnica, sempre que seja justificável, também na irradiação dos Carcinomas da Mama direita.

5.1 Contributo

Enquanto estagiário, destacar o meu papel enquanto meio de auxílio no *workflow* diário de um técnico de RT, ajudando a diminuir a carga de trabalho dos profissionais pertencentes ao serviço enunciado. Este tipo de apoio diário é fundamental para manter o bom funcionamento. A atitude e vontade positiva, empenho e dedicação, foram provavelmente uma contribuição importante para o ambiente de trabalho no seio da equipa multidisciplinar. Ter alguém motivado e disposto a crescer profissionalmente pode influenciar, inspirando a equipa a promover de forma constante um clima saudável de trabalho.

Ao aprender e aplicar a *SGRT*, provavelmente ajudei a garantir que os doentes estivessem corretamente posicionados durante o tratamento, o que é crucial para a eficácia do tratamento e desse modo, minimizar os efeitos secundários.

6. Conclusão

Concluiu-se, portanto, nos casos de carcinoma da mama esquerda, que realizam RT externa com a técnica *DIBH*, esta promove uma significativa redução da dose cardíaca e pulmonar, contribuindo para menores níveis de toxicidade e alterações agudas e tardias.

Esta exige experiência por parte de todo o *staff* que se faz integrar, na sua realização ao longo de todo o *workflow* da Radioterapia, dada a especificidade dos seus procedimentos. Em paralelo, a colaboração das doentes, é obrigatória e fundamental.

A *SGRT*, apresenta-se como uma técnica acessória à realização da *DIBH*, de forma acessível, rápida, segura e eficaz, devido à grande monitorização e controlo que promove durante todo o tempo de tratamento.

Referências Bibliográficas

- Afonso, C., Fernandes, P., Valente, J. (2022). Applicability Of The Diph Technique In Patients With Breast Cancer Undergoing Radiation Therapy. *Higeia*, 8(2), 43-51
- Bentzen, S. M., Constine, L. S., Deasy, J. O., Eisbruch, A., Jackson, A., Marks, L. B., ten Haken, R. K., & Yorke, E. D. (2010). Quantitative Analyses of Normal Tissue Effects in the Clinic (QUANTEC): An Introduction to the Scientific Issues. *International Journal of Radiation Oncology Biology Physics*, 76(3SUPPL), S3–S9. <https://doi.org/10.1016/j.ijrobp.2009.09.040>
- Bergom, C., Currey, A., Desai, N., Tai, A., & Strauss, J. B. (2018). Deep inspiration breath hold: Techniques and advantages for cardiac sparing during breast cancer irradiation. Em *Frontiers in Oncology* (Vol. 8). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fonc.2018.00087>
- Coutinho, I., Teixeira, T., Simões, P. C., Lopes, J. C., Borrego, M., Fernandes, J., Cabral, J., Prieto, I., & Proença, R. (2017). Choroidal Melanoma. Em *Acta Medica Portuguesa* (Vol. 30, Números 7–8, pp. 573–577). CELOM. <https://doi.org/10.20344/amp.8535>
- Das Majumdar, S. K., Amritt, A., Dhar, S. S., Barik, S., Beura, S. S., Mishra, T., Muduly, D. K., Dash, A., & Parida, D. K. (2022). A Dosimetric Study Comparing 3D-CRT vs. IMRT vs. VMAT in Left-Sided Breast Cancer Patients After Mastectomy at a Tertiary Care Centre in Eastern India. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.23568>
- Duarte, M., Rodrigues, V., Caetano, M., Fernandes, P., & Bak, B. (2022). *A comparative dosimetric study between free-breathing and forced inspiration used radiotherapy 3D techniques in the left breast cancer.*
- Ferlay J, Ervik M, Lam F, Laversanne M, Colombet M, Mery L, Piñeros M, Znaor A, Soerjomataram I, Bray F (2024). Global Cancer Observatory: Cancer Today. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer.
- Ferraz Rosa, F., Monsanto, F., & Caetano, M. (2021). *Dilatadores vaginais na prevenção da estenose vaginal em doentes submetidas a braquiterapia ginecológica: revisão sistemática da literatura.*

- Gradishar, W. J., Moran, M. S., Abraham, J., Abramson, V., Aft, R., Agnese, D., Allison, K. H., Anderson, B., Bailey, J., Burstein, H. J., Chen, N., Chew, H., Dang, C., Elias, A. D., Giordano, S. H., Goetz, M. P., Jankowitz, R. C., Javid, S. H., Krishnamurthy, J., ... Kumar, R. (2024). Breast Cancer, Version 3.2024. *JNCCN Journal of the National Comprehensive Cancer Network*, 22(5), 331–357. <https://doi.org/10.6004/jnccn.2024.0035>
- Huijskens, S., Granton, P., Fremeijer, K., van Wanrooij, C., Offereins-van Harten, K., Schouwenaars-van den Beemd, S., Hoogeman, M. S., Sattler, M. G. A., & Penninkhof, J. (2024). Clinical practicality and patient performance for surface-guided automated VMAT gating for DIBH breast cancer radiotherapy. *Radiotherapy and Oncology*, 195. <https://doi.org/10.1016/j.radonc.2024.110229>
- Irsch, K., & Guyton, D. L. (2009). Anatomy of Eyes. Em *Encyclopedia of Biometrics* (pp. 11–16). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-0-387-73003-5_253
- Islam, M. K., Islam, Md. S., Quddus, A. H. M. R., Naen, M. Z., Kumar, N., & Sultana, N. (2024). Evaluation and Improving Treatment Plans of Gated Radiotherapy in Left-Sided Breast Cancer Patients Using Respiratory Motion Management System for Deep Inspiration Breath-Hold (DIBH). *European Journal of Medical and Health Sciences*, 6(5), 69–77. <https://doi.org/10.24018/ejmed.2024.6.5.2198>
- Kügele, M., Edvardsson, A., Berg, L., Alkner, S., Andersson Ljus, C., & Ceberg, S. (2018). Dosimetric effects of intrafractional isocenter variation during deep inspiration breath-hold for breast cancer patients using surface-guided radiotherapy. *Journal of Applied Clinical Medical Physics*, 19(1), 25–38. <https://doi.org/10.1002/acm2.12214>
- Lacerda, A., Pereira, A., Sofia, A. R., & Petiz, A. (2016). *Cancro Ginecológico*.
- Lai, J., Luo, Z., Hu, H., Jiang, L., Wu, J., Lei, L., Qu, L., & Wu, Z. (2023). SGRT-based DIBH radiotherapy practice for right-sided breast cancer combined with RNI: A retrospective study on dosimetry and setup accuracy. *Journal of Applied Clinical Medical Physics*, 24(8). <https://doi.org/10.1002/acm2.13998>
- Lopes, M. do C. (2021). *Um Século de Terapia com Radiação*.
- Madaleno, D., Fernandes, P., Joao, I., & Costa, J. (2019). *09_replaneamento de mama_A*.

- Mader, T., Pace, R., Boucas da Silva, R. T., Erwin Johannes Adam, L., Näf, G., Charles Winter, C., Maria Aspradakis, M., Radovic, M., Spyridonidis, A., Hayoz, S., & Gertrud Baumert, B. (2024). Deep inspirational breast hold (DIBH) for right breast irradiation: Improved sparing of liver and lung tissue. *Clinical and Translational Radiation Oncology*, 45. <https://doi.org/10.1016/j.ctro.2024.100731>
- Offersen, B. v., Boersma, L. J., Kirkove, C., Hol, S., Aznar, M. C., Biete Sola, A., Kirova, Y. M., Pignol, J. P., Remouchamps, V., Verhoeven, K., Weltens, C., Arenas, M., Gabrys, D., Kopek, N., Krause, M., Lundstedt, D., Marinko, T., Montero, A., Yarnold, J., & Poortmans, P. (2015). ESTRO consensus guideline on target volume delineation for elective radiation therapy of early stage breast cancer. *Radiotherapy and Oncology*, 114(1), 3–10. <https://doi.org/10.1016/j.radonc.2014.11.030>
- Oonk, M. H. M., Planchamp, F., Baldwin, P., Mahner, S., Mirza, M. R., Fischerová, D., Creutzberg, C. L., Guillot, E., Garganese, G., Lax, S., Redondo, A., Sturdza, A., Taylor, A., Ulrikh, E., Vandecaveye, V., van der Zee, A., Wölber, L., Zach, D., Zannoni, G. F., & Zapardiel, I. (2023). European Society of Gynaecological Oncology Guidelines for the Management of Patients with Vulvar Cancer - Update 2023. *International Journal of Gynecological Cancer*, 33(7), 1023–1043. <https://doi.org/10.1136/ijgc-2023-004486>
- Pan, M., Ndembo, S., & Caetano, M. (2023). *Impacto da surface guided radiotherapy no posicionamento do doente: revisão sistemática Impact of SGRT on patient positioning: a systematic review.*
- Penninkhof J, Fremeijer K, Offereins-van Harten K, van Wanrooij C, Quint S, Kunnen B, et al. Evaluation of image-guided and surface-guided radiotherapy for breast cancer patients treated in deep inspiration breath-hold: a single institution experience. *Tech Innov Patient Support Radiat Oncol.* 2022;21:51-7.
- Pires, P., Monsanto, F., & Furtado, A. (2023). *SGRT no tratamento de mama esquerda em inspiração forçada: revisão sistemática de literatura.*
- Ribeiro, A., Sousa, T., Lindo, M., & Mariano, M. J. C. (2024). *Técnica de Deep Inspiration Breath Hold com o Sistema SimRT da VisionRT na TC de Planeamento.*

- Rice, L., Goldsmith, C., Green, M. M. L., Cleator, S., & Price, P. M. (2017). An effective deep-inspiration breath-hold radiotherapy technique for left-breast cancer: Impact of post-mastectomy treatment, nodal coverage, and dose schedule on organs at risk. *Breast Cancer: Targets and Therapy*, 9, 437–446. <https://doi.org/10.2147/BCTT.S130090>
- Richard L. Drake, A. Wayne Vogl, & Adam W. M. Mitchell. (2005). *Gray's - Anatomia para Estudantes* (Elsevier, Ed.).
- Santos, R., Ribeiro, A. R., & Marques, D. (2023). Ultrasound as a Method for Early Diagnosis of Breast Pathology. *Journal of Personalized Medicine*, 13(7). <https://doi.org/10.3390/jpm13071156>
- Schaeffer, E. M., Srinivas, S., Adra, N., An, Y., Bitting, R., Chapin, B., Cheng, H. H., D'Amico, A. V., Desai, N., Dorff, T., Eastham, J. A., Farrington, T. A., Gao, X., Gupta, S., Guzzo, T., Ippolito, J. E., Karnes, R. J., Kuettel, M. R., Lang, J. M., ... Freedman-Cass, D. A. (2024). Prostate Cancer, Version 3.2024 Featured Updates to the NCCN Guidelines. *JNCCN Journal of the National Comprehensive Cancer Network*, 22(3), 140–150. <https://doi.org/10.6004/jnccn.2024.0019>
- Sistema Nacional de Saúde. (2024). *Unidade Local de Saúde de Coimbra*.
- Telli, M. L., Gradishar, W. J., & Ward, J. H. (2019). NCCN Guidelines Updates: Breast Cancer. *Journal of the National Comprehensive Cancer. JNCCN*, 17(55), 552–555. <https://doi.org/10.6004/jnccn.2019.5006>
- Varregoso, J. (2006). *Artigos de Revisão Braquiterapia Prostática* (Vol. 23). www.apurologia.pt
- Vicente, P., Ribeiro, A., Sousa, T., Pereira, S., Mariano, M. J. C., & Lindo, M. (2024). *Surface Guided Radiation Therapy ULSC HUC Experience*.
- Wikström, K., Isacson, U., Nilsson, K., & Ahnesjö, A. (2018). Reproducibility of heart and thoracic wall position in repeated deep inspiration breath holds for radiotherapy of left-sided breast cancer patients. *Acta Oncologica*, 57(10), 1318–1324. <https://doi.org/10.1080/0284186X.2018.1490027>
- Zhang, W., Li, R., You, D., Su, Y., Dong, W., & Ma, Z. (2020). Dosimetry and Feasibility Studies of Volumetric Modulated Arc Therapy With Deep Inspiration Breath-Hold Using Optical

Surface Management System for Left-Sided Breast Cancer Patients. *Frontiers in Oncology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fonc.2020.01711>

Zhang, Y., Huang, Y., Ding, S., Yuan, X., Shu, Y., Liang, J., Mao, Q., Jiang, C., & Li, J. (2021). A dosimetric and radiobiological evaluation of VMAT following mastectomy for patients with left-sided breast cancer. *Radiation Oncology*, 16. <https://doi.org/10.1186/s13014-021-01895-2>

Zhu, H., & Doğan, B. E. (2021). American Joint Committee on Cancer's Staging System for Breast Cancer, Eighth Edition: Summary for Clinicians. In *European Journal of Breast Health* (Vol. 17, Issue 3, pp. 234–238). Galenos Publishing House. <https://doi.org/10.4274/ejbh.galenos.2021.2021-4-3>