

# Radioterapia de intensidade modulada do feixe (IMRT) – ilustração da técnica, suas indicações e vantagens

## Intensity modulated radiation therapy (IMRT) - illustration of the technique, indications and advantages

Maria Adelina Costa . Paulo Serafim . Joana Vale . Paula Genésio . Graça Fonseca . Ricardo Guedes . Fernanda Ponte . Cármen Calçada . Nathalie Stas . Júlio Teixeira

### RESUMO

A Radioterapia de Intensidade Modulada, conhecida pela sigla IMRT, é um estado-da-arte no tratamento do cancro. É um método que permite debitar altas doses de radiação directamente ao volume-alvo tumoral, de uma forma extremamente orientada e muito mais precisa do que é possível com radioterapia convencional. Com esta técnica é possível efectuar doses de radiação superiores às estruturas tumorais e conseguir poupar mais e melhor as estruturas normais circundantes, muitas vezes limitantes de dose. Apesar de apresentar inúmeras indicações, esta técnica adquire particular vantagem nos tumores da cabeça e pescoço, quer a nível de efeitos secundários agudos, quer tardios

O objectivo deste artigo é descrever a técnica de IMRT, a sua aplicação clínica e os seus potenciais benefícios, quando comparada à Radioterapia convencional.

Palavras-chave: Radioterapia de intensidade modulada; vantagens.

#### MARIA ADELINA COSTA

Assistente Hospitalar Graduada de Radioterapia – Mestre em Oncologia.  
Clínica de Radioterapia do Porto

#### PAULO SERAFIM

Assistente Hospitalar de Radioterapia. Clínica de Radioterapia do Porto

#### JOANA VALE

Física Médica Estagiária. Clínica de Radioterapia do Porto

#### PAULA GENÉSIO

Técnica de Radioterapia de Primeira Classe. Clínica de Radioterapia do Porto

#### GRAÇA FONSECA

Assistente Hospitalar de Radioterapia. Clínica de Radioterapia do Porto

#### RICARDO GUEDES

Técnico de Radioterapia de Segunda Classe. Clínica de Radioterapia do Porto

#### FERNANDA PONTE

Física Médica. Clínica de Radioterapia do Porto

#### CÁRMEN CALÇADA

Assistente Hospitalar Graduada de Radioterapia. Clínica de Radioterapia do Porto

#### NATHALIE STAS

Assistente Hospitalar Graduada de Radioterapia. Clínica de Radioterapia do Porto

#### JÚLIO TEIXEIRA

Assistente Hospitalar de Radioterapia - Director Clínico da Clínica de Radioterapia do Porto

#### Correspondência:

Maria Adelina Tavares da Silva Costa  
Estrada Interior da Circunvalação, nº 9511  
4250-148 Porto  
Telefone: 966497944  
Fax: 222088402  
adelinacosta@sapo.pt

Trabalho apresentado no 55º Congresso Nacional da SPORL - Vilamoura, 1-4 de Maio de 2008

### ABSTRACT

*IMRT is a state-of-the-art cancer treatment method that delivers high doses of radiation directly to cancer cells in a very targeted way, much more precisely than is possible with conventional radiotherapy. IMRT can deliver higher radiation doses directly to cancer cells while sparing more of the surrounding healthy tissue. This has important advantages in head and neck cancers as it allows the beams to hit their target area while missing the surrounding structures, minimizing acute and late side effects.*

*The purpose of this article is to describe the IMRT technique, its clinical applications and advantages, when comparing to the conventional Radiotherapy.*

*Keywords: Intensity modulated radiation therapy; advantages.*

### INTRODUÇÃO

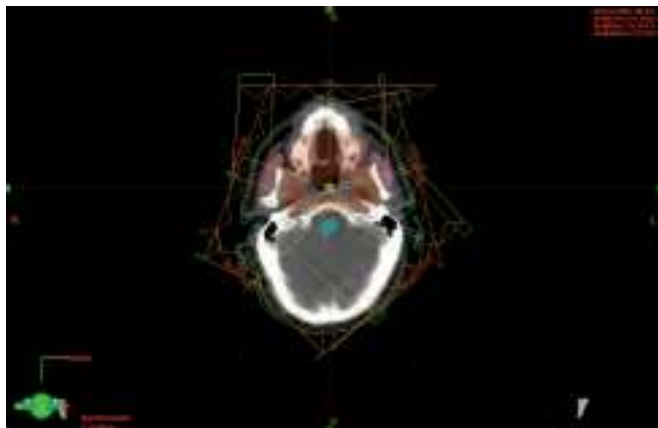
A Radioterapia, isolada ou associada a outras modalidades de tratamento, nomeadamente a Cirurgia e a Quimioterapia, desempenha um papel fundamental em oncologia, quer em tratamentos com intuito curativo quer paliativo.

A Radioterapia de Intensidade Modulada, conhecida pela sigla IMRT é resultado de um grande avanço tecnológico em Radioterapia. Esta técnica permite prescrever a dose de radiação no tumor de um modo mais preciso enquanto permite reduzir a dose nas estruturas normais circundantes. <sup>1-3</sup>

### IMRT – TÉCNICA E VANTAGENS:

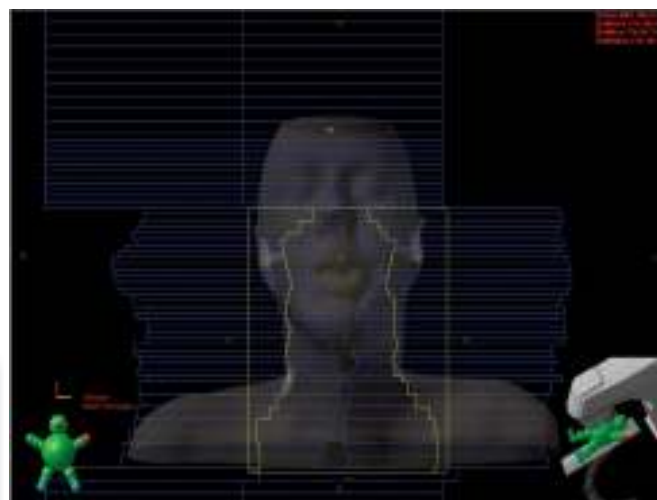
A Radioterapia de Intensidade Modulada, é uma técnica de Radioterapia de alta precisão, que permite irradiar tumores de um modo selectivo, de tal forma, que conseguimos uma diferença de doses ainda maior entre o volume tumoral e os tecidos circundantes, quando comparado às técnicas convencionais de Radioterapia, nomeadamente a radioterapia conformacional.<sup>3,4,5</sup> A radioterapia conformacional é baseada num pequeno número de campos de radiação fixos, cuja forma é modelada à imagem do volume alvo que apresentam uma intensidade uniforme. Na IMRT, em contraste, a intensidade do feixe dentro do campo de tratamento varia, sendo possível obter gradientes de dose (Figs.1 e 2).<sup>2,6-8</sup>

As duas principais vantagens desta técnica no tratamento do cancro são o aumento do controlo tumoral local e sobrevida e a diminuição dos efeitos secundários do referido tratamento, quer agudos quer tardios. Com isso, conseguimos aumentar o ganho terapêutico.<sup>7,9,10</sup>



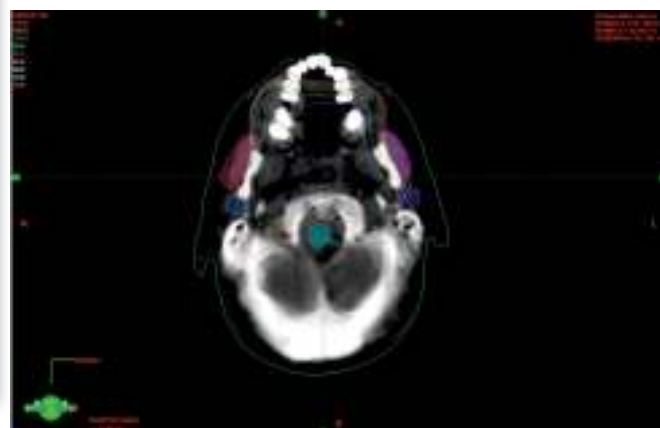
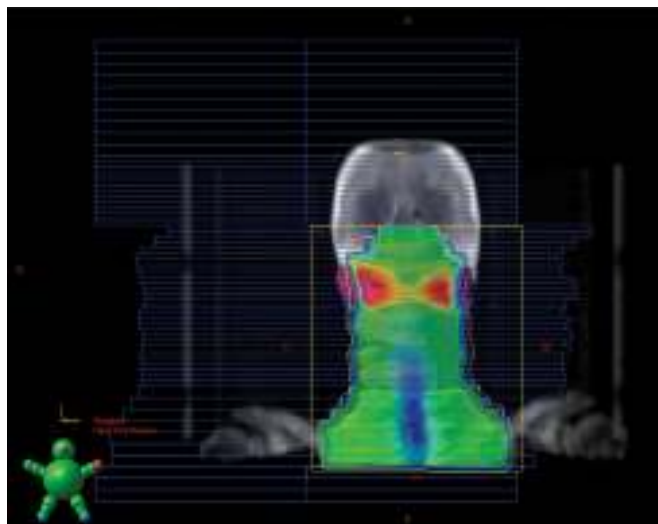
**Figuras 1 e 2 |** IMRT: variações na intensidade do feixe dentro do campo de tratamento, sendo possível obter gradientes de dose.

Na IMRT, o feixe de radiação dos campos de tratamento é modulado de maneira a irradiar o tumor exactamente na sua forma (ou muito próximo da sua forma) evitando sobredosagem dos órgãos de risco. Para tal, utiliza o colimador multifolhas, dinâmico, que durante a libertação do feixe de radiação vai abrindo e fechando folhas individuais, para dar forma aos feixes de radiação e conforme a necessidade da sua intensidade. Isto permite o aumento do número de feixes, em múltiplos ângulos e diferentes planos, sem grande aumento do tempo de tratamento por cada fracção (Fig.3).<sup>9,11</sup>

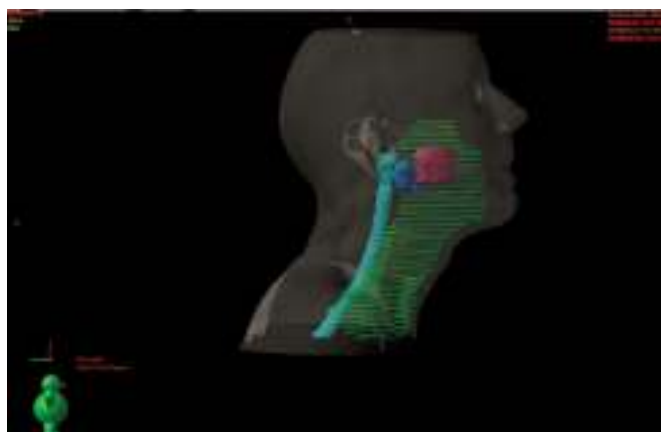


**Figura 3 |** Colimador multifolhas dinâmico

A necessidade de implementar uma técnica como a IMRT, advém do facto dos tumores se apresentarem em diversas formas e tamanhos e rodeados por tecidos sãos. Como permite uma escalada de dose ao tumor, a probabilidade de controlo local é maior.<sup>1,3,7,12,13</sup> Podemos mesmo considerar que a vantagem “major” da IMRT sobre a radioterapia tridimensional é que aquela é capaz de gerar uma distribuição de dose “côncava” em forma de “U” (U-shaped dose distributions) (Fig.4). Isto é



**Figura 4 |** Distribuição de dose “côncava” em forma de “U” (U-shaped dose distributions).



**Figura 5 | Volume tumoral a englobar parcialmente estruturas anatómicas críticas com baixa dose de tolerância, como é o caso da medula espinhal, das glândulas salivares major e das articulações temporo-mandibulares.**

particularmente útil quando o volume tumoral engloba parcialmente uma estrutura anatómica crítica com baixa dose de tolerância, como é o caso da medula espinhal e das glândulas salivares major. (Fig. 5)<sup>5,6,14,15,16</sup>

A IMRT combina dois conceitos avançados dentro do tratamento conformacional: a realização de um planeamento inverso, com optimização efectuada por computador e uma intensidade modulada do feixe de radiação durante o tratamento, igualmente controlada por computador.<sup>11,14,15</sup>

A IMRT pode ser utilizada em diversos tumores, em várias localizações, quer com intuito curativo quer paliativo. Com esta técnica é possível criar múltiplos alvos de tratamento, os quais podem ser tratados ao mesmo tempo. Um bom exemplo é o tratamento de múltiplas metástases cerebrais.

Em doentes que tenham efectuado previamente uma irradiação craniana total e que necessitem de dose adicional ou em casos de metástases consideradas mais radioresistentes - como é o caso do carcinoma de células renais ou o melanoma - múltiplas metástases cerebrais podem ser tratadas simultaneamente no intuito de conseguirmos atingir doses mais elevadas nestas estruturas tumorais enquanto que outras partes do tecido cerebral normal podem ser poupadas. Como benefício, temos a diminuição da toxicidade ao sistema nervoso central relacionada com a Radioterapia.<sup>4,5,6,10,11,14</sup>

Além de conseguir criar múltiplos alvos na mesma origem, também conseguimos com a IMRT planear e tratar múltiplos alvos de diferentes origens. Um bom exemplo disto são os tumores da cabeça e pescoço. Diferentes alvos podem ser tratados simultaneamente com diferentes doses por fracção e diferentes doses totais. Isto adquire significativa importância radiobiológica no controlo do

tumor visível versus doença subclínica.<sup>1-3,7-9,12,13,15,16</sup>

Esta técnica adquire grande importância quando tratamos tumores da cabeça e pescoço, dada a riqueza de órgãos críticos limitantes de dose, dado apresentarem formas irregulares, requererem altas doses de radiação para atingirmos a cura, especialmente nos casos inoperáveis e dado ser possível com esta técnica tratar lesões recorrentes, que já receberam dose considerável de radiação, debitada pelos meios convencionais. Outros exemplos de lesões a nível da cabeça e pescoço que beneficiam largamente com esta técnica incluem os tumores próximos à base do crânio, tais como os tumores avançados dos seios perinasais e os tumores da nasofaringe, se nos lembrarmos de estruturas limitantes de dose como o nervo óptico, o ouvido interno, o tronco cerebral, os olhos e glândulas lacrimais, além da medula espinhal e glândulas salivares, já citadas anteriormente.

Existem múltiplas estruturas normais limitantes de dose à volta dos volumes-alvo tumorais e estas estruturas geralmente apresentam uma baixa dose de tolerância à radiação, muito inferior à dose de Radioterapia necessária para erradicar o tumor. Do mesmo modo que é possível criar vários volumes-alvo de tratamento, também é possível criar múltiplas estruturas normais que sejam necessárias evitar no decurso do tratamento.<sup>5,6,9-11,13</sup>

As glândulas salivares são muito sensíveis. Na terapêutica standard, o volume irradiado é muito superior, resultando quase sempre em xerostomia definitiva que é o factor major para a redução da qualidade de vida nos sobreviventes a longo prazo.<sup>7,9</sup>

A técnica de IMRT, requer um planeamento detalhado, desenvolvido por radioterapeutas, técnicos de radioterapia, físicos e dosimetristas.<sup>13,14</sup>

Após a consulta médica e explicação detalhada ao doente e seus familiares do procedimento terapêutico, o doente efectua uma máscara de imobilização. Esta máscara, própria para cada doente, é realizada com um material termoplástico e requer rigor absoluto na sua confecção, pois uma imobilização própria e adequada é um passo fundamental no sucesso do tratamento.

A seguir à imobilização, procedemos à realização de exames de imagens para o planeamento. Estes exames podem incluir a Tomografia Computorizada, com e sem contraste, a Ressonância Magnética ou a Tomografia Emissora de Positrões, consoante as necessidades de cada caso em particular. Para atingir os objectivos propostos pela técnica de IMRT, há necessidade de definir os volumes-alvo a tratar e as estruturas críticas circundantes (Fig.6) através das referidas imagens e determinar a "importância hierárquica" de cada um deles (Figs.7 e 8).



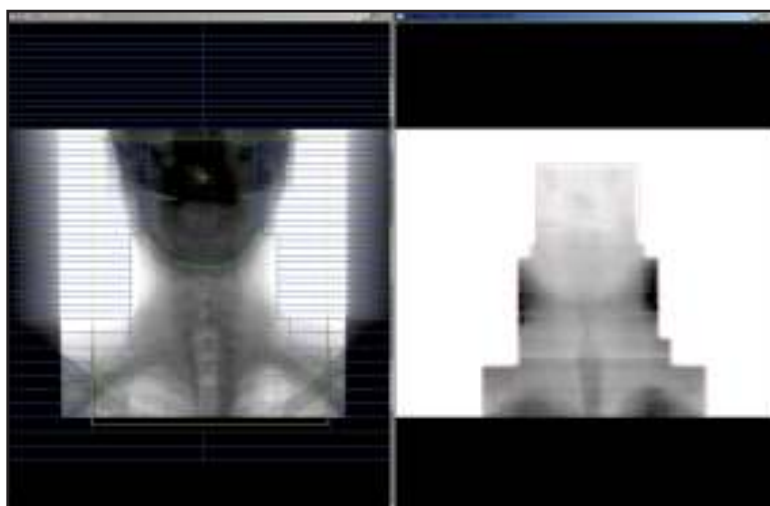


diário. Diariamente é feita uma verificação do posicionamento com base nestes pontos de referência estabelecidos, de modo a estabelecer o máximo rigor no tratamento (Fig.11). Um acelerador linear, equipado com um sistema especial - o colimador multifolhas dinâmico - que modela o feixe de radiação, debita a radiação de acordo com o plano de tratamento.

#### CONCLUSÃO:

Em conclusão, esta técnica parece inovar alguns tratamentos de Radioterapia e mesmo possibilitar tratamentos de alguns tumores até então impossíveis de serem tratados com segurança, devido à proximidade de estruturas vitais. O tratamento destes tumores requer um rigor extremo e podemos, por exemplo, minimizar a exposição da medula espinhal, do nervo óptico, da mucosa jugal e das glândulas salivares, reduzindo sequelas agudas como a mucosite e sequelas tardias como a xerostomia, tornando a Radioterapia um tratamento muito mais fácil de ser tolerado pelo doente. E, quando falamos de tumores localizados na área da cabeça e pescoço, facilmente compreendemos a sua importância. Podemos mesmo dizer que esta técnica permite tratar determinados tumores que, até então seria impossível de serem tratados.

A IMRT apresenta todos os potenciais para se tornar um dos maiores avanços no campo da Radioterapia.



**Figura 11 | Planeamento único, o que aumenta a conformidade da dose, quando comparada com planeamentos sequenciais.**

#### BIBLIOGRAFIA

1. APISARNTHANARAX S, ELLIOTT DD, EL-NAGGAR AK ET AL. DETERMINING OPTIMAL CLINICAL TARGET VOLUME MARGINS IN HEAD-AND-NECK CANCER BASED ON MICROSCOPIC EXTRACAPSULAR EXTENSION OF METASTATIC NECK NODES. *INT J RADIAT ONCOL BIOL PHYS*, 2006; 64: 678-683
2. BLANCO AI, CHAO KSC. INTENSITY-MODULATED RADIATION THERAPY AND PROTECTION OF NORMAL TISSUE FUNCTION IN HEAD AND NECK CANCER. IN *PRINCIPLES AND PRACTICE OF RADIATION ONCOLOGY: UPDATES*. NEW YORK: LIPPINCOTT WILLIAMS & WILKINS HEALTHCARE, 2002; 3
3. CHAO KS, LOW DA, PEREZ CA, PURDY JA. INTENSITY-MODULATED RADIATION THERAPY IN HEAD AND NECK CANCERS. *THE MALLINCKRODT EXPERIENCE*. *INT J CANCER*, 2001; 90: 92-103
4. CHAO KS, DEASY JO, MARKMAN J, HAYNIE J ET AL. A PROSPECTIVE STUDY OF SALIVARY FUNCTION SPARING IN PATIENTS WITH HEAD-AND-NECK CANCERS RECEIVING INTENSITY-MODULATED OR THREE-DIMENSIONAL RADIATION THERAPY. INITIAL RESULTS. *INT J RADIAT ONCOL BIOL PHYS*, 2001; 49: 907-916
5. CHAO KS, WIPPOLD FJ, OZYGIT G, TRAN BN ET AL. DETERMINATION AND DELINEATION OF NODAL TARGET VOLUMES FOR HEAD-AND-NECK CANCER BASED ON PATTERNS OF FAILURE IN PATIENTS RECEIVING DEFINITIVE AND POSTOPERATIVE IMRT. *INT J RADIAT ONCOL BIOL PHYS*, 2002; 53(5): 1174-1184
6. CHAO KS, OZYGIT G, TRAN BN ET AL. PATTERNS OF FAILURE IN PATIENTS RECEIVING DEFINITIVE AND POSTOPERATIVE IMRT FOR HEAD-AND-NECK CANCER. *INT J RADIAT ONCOL BIOL PHYS*, 2003; 55: 312-321
7. EISBRUCH A, KIM HM, TERRELL JE, MARSH LH ET AL. XEROSTOMIA AND ITS PREDICTORS FOLLOWING PAROTID-SPARING IRRADIATION OF HEAD-AND-NECK CANCER. *INT J RADIAT ONCOL BIOL PHYS*, 2001; 50: 695-704
8. EISBRUCH A, MARSH LH, DAWSON LA ET AL. RECURRENCES NEAR BASE OF SKULL AFTER IMRT FOR HEAD-AND-NECK CANCER: IMPLICATIONS FOR TARGET DELINEATION IN HIGH NECK AND FOR PAROTID GLAND SPARING. *INT J RADIAT ONCOL BIOL PHYS*, 2004; 59: 28-42
9. FRANK SJ, CHAO KS, SCHWARTZ DL ET AL. TECHNOLOGY INSIGHT: PET AND PET/CT IN HEAD AND NECK TUMOR STAGING AND RADIATION THERAPY PLANNING. *NAT CLIN PRACT ONCOL*, 2005; 2: 526-533
10. GRÉGOIRE V, DE NEVE W, EISBRUCH A, LEE N ET AL. INTENSITY-MODULATED RADIATION THERAPY FOR HEAD AND NECK CARCINOMA. *THE ONCOLOGIST*, 2007; 12: 555-564
11. HUNT MA, ZELEFSKY MJ, WOLDEN S, CHUI CS ET AL. TREATMENT PLANNING AND DELIVERY OF INTENSITY-MODULATED RADIATION THERAPY FOR PRIMARY NASOPHARYNX CANCER. *INT J RADIAT ONCOL BIOL PHYS*, 2002; 49: 623-632
12. PAULINO AC, KOSHY M, HOWELL R ET AL. COMPARISON OF CT- AND FDG-PET-DEFINED GROSS TUMOR VOLUME IN INTENSITY-MODULATED RADIOTHERAPY FOR HEAD-AND-NECK CANCER. *INT J RADIAT ONCOL BIOL PHYS*, 2005; 61: 1385-1392
13. POW EH, KWONG DL, MCMILLAN AS ET AL. XEROSTOMIA AND QUALITY OF LIFE AFTER INTENSITY-MODULATED RADIOTHERAPY VS. CONVENTIONAL RADIOTHERAPY FOR EARLY-STAGE NASOPHARYNGEAL CARCINOMA: INITIAL REPORT ON A RANDOMIZED CONTROLLED CLINICAL TRIAL. *INT J RADIAT ONCOL BIOL PHYS*, 2006; 66: 981-991
14. TEH BS, WOO SY, BUTLER EB. INTENSITY MODULATED RADIATION THERAPY (IMRT): A NEW PROMISING TECHNOLOGY IN RADIATION ONCOLOGY. *THE ONCOLOGIST*, 1999; 4: 433-442
15. WITHERS HR, TAYLOR JM, MACIEJEWSKI B. THE HAZARD OF ACCELERATED TUMOR CLONOGEN REPOPULATION DURING RADIOTHERAPY. *ACTA ONCOL*, 1988; 27: 131-146
16. WU QM, MANNING M, SCHMIDT-ULLRICH R, MOHAN R. THE POTENTIAL FOR SPARING OF PAROTIDS AND ESCALATION OF BIOLOGICALLY EFFECTIVE DOSE WITH INTENSITY-MODULATED RADIATION TREATMENTS OF HEAD AND NECK CANCERS: A TREATMENT DESIGN STUDY. *INT J RADIAT ONCOL BIOL PHYS*, 2000; 46: 195-205