

Planeamento dosimétrico de tumores de pulmão

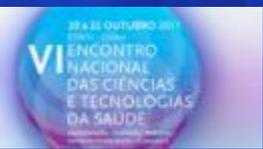
VI Encontro Nacional das Ciências e Tecnologias da Saúde

Carina Marques Coelho



Planeamento dosimétrico de tumores de pulmão

- Qual a técnica de irradiação a utilizar?
 - RT Convencional
 - 3DCRT
 - IMRT
 - SBRT
- Esta selecção depende muito dos equipamentos disponíveis, mas idealmente deve ser sempre acompanhada de técnicas de IGRT



Planeamento dosimétrico de tumores de pulmão - CPNPC

- Volumes de tratamento definidos por:

- **TC**
 - RMN
 - PET/TC
- } Ideal: combinação¹

- Energia de fótons

- 6MV (mínimo)¹
- **15MV** (recomendado)¹

Planeamento dosimétrico de tumores de pulmão - CPNPC



• Doses??

Tabela 1. Doses mais comuns para fraccionamentos de RT convencionais²

Treatment Type	Total Dose	Fraction Size	Treatment Duration
Preoperative	45-50 Gy	1.8-2 Gy	4-5 weeks
Postoperative			
• Negative margins	50-54 Gy	1.8-2 Gy	4-5 weeks
• Extracapsular nodal extension or microscopic positive margins	54-60 Gy	1.8-2 Gy	5-6 weeks
• Gross residual tumors	60 to 70 Gy	1.8-2 Gy	6-7 weeks
Definitive			
• Radiation alone or sequential chemoradiation	60-74 Gy	2 Gy	6-7.5 weeks
• Concurrent chemotherapy	60 to 70 Gy	2 Gy	6-7 weeks
Palliative			
• Obstructive disease (SVC syndrome or obstructive pneumonia)	30-45 Gy	3 Gy	2-3 weeks
• Bone metastases with soft tissue mass	30 Gy	3 Gy	2 weeks
• Bone metastases without soft tissue mass	8 Gy	8 Gy	1 day
• Brain metastasis	See CNS Guidelines	See CNS Guidelines	See CNS Guidelines

Tabela 2. Regimes de SBRT mais comuns²

Regimen	Indications
30-34 Gy x 1	Peripheral small (< 2 cm) tumors, > 1 cm from chest wall
15-20 Gy x 3	Peripheral < 5 cm tumors, > 1 cm from chest wall
12-12.5 Gy x 4	Peripheral tumors, particularly those < 1 cm from chest wall
10-11 Gy x 5	Peripheral tumors, particularly those < 1 cm from chest wall



Planeamento dosimétrico de tumores de pulmão - CPNPC



- **Tumores no lobo superior**

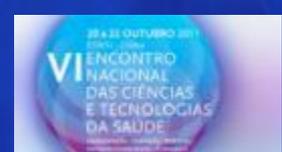
- Tumor primário + 2cm margem (campos AP/PA)³

ou

- $PTV = CTV + 1.5cm(DE) + 1.5-2cm(AP) + 2cm(SI)$ ³

- Irradiação ganglionar:

- Fossa supraclavicular bilateral³
- Mediastino superior³
- Região sub-carinal (5-6cm abaixo da carina)³



Planeamento dosimétrico de tumores de pulmão - CPNPC

- Tumores no lobo superior

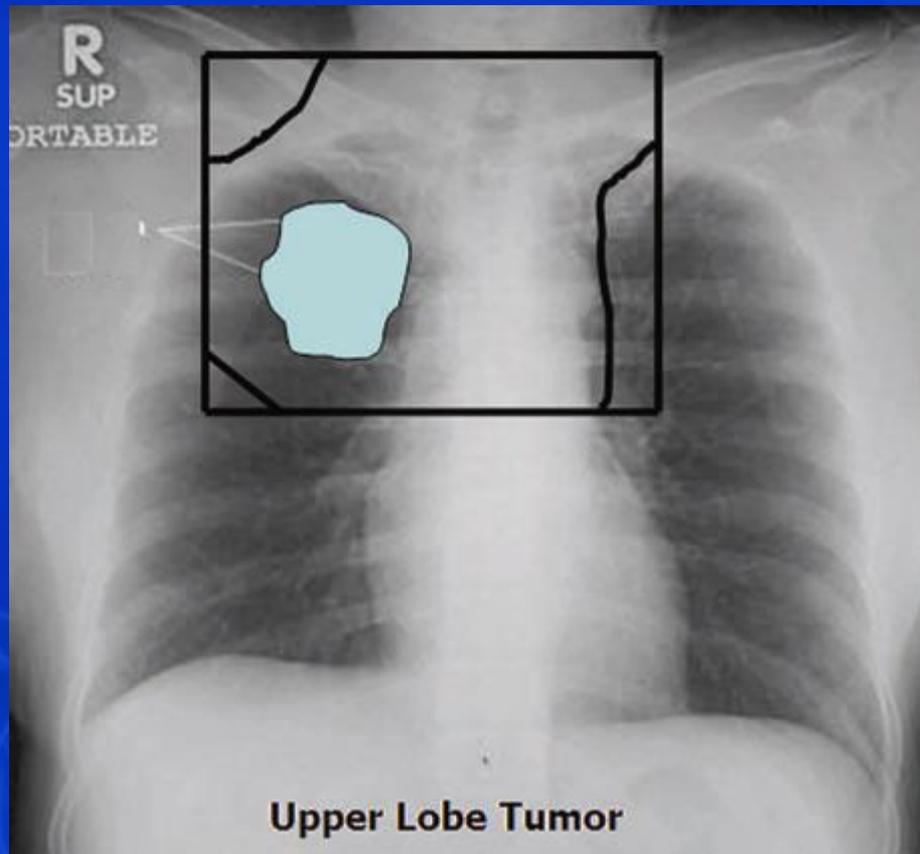
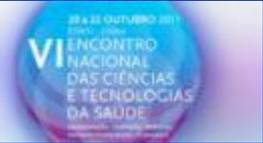


Figura 1. Campo de RT convencional para tumores do lobo superior do pulmão³

Carina Marques Coelho



Planeamento dosimétrico de tumores de pulmão - CPNPC

- **Tumores hilares**

- Tumor primário + 2cm margem (campos AP/PA)³
- Limite superior ao nível do início do tórax e limite inferior a 8-9cm abaixo da carina³
- Irradiação ganglionar:
 - Mediastino³



Planeamento dosimétrico de tumores de pulmão - CPNPC



- Tumores hilares

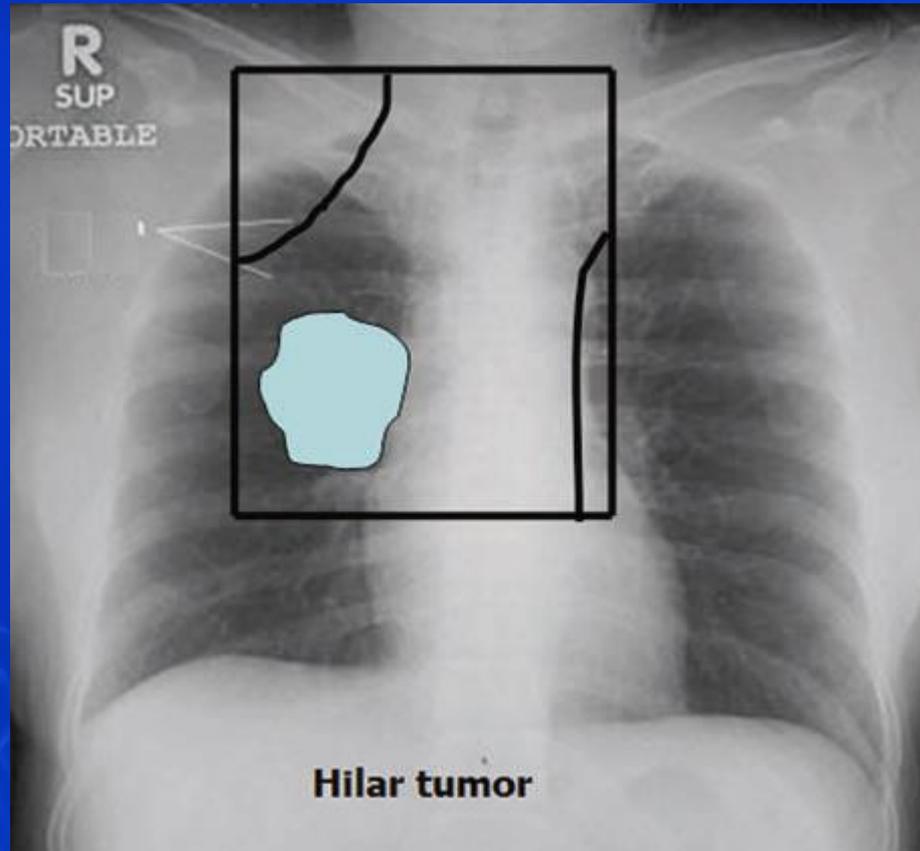


Figura 2. Campo de RT convencional para tumores hilares³



Planeamento dosimétrico de tumores de pulmão - CPNPC



- **Tumores no lobo inferior**

- Tumor primário + 2cm margem (campos AP/PA)³
 - Desde o início do tórax até 8-9cm abaixo da carina³

ou

- $PTV = CTV + 1.5cm(DE) + 2cm(AP) + 2-3cm(S) + 3-4cm(I)$ ³

- Irradiação ganglionar:

- Mediastino³
- Fossa supraclavicular (se invasão mediastínica)³



Planeamento dosimétrico de tumores de pulmão - CPNPC

- Tumores no lobo inferior

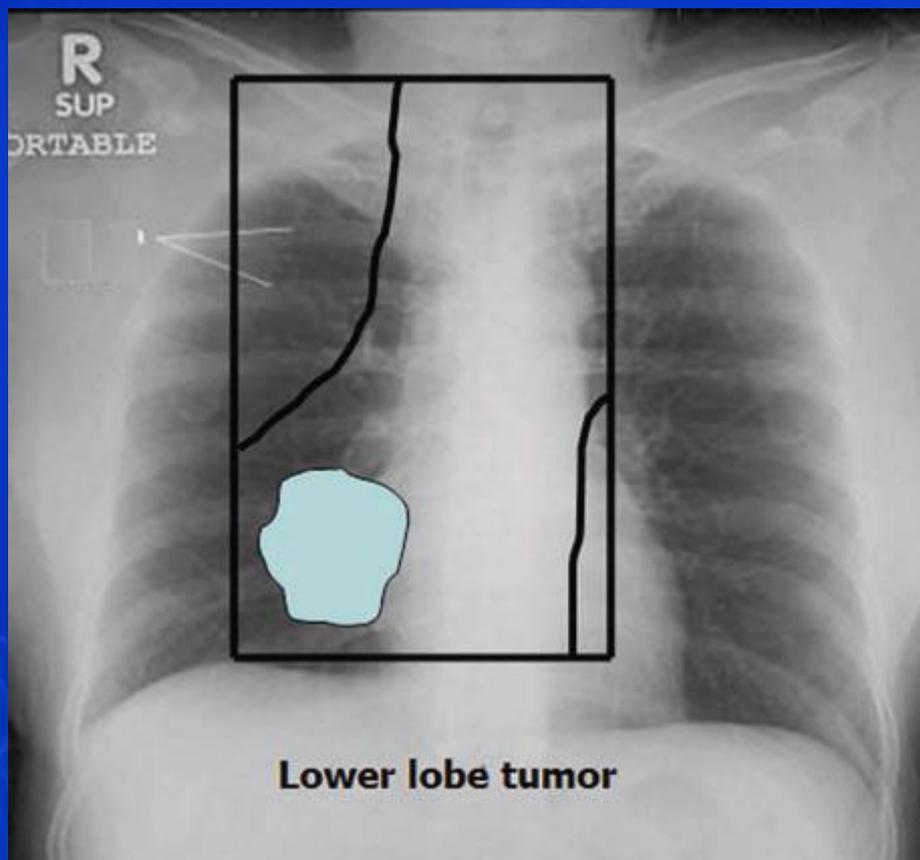


Figura 3. Campo de RT convencional para tumores no lobo inferior do pulmão³

Planeamento dosimétrico de tumores de pulmão - CPNPC

- Tumores no lobo inferior

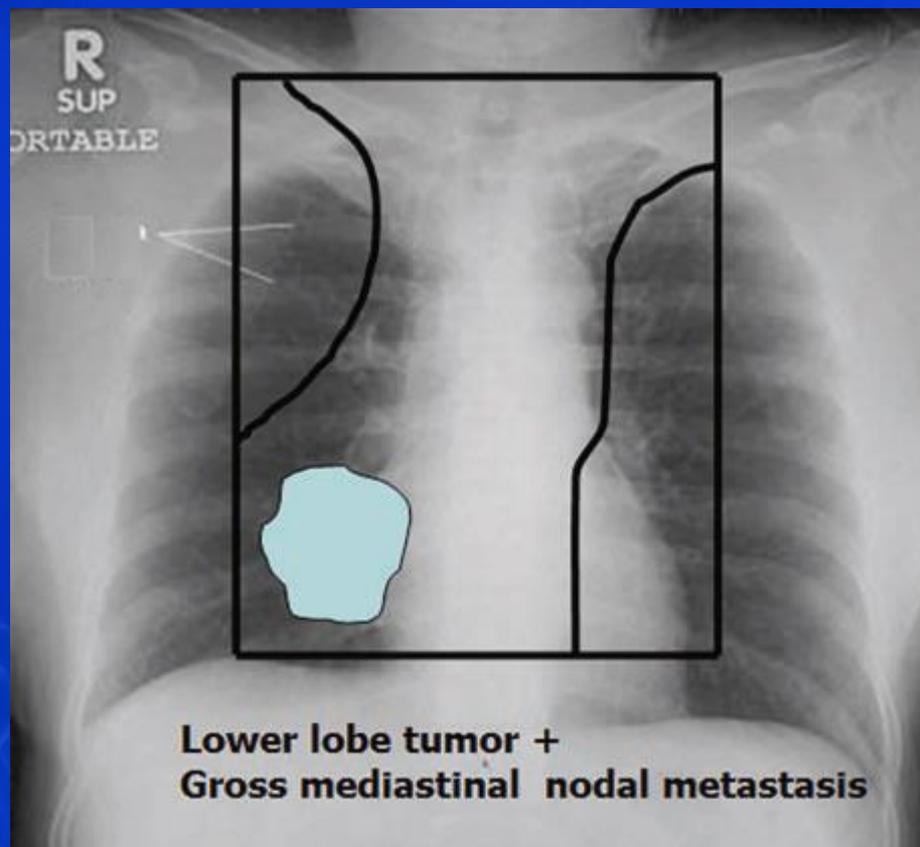


Figura 4. Campo de RT convencional para tumores no lobo inferior do pulmão com invasão dos gânglios mediastínicos³

Planeamento dosimétrico de tumores de pulmão - CPPC

- Deve-se irradiar a doença macroscópica primária com uma margem de 1.5cm, bem como os gânglios mediastínicos e a região hilar³
- Reforço de dose na doença primária residual se a resposta for incompleta¹



Planeamento dosimétrico de tumores de pulmão - CPPC

• PCI

- Se resposta completa ao tratamento inicial¹
- Campos Holocranianos (*Helmet*)³
 - Englobar toda a calote craniana com uma margem de *fall-off* de 1.5-2cm
 - Limite inferior a rasar o tecto das órbitas e ao nível de C1/C2
- 20Gy em 5#³



Planeamento dosimétrico de tumores de pulmão



- É vital a precisão e rigor do planeamento e da administração do tratamento em RT⁴
 - A precisão do cálculo de dose é importante para toda a cadeia do processo de RT, bem como para os processos de QA⁵
- O cálculo de dose em tumores de pulmão é desafiador⁶.
 - Porquê?



Planeamento dosimétrico de tumores de pulmão



- Presença de tecido heterogéneo⁶⁻⁸
 - A atenuação dos fotões de alta energia, por unidade de comprimento, é menor⁸
 - Maior penumbra do feixe (maior alcance lateral dos electrões secundários)⁸
 - Não se tem em consideração o *scattering* diferenciado de fotões⁸
- Movimento respiratório⁶
- Pequenas dimensões dos campos (IMRT/SBRT)⁷



Planeamento dosimétrico de tumores de pulmão



- **Algoritmos de cálculo:**

- Modelos PB

- Rigor limitado nas interfaces de tecidos com grandes diferenças de densidades electrónicas (ar-osso)⁶
- Sobrestimam a dose em alvos localizados em meios de baixa densidade^{4,6}
 - 10-20% no tecido pulmonar⁸
- Problemáticos sobretudo em feixes de maiores energias⁴



Planeamento dosimétrico de tumores de pulmão

- Modelos CC

- Genericamente subestimam a dose⁶
- Podem ser boas alternativas aos modelos MC para densidades de pulmão $\geq 0,2\text{g/cm}^3$ mas para densidades $< 0,1\text{g/cm}^3$ apresentam diferenças de dose calculada clinicamente relevantes⁴
- Apresentam um largo potencial para estratégias de ART (nomeadamente o eCC)⁷



Planeamento dosimétrico de tumores de pulmão

- Modelos MC

- Tempos de cálculo mais elevados⁷
 - Até 5x superiores aos dos modelos CC⁷
- Método poderoso para diminuir os erros de cálculo dos restantes algoritmos, especialmente quando se utilizam campos muito pequenos⁶
- Diminuição das discrepâncias entre doses calculadas e doses administradas⁴

Planeamento dosimétrico de tumores de pulmão

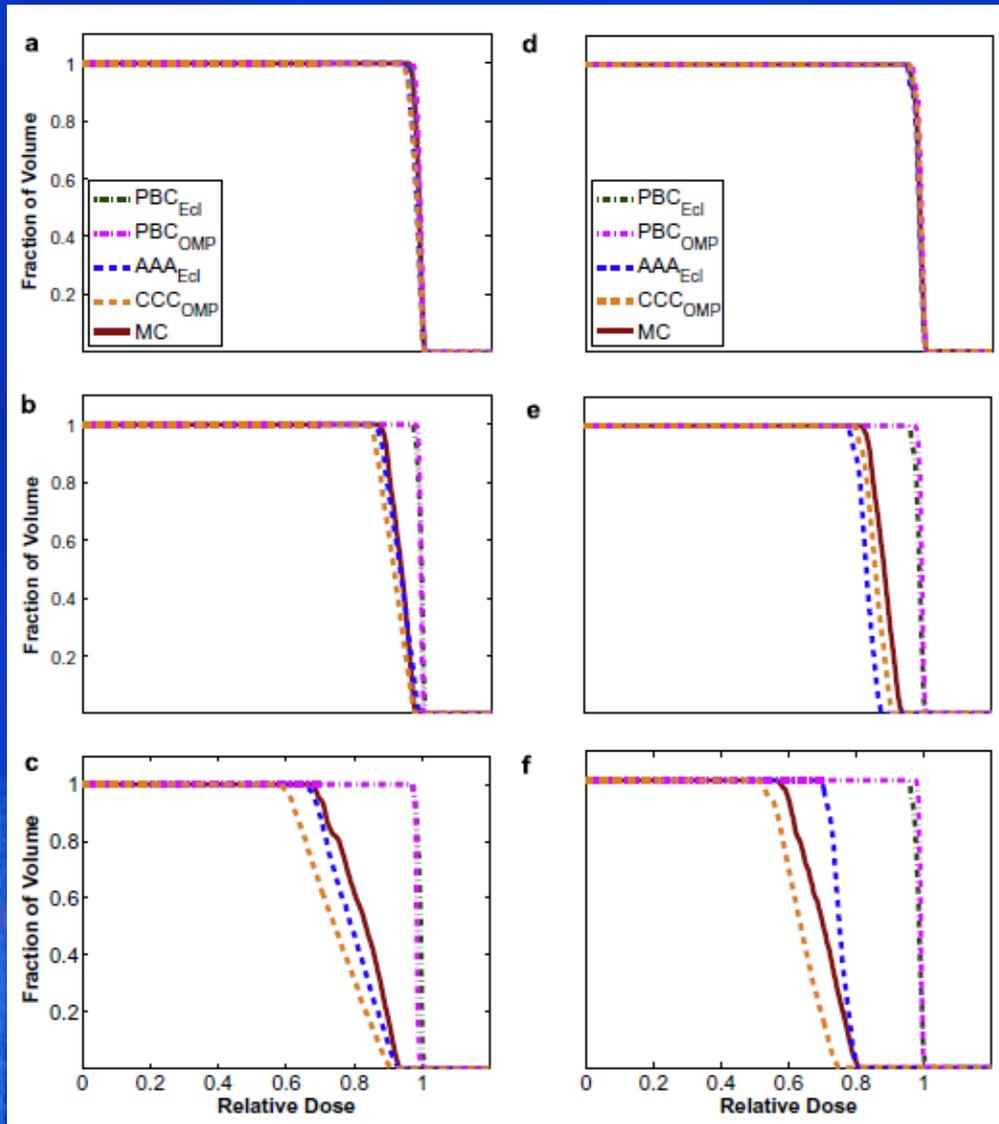
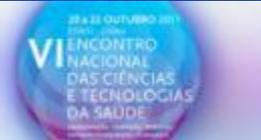


Figura 5. HDV's cumulativos para diferentes valores de densidade de pulmão (a,d 1g/cm³; b,e 0,4g/cm³; c,f 0,1g/cm³), diferentes energias de fótons (a-c 6MV; d-f 18MV) e para cinco diferentes algoritmos de cálculo⁴

Planeamento dosimétrico de tumores de pulmão



Beam quality	Lung density (g/cm ³)	Median target dose (%)					Minimum target dose (%)				
		PBC _{Ecl}	PBC _{OMP}	AAA _{Ecl}	CCC _{OMP}	MC	PBC _{Ecl}	PBC _{OMP}	AAA _{Ecl}	CCC _{OMP}	MC
6 MV	1.00	97.8	98.2	95.7	95.5	96.8	96.3	96.8	94.1	93.0	95.7
	0.40	98.6	98.7	87.8	86.0	89.2	96.8	97.7	85.2	83.4	86.6
	0.20	98.7	98.4	77.5	75.2	81.9	96.8	97.1	73.9	70.5	76.9
	0.10	98.8	98.1	68.9	64.5	74.9	96.8	96.8	64.7	56.9	67.7
	0.01	98.8	98.1	74.8	51.6	62.6	96.7	96.5	72.7	40.1	48.9
18 MV	1.00	96.0	97.1	95.2	95.8	95.8	95.7	96.2	94.8	95.4	95.1
	0.40	96.0	97.8	78.4	80.8	83.3	95.6	97.5	77.5	79.1	81.0
	0.20	96.1	97.8	70.5	66.7	71.4	95.7	97.4	69.5	63.5	67.9
	0.10	96.0	98.0	70.5	55.7	61.6	95.6	97.6	69.8	50.6	56.6
	0.01	96.1	98.1	81.6	45.4	47.6	95.6	97.7	81.3	38.6	39.9

Figura 6. Doses médias e mínimas nos volumes alvo, para cinco diferentes algoritmos de cálculo⁴



Planeamento dosimétrico de tumores de pulmão

- **SBRT**

- A maioria dos estudos utiliza:
 - 5 a 9 campos coplanares ou técnicas rotacionais com alteração da posição do MLC a cada 20-40⁰⁹
- Também se podem utilizar múltiplos campos não coplanares conformacionais, geralmente entre 7 a 12¹⁰



Planeamento dosimétrico de tumores de pulmão

- SBRT

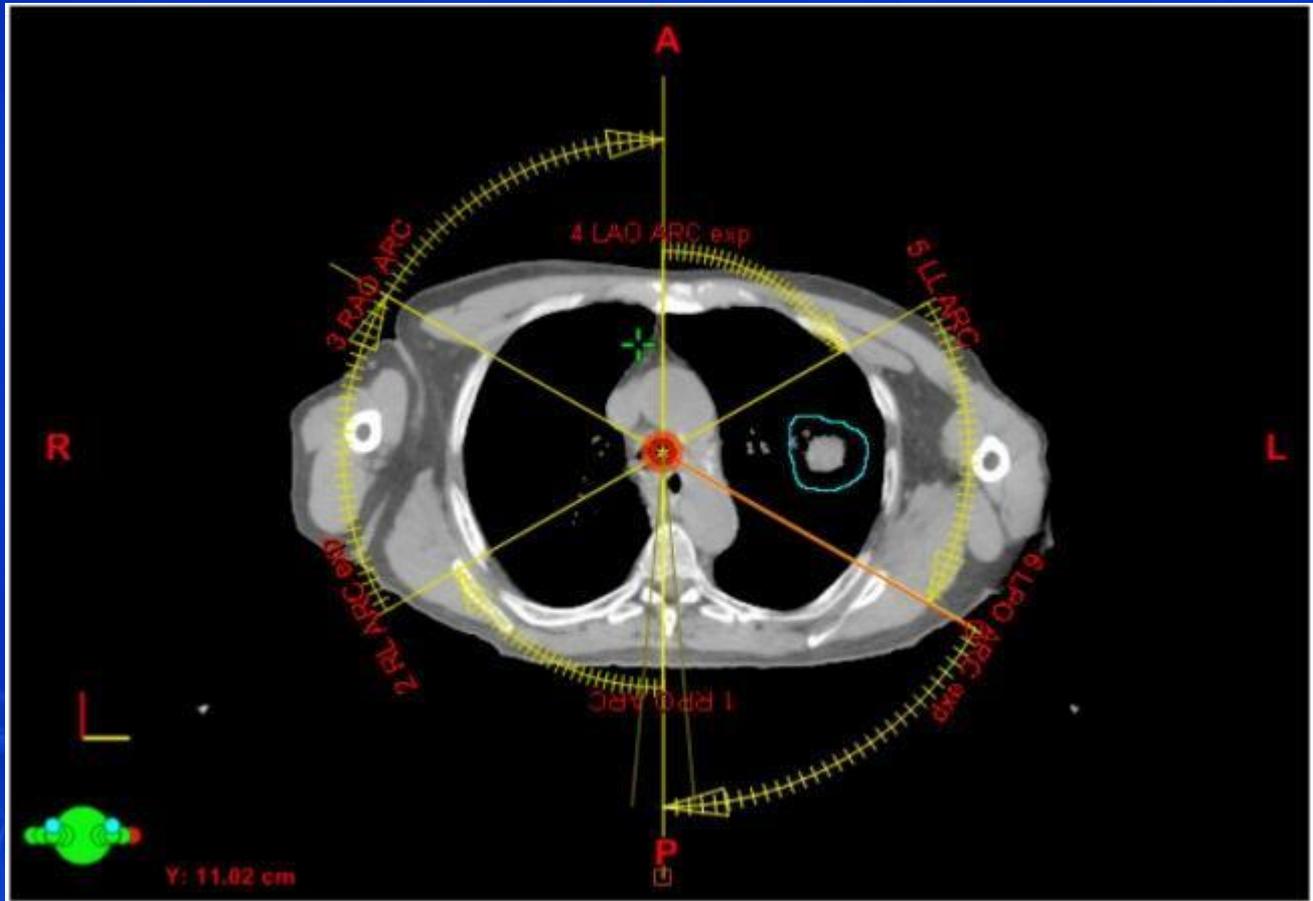


Figura 7. Técnica Rotacional¹⁰



Planeamento dosimétrico de tumores de pulmão

- SBRT

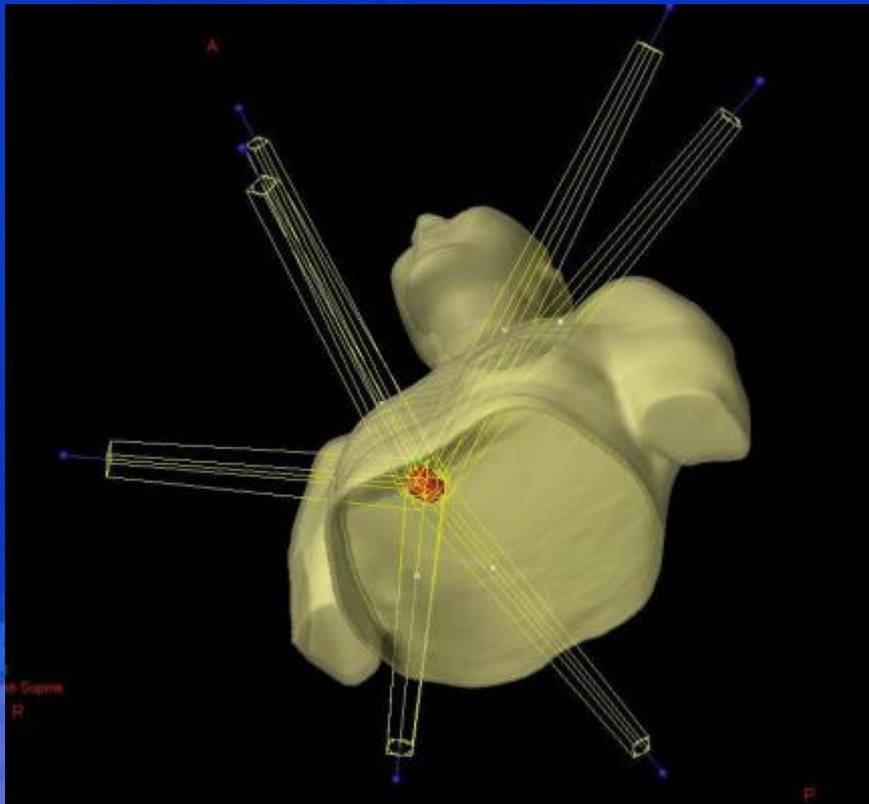


Figura 8. Múltiplos campos não coplanares¹⁰

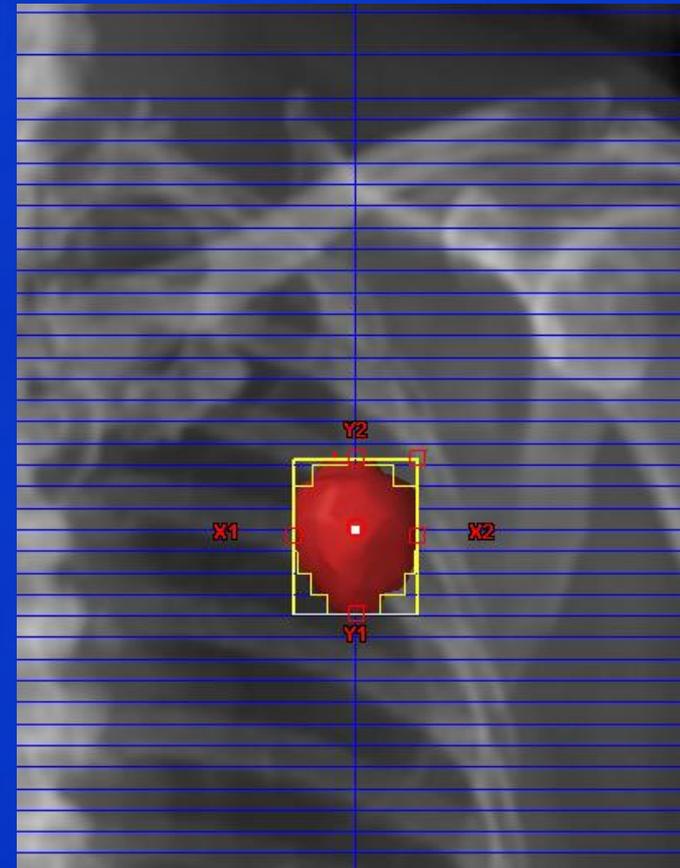


Figura 9. Margens PTV/MLC¹⁰

Carina Marques Coelho

Planeamento dosimétrico de tumores de pulmão

- SBRT

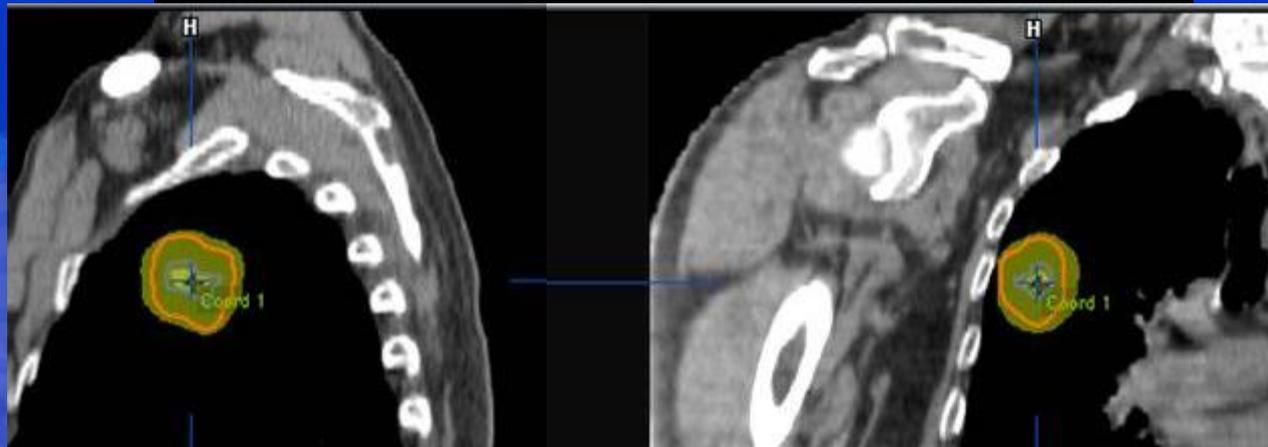
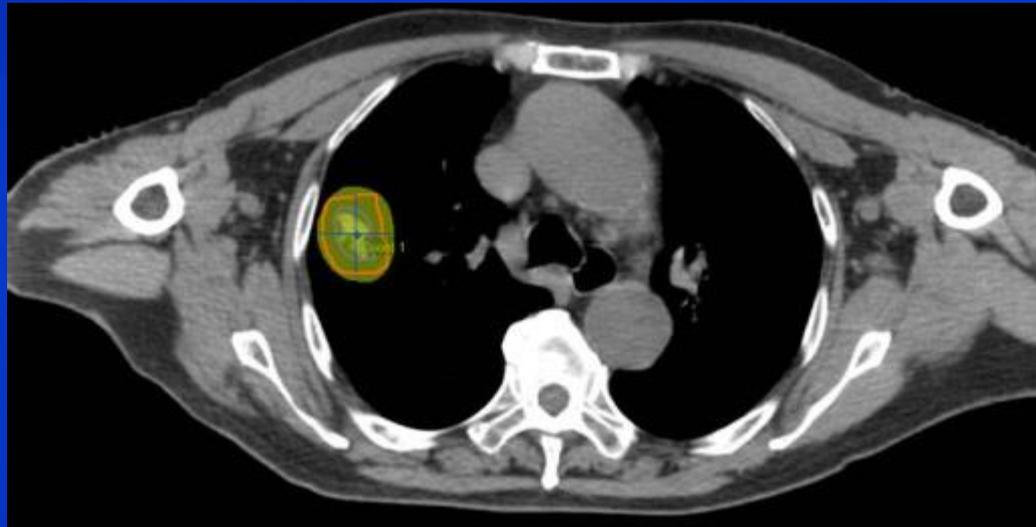


Figura 10. Cobertura do PTV pela isodose de prescrição de 80% (46Gy)¹⁰

Planeamento dosimétrico de tumores de pulmão



- **SBRT**

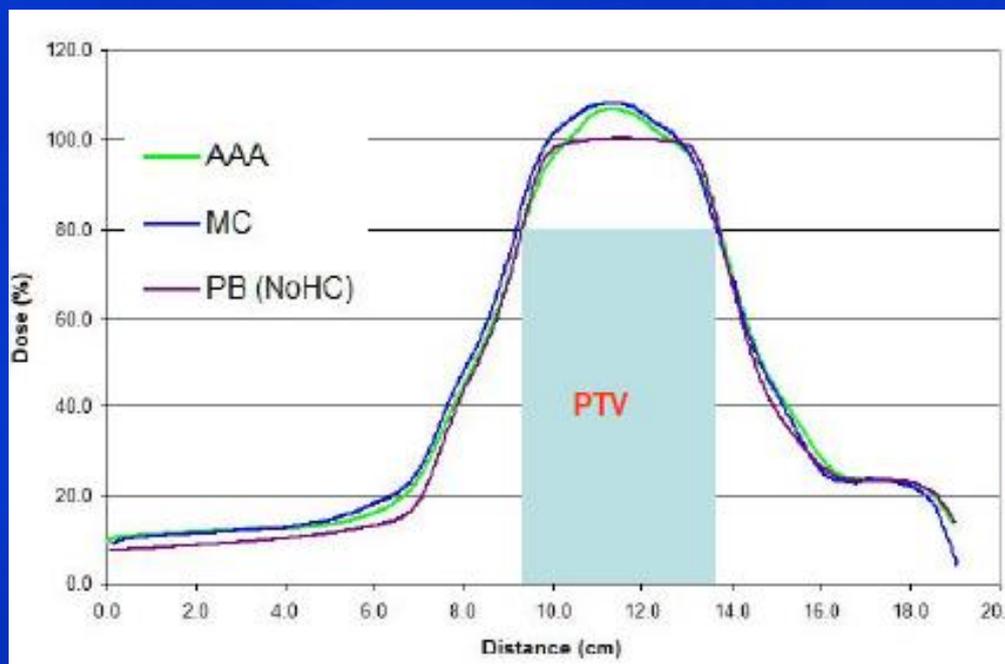
- O algoritmo mais aconselhado é o MC porque:
 - Torna as correcções mais consistentes⁹
 - Diminui as discrepâncias entre a dose calculada e a dose realmente administrada (importante devido aos elevados gradientes de dose e as margens reduzidas⁶), especialmente quando se utilizam técnicas de controlo de respiração⁴
- Apesar de o AAA apresentar igualmente resultados muito bons¹⁰



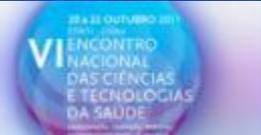
Planeamento dosimétrico de tumores de pulmão

- SBRT

Figura 11 e 12. Comparação da dose no PTV¹⁰



PTV	AAA-MC				
	AAA _{avr}	MC _{avr}	Diff _{max}	Diff _{min}	Diff _{avr} ±SD
V ₁₀₀ (%)	95.6	96.9	0.3	-2.3	-1.3±1.5
D _{mean} (%)	124.1	126.7	-0.3	-5.3	-2.6±1.7
R _{100%}	1.40	1.50	0.1	-0.1	-0.01±0.06
R _{50%}	4.10	4.19	-0.1	-0.2	-0.09±0.08



Referências Bibliográficas

1. Coordenação Nacional para as Doenças Oncológicas (ACS/Ministério da Saúde). Recomendações nacionais para o diagnóstico e tratamento do cancro do pulmão. Lisboa: CNDO; 2010.
2. National Comprehensive Cancer Network. NCCN Clinical practice guidelines in oncology: Non-small cell lung cancer version 3.2011. NCCN; 2011.
3. Beyzadeoglu M, Ozyigit G, Ebruli C. Basic radiation oncology. Berlim: Springer-Verlag; 2010. pp. 303-28.
4. Aarup LR, Nahum AE, Zacharatou C, Juhler-Nøttrup T, Knöös T, Nyström H et al. The effect of different lung densities on the accuracy of various radiotherapy dose calculation methods: Implications for tumor coverage. *Radiother Oncol.* 2009 Mar;91:405-14.
5. Fogliata A, Vanetti E, Albers D, Brink C, Clivio A, Knöös T et al. On the dosimetric behaviour of photon dose calculation algorithms in the presence of simple geometric heterogeneities: comparison with Monte Carlo calculations. *Phys Med Biol.* 2007 Feb;52:1363:85.
6. Panettieri V, Wennberg B, Gagliardi G, Duch MA, Ginjaume M, Lax I. SBRT of lung tumours: Monte Carlo simulation with PENELOPE of dose distributions including respiratory motion and comparison with different treatment planning systems. *Phys Med Biol.* 2007 Jun;52:4265:81.
7. Fotina I, Kragl G, Kroupa B, Trausmuth R, Georg D. Clinical Comparison of Dose Calculation Using the Enhanced Collapsed Cone Algorithm vs. a New Monte Carlo Algorithm. *Strahlenther Onkol.* 2011;187:433-41.
8. De Jaeger K, Hoogeman MS, Englesman M, Seppenwoolde Y, Damen EMF, Mijnheer BJ et al. Incorporating an improved dose-calculation algorithm in conformal radiotherapy of lung cancer: re-evaluation of dose in normal lung tissue. *Radiother Oncol.* 2003 Oct;69:1-10.
9. Slotman BJ, Solberg TD, Verellen D. Extracranial stereotactic radiotherapy and radiosurgery. New York: Taylor & Francis Group; 2006.
10. Gete E. Dosimetry for lung SBRT. BC Cancer Agency; 2011.



Obrigada pela atenção!



CarinaMarques@estesl.ipl.pt

Carina Marques Coelho

