

Notas de aula: Tecnologia em Radioterapia

Prof Luciano Santa Rita Oliveira

<http://www.lucianosantarita.pro.br>

E-mail: tecnologo@lucianosantarita.pro.br

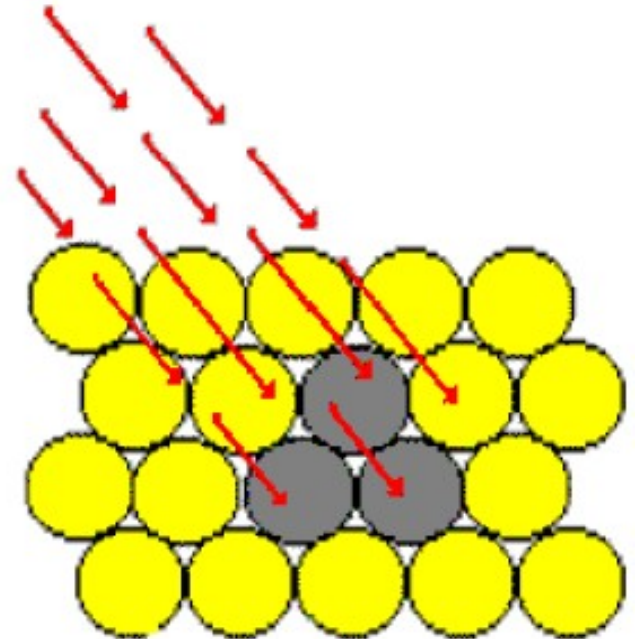
Tecnologias em radioterapia

- Conteúdo programático
 - Histórico da radioterapia
 - Câncer: Radiossensibilidade e radiocurabilidade
 - Tipos de radioterapia
 - Planejamento radioterápico
 - Técnicas de tratamento e cálculo de dose
 - Braquiterapia
 - Novas tecnologias em radioterapia
 - Normas CNEN em serviços de radioterapia

Histórico da radioterapia

- O que é radioterapia ?
 - A radioterapia é um tratamento empregado no combate ao câncer, que utiliza a radiação ionizante para destruir células tumorais ou impedir que elas se multipliquem.

Radiação ionizante



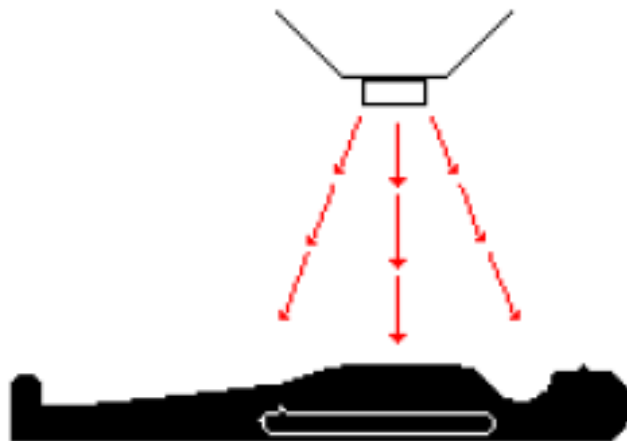
● Célula sadia
● Célula tumoral

Histórico da radioterapia

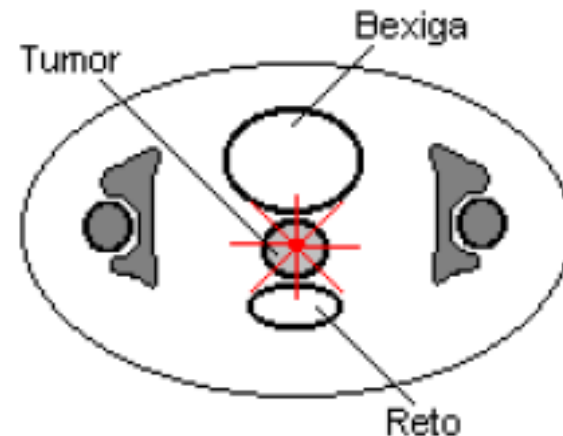
- Há dois tipos principais de radioterapia: a teleterapia e a braquiterapia.
- No primeiro caso, nem a fonte de radiação nem o aparelho que a emite ficam em contato direto com o paciente. Por isso, a radiação atinge, além do tumor, todos os órgãos e tecidos que estiverem no caminho.
- Já na braquiterapia, a fonte de radiação é colocada no interior do paciente, na região que deve receber o tratamento. É uma espécie de implante radioativo não-permanente. Sendo assim, o tumor recebe altas doses; enquanto que os tecidos sadios vizinhos, doses pequenas.

Histórico da radioterapia

TELETERAPIA



BRAQUITERAPIA



Fonte Radioativa

Corte transversal da região pélvica

Histórico da radioterapia

- 1895:

- ➔ descoberta do raio X pelo alemão Wilhelm Konrad Röntgen e as conseqüências de seu uso (como o aparecimento de dermatites semelhantes às provocadas pelo sol nas mãos dos que o manuseavam) levaram à pesquisa das propriedades biológicas dessa radiação e à possibilidade do seu uso com fins terapêuticos;
- ➔ Primeira tentativa de tratar uma recidiva local de um carcinoma de mama por Emil Grubbé (Chicago); (1 h de exposição por 18 dias). Obteve alguma melhora mas faleceu devido a metástases;

- 1896:

- ➔ Primeiro uso dos raios X para câncer de estômago por Victor Despeignes (Lyon - França);
- ➔ Irradiação de um tumor de pele em uma criança de 4 anos por Léopold Freund (Viena - Áustria);

- 1898: Marie e Pierre Curie: descoberta do polônio e do rádio.

Histórico da radioterapia

- 1900:

- ➔ Primeiro uso terapêutico do rádio para braquiterapia de pele pelo Dr. Danlos (Hospital Saint-Louis - Paris);

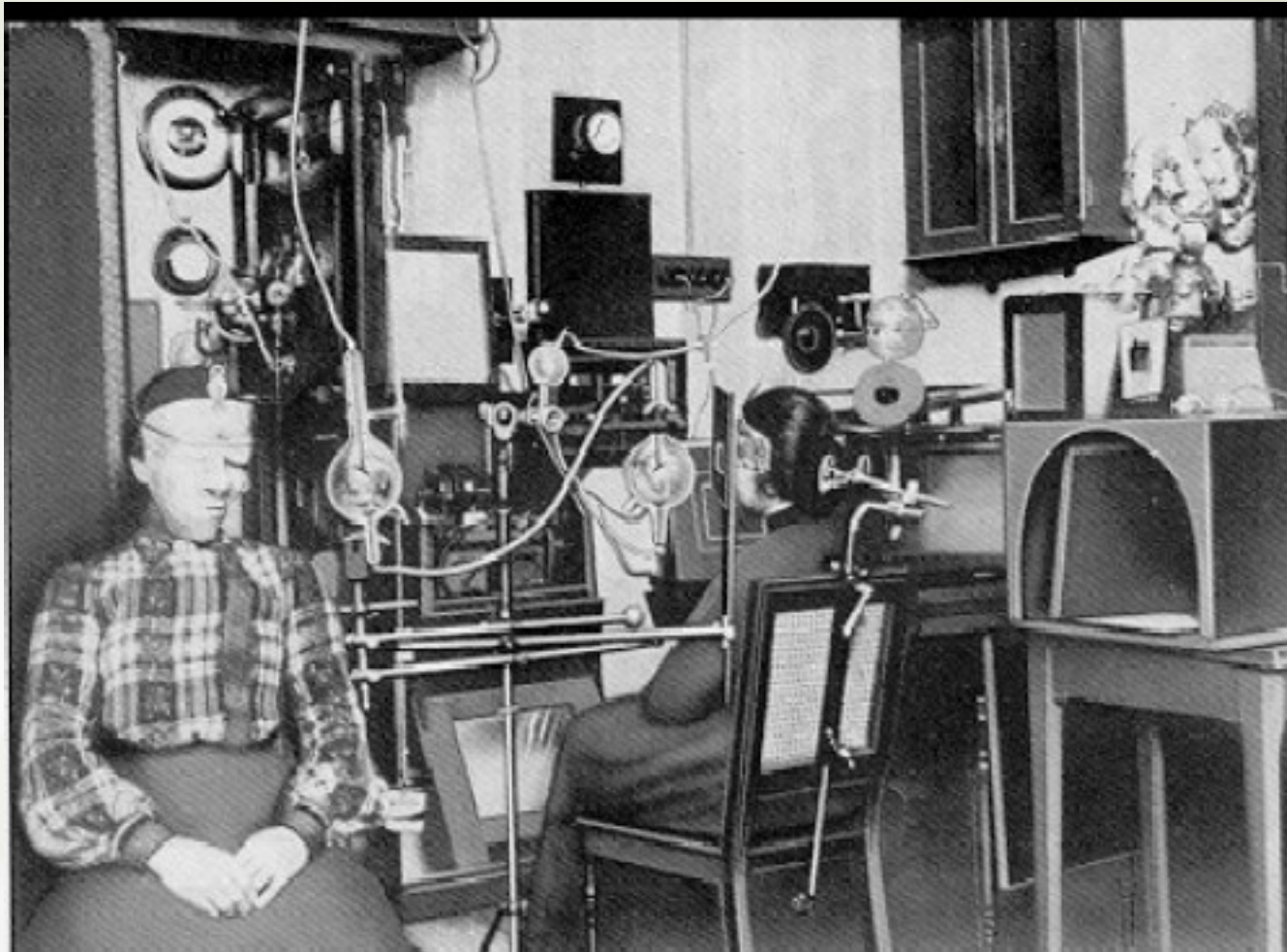
- 1903:

- ➔ Alexander Graham Bell escreveu: “Não há razão pela qual uma pequena quantidade de Radio (Ra), selada num tubo de vidro fino, não possa ser inserida bem no interior de um tumor maligno agindo assim diretamente sobre a lesão. Não valeria a pena se fazer experimentos ao longo dessa linha de pensamento ?”
- ➔ Primeira descrição científica do efeito da radioterapia nos linfonodos (Dr. Senn e Dr. Pusey)

- 1906:

- ➔ relacionado o tempo de exposição com a miliamperagem, gerando padronização do tratamento. Antes administrava-se tanta dose de radiação quanto se julgava o paciente ser capaz de suportar. O limite da dose era, geralmente, estabelecido pela tolerância da pele (dose eritema).

Histórico da radioterapia



Histórico da radioterapia

- 1910:

- ➔ Dr. Young usou radium intrauretral para um tratamento de câncer de próstata com resultados encorajadores.

- Década de 30:

- ➔ Progressos da física médica permitiram quantificar as doses de radiação e estabelecer uma relação entre quantidade e efeito biológico.

- ➔ distribuição não uniforme das fontes intersticiais de Ra: tabelas de dose a partir dos dados experimentais foram calculadas, dose dada na nova unidade → röntgen (R)

- ➔ Marie Curie morre de câncer radioinduzido (1934);

- ➔ passou-se também a utilizar filtração no feixe de raio X, no sentido de aumentar o seu alcance (melhora na qualidade do feixe), sendo possível iniciar a radioterapia em doses fracionadas.

- Anos 40:

- ➔ principais avanços da radioterapia: aparelhos até 300kVp, produção de novos radionuclídeos (ex: ^{60}Co) e desenvolvimento dos aceleradores lineares.

Histórico da radioterapia

- Década de 50:

- ➔ “Bombas” de ^{60}Co e ^{137}Cs . Desenvolvimento clínico e radiobiológico (Manchester, Paris, Estocolmo e Nova Iorque) - Esse acontecimento constituiu-se em uma revolução no emprego de radioterapia pela possibilidade de tratar lesões profundas sem efeitos significativos sobre a pele. Nessa época houve grande desenvolvimento e popularização dos aparelhos de cobaltoterapia;
- ➔ Primeiro equipamento de cobalto (Victoria Hospital - London, Ontario - Canadá) - 1951;
- ➔ Primeiro acelerador linear (Henry S. Kaplan in Stanford - California) - 1952;
- ➔ Após a Segunda Guerra Mundial, foi desenvolvida a tecnologia apropriada e a ideia de acelerar elétrons com a utilização de microondas para obtenção de altos níveis de energia (megavoltagem). A utilização dessa maneira de se obterem raios X de alta energia, com finalidade médica, foi rapidamente colocada em prática.

Histórico da radioterapia

- Década de 60:

- ➔ Inicialmente, os problemas com a exposição à radiação intimidaram muitos radioterapeutas da época. Durante as décadas de 1960 e 1970, houve uma grande diminuição da popularidade da braquiterapia. Isso aconteceu por causa da falta de oportunidades no treinamento em braquiterapia, do advento da teleterapia com o cobalto 60 e com os aceleradores lineares médicos e, ainda, por causa da idéia errônea de que a teleterapia poderia curar tudo. A braquiterapia chegou a ser considerada obsoleta pelos radioterapeutas.
- ➔ Sistema de Paris para braquiterapia com pós-carregamento (Bernard Pierquin): desenvolvido para implantes de fontes lineares longas como fios de ^{192}Ir .

Histórico da radioterapia

- Década de 80:

→ Surge um renovado interesse em todas as formas de braquiterapia, isolada ou associada com outras modalidades terapêuticas. Surgiram novos radioisótopos (alguns de baixa energia) e uma dosimetria refinada, com uma melhor distribuição de dose. Começou a se fazer uso também de computadores, da tomografia computadorizada e da ressonância magnética, melhorando a exatidão da braquiterapia com uma melhor delimitação dos tecidos normais e neoplásicos.

Câncer: Conceito

- Câncer:

- Doença caracterizada por uma população de células que cresce e se dividem sem respeitar os limites normais, invadem e destroem tecidos adjacentes, e podem se espalhar para lugares distantes no corpo, através de um processo chamado metástase.
- Estas propriedades malignas do câncer o diferencia dos tumores (neoplasias) benignos, que são auto-limitados em seu crescimento e não invadem tecidos adjacentes (embora alguns tumores benignos sejam capazes de se tornarem malignos).

Câncer: Conceito

- Câncer:

- O câncer é fundamentalmente uma doença genética. Quando o processo neoplásico se instala, a célula-mãe transmite às células filhas a característica neoplásica.
- É importante ressaltar que uma única mutação na célula não é suficiente para causar um câncer. Se, a cada mutação, as células do nosso corpo se tornassem cancerosas, a espécie humana não seria viável.
- Para que a célula se torne cancerosa é necessário que ocorra uma dezena de alterações em seqüências particulares de DNA, tornando assim, o processo bem restrito, embora uma única célula cancerosa possa progredir até uma neoplasia de alto grau.

Câncer: Fatores de risco

- Do ponto de vista epidemiológico, o termo **risco** é utilizado para definir a **probabilidade** de que indivíduos **sem** uma certa **doença**, mas **expostos** a determinados fatores, **adquiram** esta moléstia. Os **fatores** que se associam ao **aumento** do risco de se contrair uma doença são chamados **fatores de risco**.

Câncer: Fatores de risco

- Dois pontos devem ser enfatizados com relação aos fatores de risco:
 - ➔ primeiro, que o mesmo fator pode ser de risco para várias doenças (por exemplo, o tabagismo, que é fator de risco de diversos cânceres - pulmão, boca, laringe, mama - doenças cardíaco-vasculares e respiratórias);
 - ➔ segundo, que vários fatores de risco podem estar envolvidos na gênese de uma mesma doença, constituindo-se em agentes causais múltiplos.
- O estudo de fatores de risco, isolados ou combinados, tem permitido estabelecer-se relações de causa-efeito entre eles e determinados tipos de câncer.

Câncer: Fatores de risco

- São fatores de risco para o câncer:
 - ➔ Tabagismo
 - ➔ Alcoolismo
 - ➔ Hábitos alimentares
 - ➔ Hábitos sexuais
 - ➔ Fatores ocupacionais
 - ➔ Radiações
 - ➔ Medicamentos



Câncer: Fatores de risco

- Tabagismo:

- É **diretamente responsável** por **30%** das **mortes** por **câncer**.

- ♦ **90%** das **mortes** por **câncer de pulmão**;

- ♦ 25% das mortes por doença coronariana;

- ♦ 85% das mortes por doença pulmonar obstrutiva crônica; e

- ♦ 25% das mortes por doença cerebrovascular.

- Outras doenças que também estão relacionadas ao uso do cigarro são aneurisma arterial, trombose vascular, úlcera do aparelho digestivo, infecções respiratórias e impotência sexual no homem.

- Estima-se que, no **Brasil**, a cada ano, 200 mil pessoas **morram** precocemente **devido** às doenças causadas pelo **tabagismo**, número que não pára de aumentar.



Câncer: Fatores de risco

- Alcoolismo:

- ➔ Existe associação epidemiológica entre o consumo de álcool e cânceres da cavidade bucal e de esôfago.
- ➔ O uso combinado de álcool e tabaco aumenta ainda mais o risco de câncer nestas e em outras localizações, como a faringe e a laringe supraglótica.
- ➔ Além de agente causal de cirrose hepática, em interação com outros fatores de risco, como, por exemplo, o vírus da hepatite B, o alcoolismo está relacionado a 2 - 4% das mortes por câncer, implicado que está, também, na gênese dos cânceres de fígado, reto e, possivelmente, mama.



Câncer: Fatores de risco

- Hábitos alimentares:

- Os nitritos e nitratos usados para conservar pickles, salsichas e outros embutidos e alguns tipos de enlatados, se transformam em nitrosaminas no estômago que têm ação carcinogênica potente, são responsáveis pelos altos índices de câncer de estômago observados em populações que consomem alimentos com estas características de forma abundante e frequente;

- Alimentação pobre em fibras, com altos teores de gorduras e altos níveis calóricos (hambúrguer, batata frita, bacon etc.), está relacionada a um maior risco para o desenvolvimento de câncer de cólon e de reto.

- Em relação a cânceres de mama e próstata, a ingestão de gordura pode alterar os níveis de hormônio no sangue, aumentando o risco da doença.



Câncer: Fatores de risco

- Hábitos Sexuais:

- ➔ A promiscuidade sexual, a falta de higiene, a precocidade do início da vida sexual (antes dos 18 anos de idade), bem como a variedade de parceiros, tanto da mulher como do seu companheiro, **estão relacionados a um maior risco de câncer do colo uterino.**
- ➔ Alguns tipos de vírus com potencial carcinogênico que podem ser transmitidos sexualmente:
 - ❖ o herpesvírus tipo II e o papilomavírus (HPV) estão relacionados ao **câncer do colo uterino;**
 - ❖ o vírus HIV (Human Immunodeficiency Virus), **associado** a outros tipos de vírus, como o citomegalovírus e os herpesvírus I e II, pode desencadear o aparecimento de **sarcoma de Kaposi, câncer de língua e de reto,** respectivamente, **em pacientes portadores de AIDS;**
 - ❖ o vírus HTLV-I associa-se a **leucemias** e ao **linfoma** de linfócitos T;
 - ❖ o vírus da hepatite B relaciona-se ao **câncer de fígado.**

Câncer: Fatores de risco

- Fatores Ocupacionais:

- ➔ Algumas substâncias como o asbesto, encontrado em materiais como fibras de amianto ou cimento (câncer de pulmão ocorre com alta frequência entre os expostos ao amianto), as aminas aromáticas, usadas na produção de tintas e os agrotóxicos agem preferencialmente sobre a bexiga, enquanto os hidrocarbonetos aromáticos, encontrados na fuligem, parecem agir sobre as células da pele e sobre as vias respiratórias e pulmões.
- ➔ O benzeno, que pode ser encontrado como contaminante na produção de carvão, em indústrias siderúrgicas, e é usado como solvente de tintas e colas, atinge principalmente a medula óssea, podendo provocar leucemia.
- ➔ A falta de conhecimento sobre os riscos para a saúde e de informações político-econômicas que não priorizam o ser humano e sua preservação são fatores fundamentais para o aparecimento do câncer ocupacional.

Câncer: Fatores de risco

- Radiação:

- ➔ No Brasil, o câncer mais freqüente é o de pele, correspondendo a cerca de 25% de todos os tumores diagnosticados em todas as regiões geográficas. A radiação ultra-violeta natural, proveniente do sol, é o seu maior agente etiológico (os raios UV-C são potencialmente mais carcinogênicos do que os UV-B).
- ➔ Estima-se que menos de 3% dos cânceres resultem da exposição às radiações ionizantes. O risco de desenvolvimento de um câncer é significativamente maior quando a exposição dos indivíduos à radiação aconteceu na infância.

Câncer: radiosensibilidade e radiocurabilidade

- ***Radiosensibilidade:***

- É o grau e a velocidade de resposta dos tecidos à irradiação.
- Segundo Tribodeau e Bergonier a radiosensibilidade está associada à atividade mitótica da célula: por um lado, quanto mais indiferenciado e proliferativo o tecido, mais sensível à irradiação e, por outro, quanto mais diferenciado e estável, mais resistente.
- A radiosensibilidade também depende da origem do tecido: quanto mais sensível o tecido original, mais sensível o tecido derivado.

Câncer: radiosensibilidade e radiocurabilidade

- Radiocurabilidade:

- A possibilidade real de controlar um tumor com radioterapia, ou radiocurabilidade, depende de fatores que vão desde a sensibilidade intrínseca do tumor e do seu volume, até ao estado geral do doente, que faz variar a capacidade de recuperação dos tecidos normais.
- A localização tumoral nas imediações de estruturas vitais com baixa tolerância às radiações impede a administração de doses tumoricidas.

Câncer: radiosensibilidade e radiocurabilidade

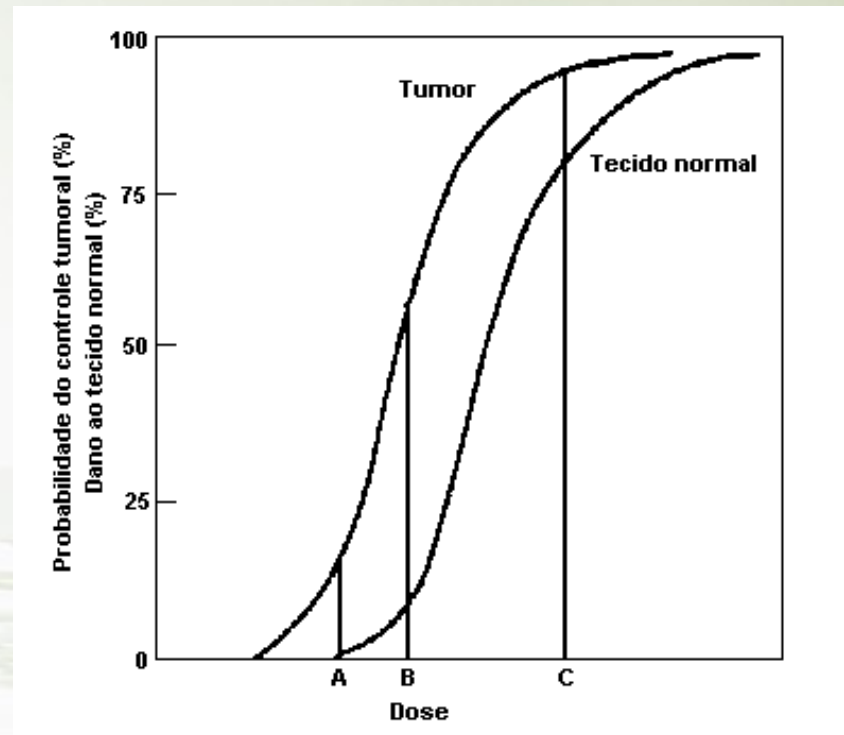
- É muito **difícil** estabelecer uma relação de causalidade entre radiosensibilidade e radiocurabilidade.
- Tumores de **resposta tardia à irradiação**, isto é, de regressão lenta após serem irradiados, podem **desaparecer** após certo tempo de tratamento (tumores de próstata) e tumores **agudamente responsivos** podem **repopular rapidamente** após uma "resposta completa" (carcinomas indiferenciados de pulmão).
 - ➔ **Carcinomas** são os cânceres que se originam nas células epiteliais (células que formam a superfície externa do corpo, delineiam as cavidades corporais e os principais tubos e passagens que levam ao exterior do corpo) - Ex: carcinoma estomacal (câncer gástrico), carcinoma basocelular (70% dos diagnósticos de câncer de pele);

Câncer: radiosensibilidade e radiocurabilidade

- Os tecidos normais tendem a repopular as regiões irradiadas com mais facilidade que os tumorais, embora os tumores também o façam.
- Como existem muito mais tecidos sãos do que tumorais nas regiões irradiadas, esta característica favorece o tratamento.
- Devido a vários defeitos metabólicos inerentes à sua atividade mitótica das neoplasias a regeneração tende a ser menos eficaz para danos subletais.
- Tecidos normais tendem a se recuperar entre duas aplicações, desde que haja um intervalo de ao menos 4 horas, enquanto que os tumorais tendem a demorar mais ou não o fazem.

Câncer: radiosensibilidade e radiocurabilidade

- Comparação entre a probabilidade de controle tumoral e os danos ao tecido normal para diferentes doses aplicadas.



Câncer: Situação no Brasil

- Em **2004**, o câncer foi a **segunda causa de morte feminina** no Brasil (15,1%), atrás apenas das doenças do aparelho circulatório, e a **terceira de morte masculina** (12,8%), depois das circulatórias, das causas externas e das mal definidas.
- Há **tipos predominantes de câncer** dependendo do desenvolvimento dos países. Mas o Brasil convive tanto com os **associados** ao **melhor** nível socioeconômico — mama, próstata e cólon/reto — quanto com os associados à **pobreza** — colo do útero, pênis, estômago e cavidade oral.

Câncer: Situação no Brasil

- Em **2008**, eram esperados 231.860 casos novos, para o sexo masculino, e 234.870 para o sexo feminino.
- Estimava-se que o **câncer de pele do tipo não melanoma** (115 mil casos novos) seria o **mais incidente** na população brasileira, **seguido** pelos tumores de próstata (49 mil), de mama feminina (49 mil), de pulmão (27 mil), de cólon e reto (27 mil), de estômago (22 mil) e de colo do útero (19 mil).

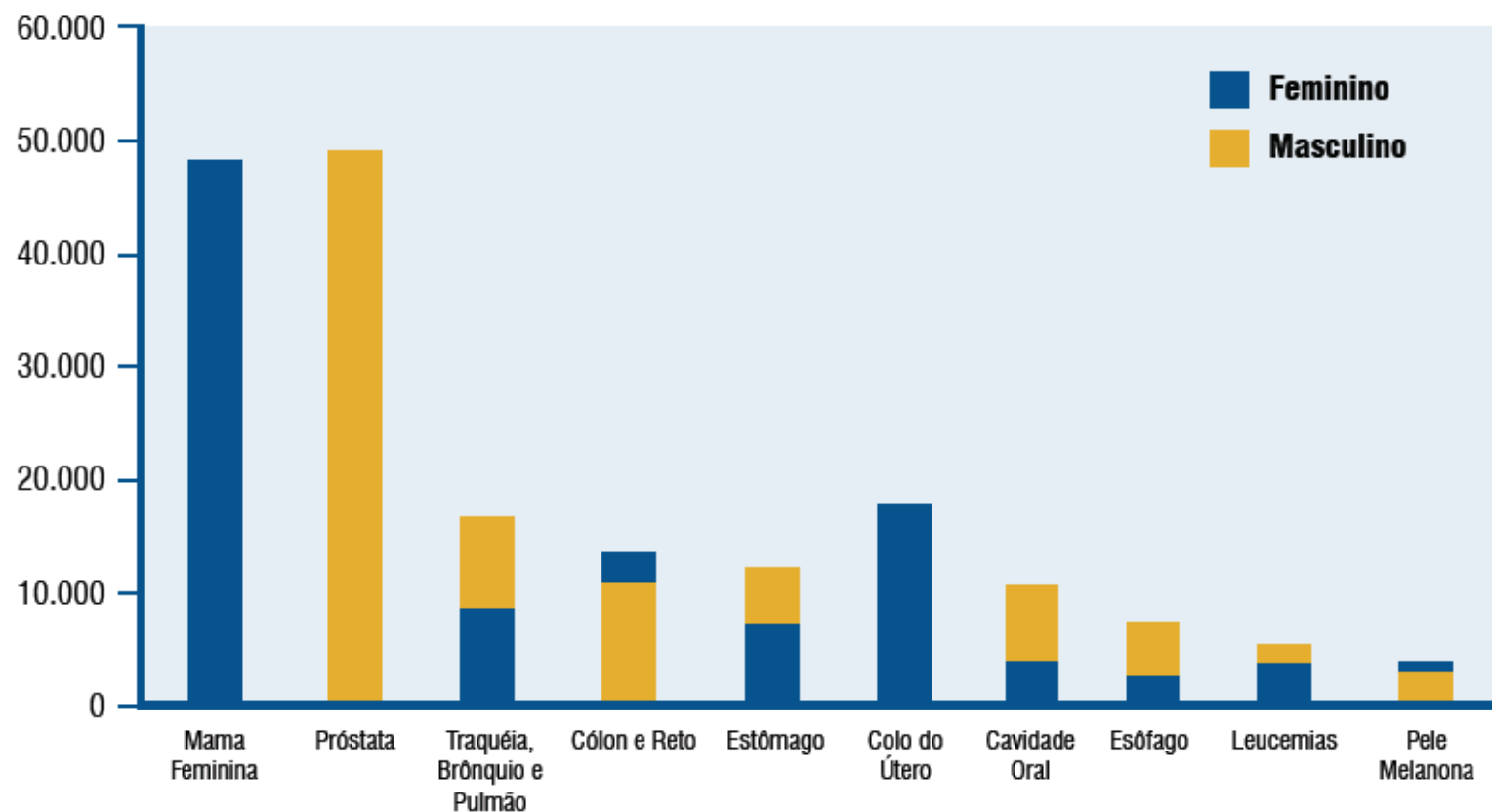
(Figura 1 - Estimativa 2008)

Câncer: Situação no Brasil

Figura 1

Tipos de câncer mais incidentes, estimados para o ano de 2008, na população brasileira, sem pele não melanoma.

Nº de Casos



Fonte: MS/Instituto Nacional de Câncer - INCA

Câncer: Situação no Brasil

- Os tumores mais incidentes para o sexo masculino -Tabela 4 Estimativa 2008 - seriam devidos ao câncer de pele não melanoma (56 mil casos novos), de próstata (49 mil), de pulmão (18 mil), de estômago (14 mil) e de cólon e reto (12 mil). Para o sexo feminino -Tabela 5_ Estimativa 2008 - destacam-se os tumores de pele não melanoma (59 mil casos novos), de mama (49 mil), de colo do útero (19 mil), de cólon e reto (14 mil) e de pulmão (9 mil).

Câncer: Situação no Brasil

Tabela 4

Estimativas, para o ano 2008, das taxas brutas de incidência por 100 mil e de número de casos novos por câncer, em homens, segundo localização primária.*

Localização Primária Neoplasia maligna	Estimativa dos Casos Novos			
	Estado		Capital	
	Casos	Taxa Bruta	Casos	Taxa Bruta
Próstata	49.530	52,43	13.990	67,81
Traquéia, Brônquio e Pulmão	17.810	18,86	5.150	24,91
Estômago	14.080	14,92	3.590	17,42
Cólon e Reto	12.490	13,23	4.360	20,99
Cavidade Oral	10.380	11,00	3.000	14,45
Esôfago	7.900	8,35	1.640	7,84
Leucemias	5.220	5,52	1.460	7,06
Pele Melanoma	2.950	3,09	830	3,80
Outras Localizações	55.610	58,87	17.010	82,32
Subtotal	175.970	186,29	51.030	246,97
Pele não Melanoma	55.890	59,16	13.230	64,02
Todas as Neoplasias	231.860	245,47	64.260	310,93

*Números arredondados para 10 ou múltiplos de 10.

Câncer: Situação no Brasil

Tabela 5

Estimativas, para o ano 2008, das taxas brutas de incidência por 100 mil e de número de casos novos por câncer, em mulheres, segundo localização primária.*

Localização Primária Neoplasia maligna	Estimativa dos Casos Novos			
	Estado		Capital	
	Casos	Taxa Bruta	Casos	Taxa Bruta
Mama Feminina	49.400	50,71	17.400	76,04
Colo do Útero	18.680	19,18	5.620	24,49
Cólon e Reto	14.500	14,88	5.450	23,80
Traquéia, Brônquio e Pulmão	9.460	9,72	3.070	13,49
Estômago	7.720	7,93	2.380	10,30
Leucemias	4.320	4,44	1.340	5,89
Cavidade Oral	3.780	3,88	1.140	4,83
Pele Melanoma	2.970	3,03	930	3,69
Esôfago	2.650	2,72	620	2,30
Outras Localizações	62.270	63,93	22.530	98,39
Subtotal	175.750	180,43	60.480	264,11
Pele não Melanoma	59.120	60,70	14.140	61,73
Todas as Neoplasias	234.870	241,09	74.620	325,77

*Números arredondados para 10 ou múltiplos de 10.

Câncer: 10 dicas para se proteger

1. **Pare de fumar!** Esta é a regra mais importante para prevenir o câncer.
2. Uma **alimentação saudável** pode reduzir as chances de câncer em pelo menos 40%. Coma mais frutas, legumes, verduras, cereais e menos alimentos gordurosos, salgados e enlatados. Evite gorduras de origem animal e algumas gorduras vegetais como margarinas e gordura hidrogenada.
3. **Evite** ou **limite** a ingestão de bebidas alcoólicas. Além disso, pratique atividades físicas moderadamente durante pelo menos 30 minutos, cinco vezes por semana.
4. É aconselhável que homens, orientem-se sobre a **investigação** do **câncer** da **próstata**.
5. Os **homens** acima de 45 anos e com histórico familiar de pai ou irmão com câncer de próstata antes dos 60 anos devem realizar consulta médica para investigação de câncer da próstata.
6. As **mulheres**, com 40 anos ou mais, devem realizar o exame clínico das mamas anualmente. Além disto, toda mulher, entre 50 e 69 anos, deve fazer uma mamografia a cada dois anos. As mulheres com caso de câncer de mama na família (mãe, irmã, filha etc, diagnosticados antes dos 50 anos), devem realizar o exame clínico e mamografia, a partir dos 35 anos de idade, anualmente.
7. As **mulheres** com idade entre 25 e 59 anos devem realizar exame preventivo ginecológico.
8. É **recomendável** que **mulheres** e **homens**, com 50 anos ou mais, realizem exame de sangue oculto nas fezes, a cada ano (preferencialmente), ou a cada dois anos.
9. No lazer, **evite** exposição prolongada ao sol, entre 10h e 16h, e use sempre proteção adequada como chapéu, barraca e protetor solar.
10. **Realize** diariamente a higiene oral (escovação) e consulte o dentista regularmente.

Tipos de equipamentos de Teleterapia

- Evolução
- Ortovoltagem
- Telecobalto
- Acelerador linear



Tipos de equipamentos de Teleterapia

- Até 1940 o radioterapeuta tinham pouca opção de escolha no tipo de fonte de radiação que era usado no tratamento do câncer;
- A maioria da terapia externa era dada com unidades de raio-X de ortovoltagem que tinham um potencial máximo de 250 kVp, poucos centros médicos tinham unidades de 400 kVp;
- Após a II Guerra Mundial vários desenvolvimentos significativos foram feitos nas máquinas de terapia.

Tipos de equipamentos de Teleterapia

- O papel da ortovoltagem nos primórdios da radioterapia externa
 - ➔ Os equipamentos de ortovoltagem, foram as primeiras máquinas utilizadas em larga escala para tratamentos de radioterapia externa.
 - ➔ Todos os padrões básicos de doses terapêuticas, fracionamentos, dosimetria e técnicas de localização foram obtidos a partir da experiência acumulada com a utilização desses equipamentos;
 - ➔ A ortovoltagem e a terapia superficial constituíram a base primária sobre a qual foram estabelecidos todos os princípios da radioterapia moderna.

Tipos de equipamentos de Teleterapia

- O papel da ortovoltagem nos primórdios da radioterapia externa



- Equipamento Stabilipan (Siemens)

Tipos de equipamentos de Teleterapia

- O papel da ortovoltagem nos primórdios da radioterapia externa
 - ➔ Eram tratadas lesões de pele ou até cerca de 3cm de profundidade, como, por exemplo, a irradiação preventiva dos quelóides operados, dos hemangiomas e dos carcinomas basocelulares.
 - ➔ Atualmente este tipo de irradiação vem sendo substituído pela eletronterapia, isto é, por feixes de elétrons com energia entre 4 e 10MeV, obtidos com aceleradores lineares. Com feixe de elétrons de 16MeV pode-se tratar lesões com até cerca de 5cm de profundidade.

Tipos de equipamentos de Teleterapia

- Funcionamento básico dos equipamentos de Ortovoltagem e Terapia Superficial
 - ➔ Os equipamentos de ortovoltagem e terapia superficial funcionam exatamente como um aparelho de raios x, gerando alta-voltagem de até 400KV, em alguns casos.
 - ➔ Há cerca de alguns anos companhias relançaram equipamentos de ortovoltagem, incorporando algumas novidades e dispositivos tecnológicos que não eram disponíveis na época.
 - ➔ Esses equipamentos não visam competir com os de feixes de elétron obtidos em aceleradores lineares de média e alta energia, mas estes equipamentos possuem custo elevado e manutenção especializada;
 - *Mas podem ser apropriados para funcionamento em cidades de menor porte e população.*

Tipos de equipamentos de Teleterapia

Telecobalto terapia: Histórico e evolução



Tipos de equipamentos de Teleterapia

- Telecobalto terapia: Histórico e evolução
 - ➔ Os equipamentos de cobaltoterapia desempenharam um papel fundamental no processo de evolução técnica da radiação externa.
 - ➔ O surgimento do cobalto 60 veio solucionar limitações e viabilizar técnicas de tratamento que consagraram a eficácia da teleterapia por mais de três décadas.
 - ➔ Fontes de cobalto-60 liberam fótons sob forma de raios γ com energias de 1,17MeV e 1,33MeV. Estas fontes são seladas, o material está confinado em cilindro metálico duplamente encapsulado.
 - ➔ Esta emissão gama são aproximadamente tão penetrantes quanto raios-X com uma energia de 3MeV.

Tipos de equipamentos de Teleterapia

- Telecobalto terapia: Histórico e evolução

- ➔ Alguns serviços mais antigos usavam fontes de cézio-137, que não são mais recomendadas devido a energia do feixe, e a maneira como este elemento é produzido.
- ➔ Os equipamentos de Cobalto 60 continuam desempenhando um papel de extrema importância. Devido a sua simplicidade de funcionamento e baixo custo de manutenção, esses equipamentos continuam sendo amplamente utilizados no mundo inteiro.

Tipos de equipamentos de Teleterapia

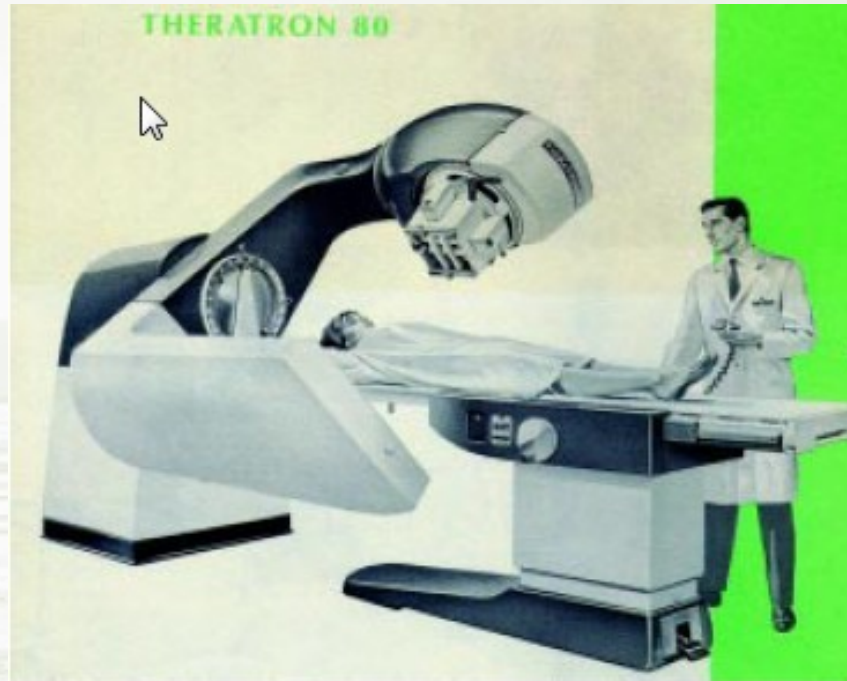
- Telecobalto terapia: Arquitetura e funcionamento

- ➔ “Gantry”, cabeçote e colimador:

- ❖ Gantry - base de fixação com dispositivo de movimentação isocêntrica ou de traslação vertical do cabeçote;
 - ❖ Cabeçote ou braço - peça construída em chumbo fundido, pesando aproximadamente 1.500 kg, onde estão localizadas o dispositivo de movimentação da fonte e o colimador;
 - ❖ Colimador - sistema composto de blocos móveis confeccionados em chumbo, urânio ou tungstênio, responsável pela delimitação do campo divergente de radiações.

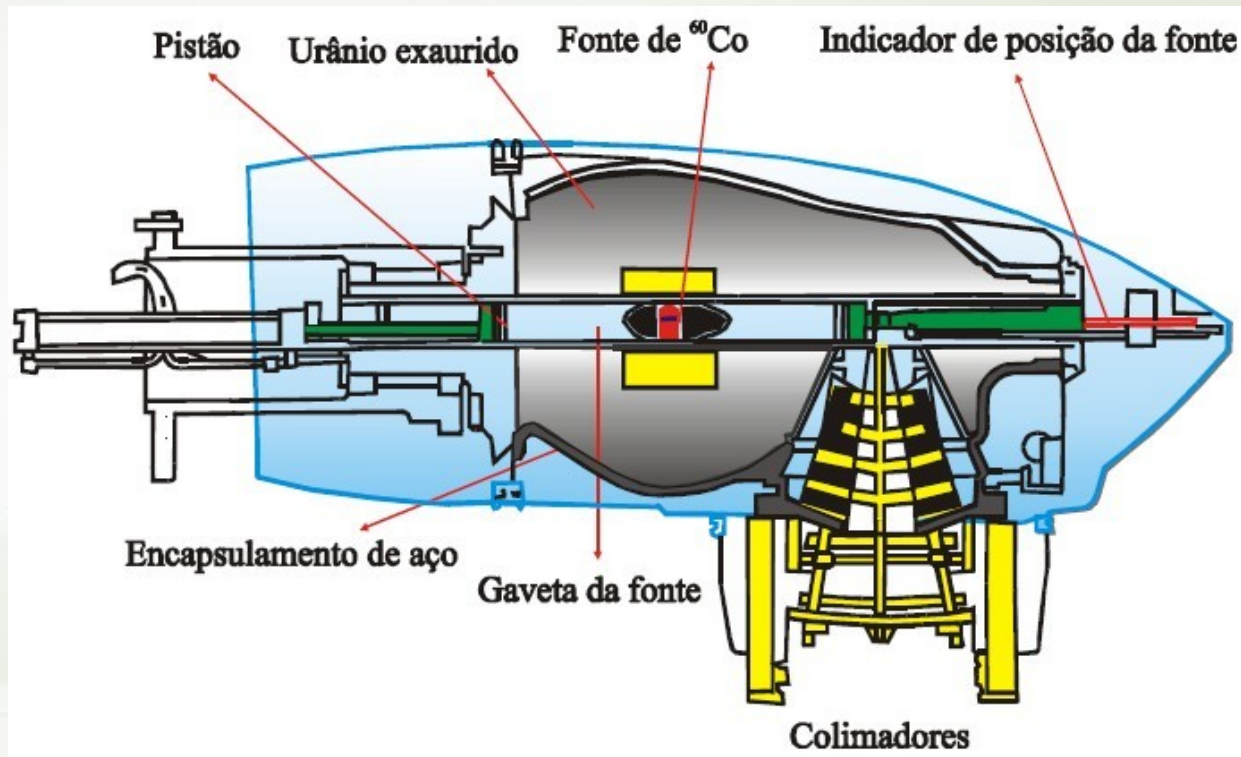
Tipos de equipamentos de Teleterapia

- Telecobalto terapia: Arquitetura e funcionamento
 - ➔ Gantry



Tipos de equipamentos de Teleterapia

- Telecobalto terapia: Arquitetura e funcionamento
 - Cabeçote de Co-60



Tipos de equipamentos de Teleterapia

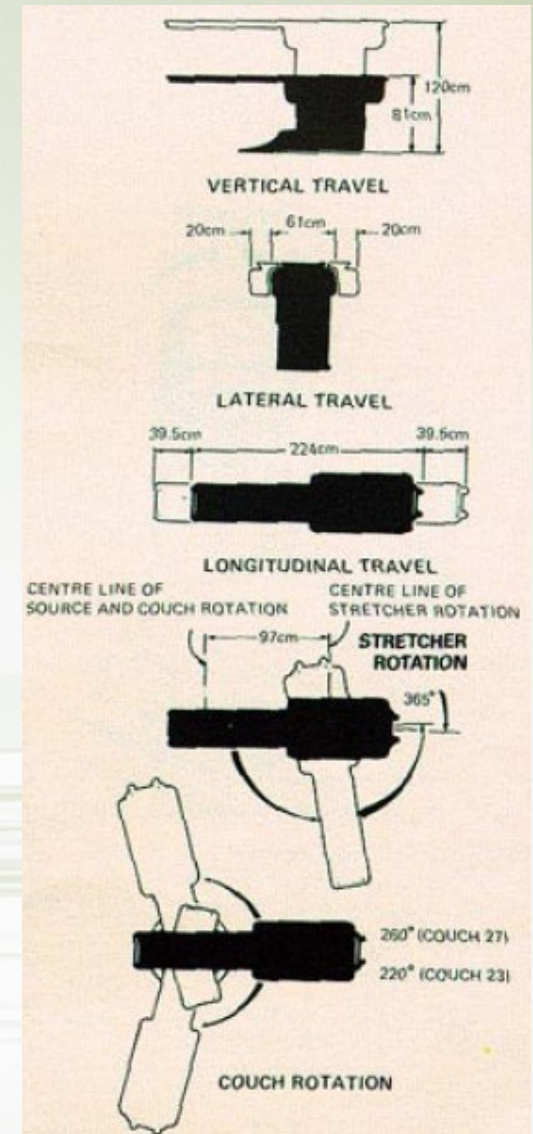
- Telecobalto terapia: consequência do decaimento radioativo
 - ➔ Depois de 5,24 anos, que é o valor de uma meia-vida, a exposição do paciente ao feixe demora o dobro do tempo em relação ao inicial para que seja atingida a mesma dose;
 - ➔ Isto acarreta uma chance maior do paciente mover-se, principalmente quando sente dores intensas, possibilitando que o tumor fique fora do campo de irradiação e não seja adequadamente tratado e também que partes sadias entrem no campo e sejam lesadas;
 - ➔ Desse modo, uma fonte de cobalto-60 de teleterapia deve ser trocada pelo menos a cada 8 anos.
 - ➔ Entretanto, deve ser dito que aparelhos de cobalto-60 necessitam de menos manutenção que os aceleradores lineares.

Tipos de equipamentos de Teleterapia

- Telecobalto terapia: Arquitetura e funcionamento

- ➔ Movimentos da mesa:

- ❖ Movimento de translação vertical ;
 - ❖ Movimento de translação longitudinal e lateral;
 - ❖ Movimento de rotação do tampo da mesa (“stretch rotation”);
 - ❖ Movimento de rotação do pé da mesa (“couch rotation”).



Tipos de equipamentos de Teleterapia

Telecobalto terapia: equipamento isocêntrico



Theratron 780 - AECL

Usando isocentro



Theratron 780C

Usando isocentro

Tipos de equipamentos de Teleterapia

- Telecobalto terapia: equipamento isocêntrico

- ➔ É um aparelho construído de tal forma que o braço gira em torno de um eixo central denominado eixo isocêntrico;
- ➔ Ao ser girado o aparelho aponta para um mesmo ponto, qualquer que seja a angulação utilizada. Este ponto é denominado isocentro e os tratamentos que utilizam esta característica são denominados tratamentos isocêntricos;
- ➔ Numa localização isocêntrica, o ponto central de interesse é o centro da lesão;
- ➔ Com o auxílio dos movimentos da mesa, o paciente é posicionado de forma que o ponto central de todos os campos coincida com o isocentro.

Tipos de equipamentos de Teleterapia

Aceleradores lineares



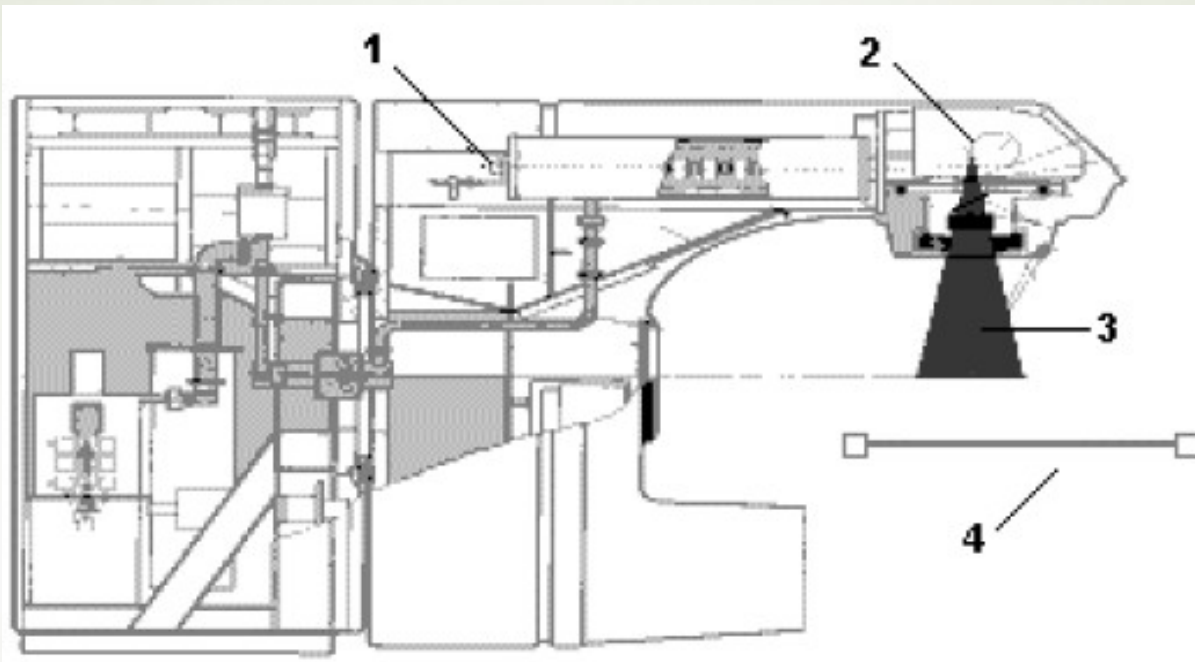
Tipos de equipamentos de Teleterapia

- Aceleradores lineares

- ➔ Estes aparelhos usam microondas para acelerar elétrons a grandes velocidades em um tubo com vácuo.
- ➔ Numa extremidade do tubo, os elétrons muito velozes chocam-se com um alvo metálico, de alto número atômico. Na colisão com os núcleos dos átomos do alvo, os elétrons são subitamente desacelerados e liberam a energia relativa a esta perda de velocidade.
- ➔ Parte desta energia é transformada em raios X de freamento, que tem energia variável na faixa de 1MeV até a energia máxima do elétron no momento do choque. Por exemplo, um acelerador linear que acelera elétrons até 10MeV, pode produzir raios X com energias entre 1 e 10MeV.

Tipos de equipamentos de Teleterapia

- Aceleradores lineares

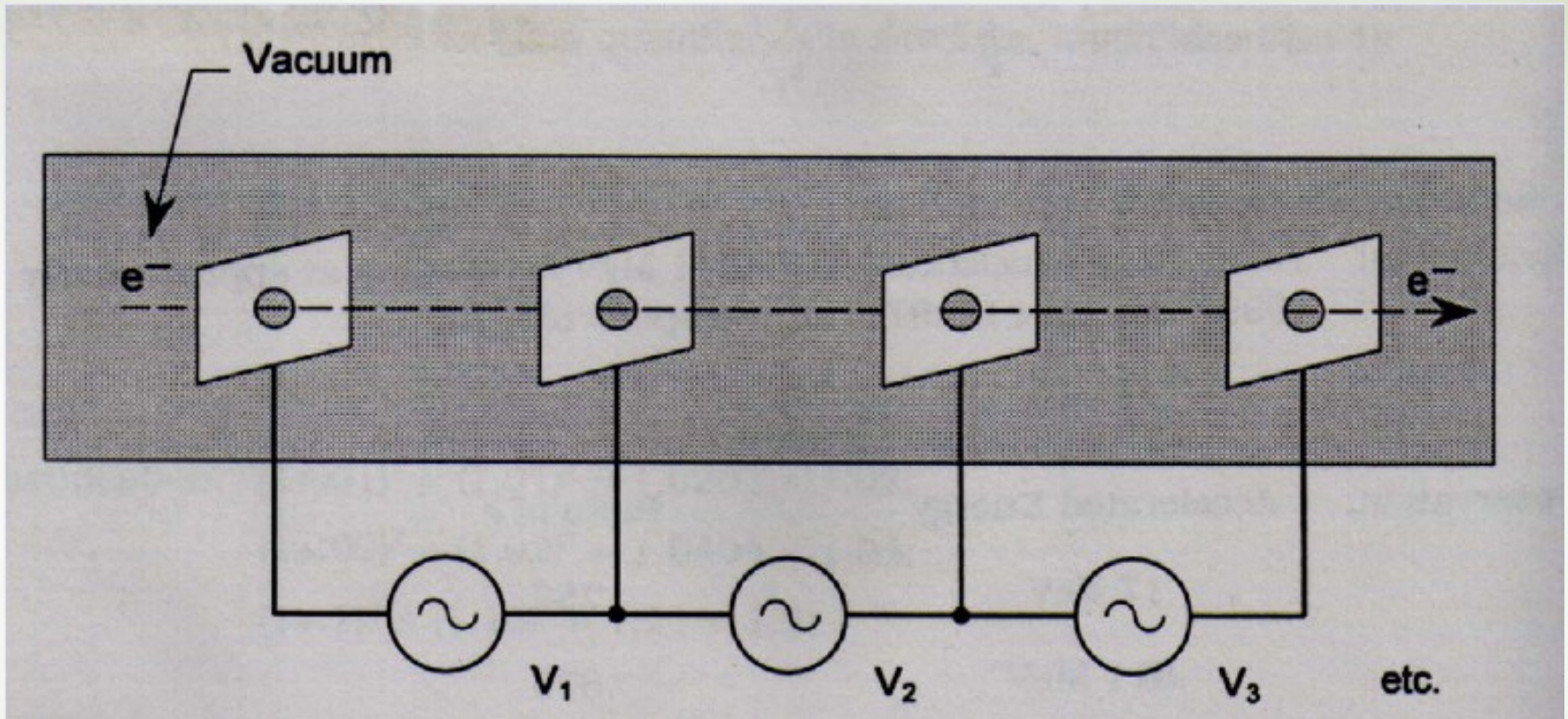


- Esquema

1. Fonte de elétrons
2. Alvo
3. Feixe de elétrons ou fótons
4. Mesa de tratamento

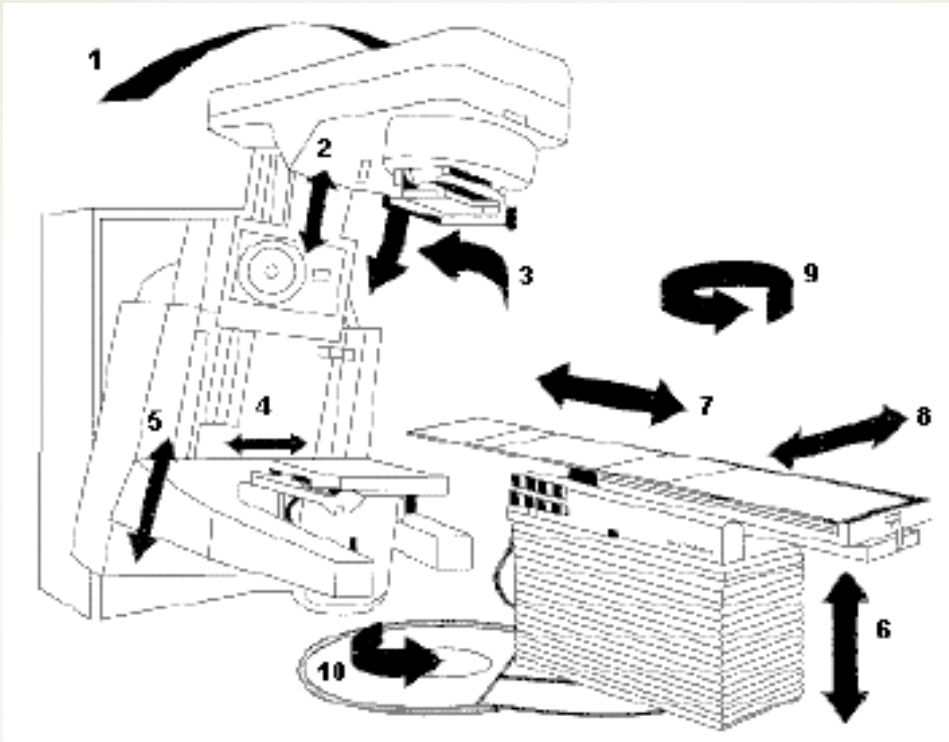
Tipos de equipamentos de Teleterapia

- Aceleradores lineares



Tipos de equipamentos de Teleterapia

- Aceleradores lineares



- Esquema

1. Rotação do braço
2. Distância foco-eixo
3. Rotação do colimador
4. Movimento lateral do intensificador de imagem (simulador)
5. Movimento longitudinal do intensificador de imagem (simulador)
6. Movimento vertical da mesa
7. Movimento longitudinal da mesa
8. Movimento lateral da mesa
9. Rotação da mesa no pedestal
10. Rotação da mesa no isocentro

Tipos de equipamentos de Teleterapia

- Aceleradores lineares

- ➔ Os aceleradores lineares podem gerar fótons de energia muito maior que os do cobalto- 60.
- ➔ Fótons de alta energia liberam menor dose na pele e nos tecidos sadios do paciente.
- ➔ Entretanto, os aceleradores lineares requerem potencial elétrico bastante estável, mais manutenção e pessoal mais habilitado para o seu funcionamento.

Tipos de equipamentos de Teleterapia

- Aceleradores lineares

- ➔ Alguns aceleradores lineares, como mencionado anteriormente, permitem que os elétrons atinjam diretamente o paciente, retirando-se o alvo de átomos pesados da frente do feixe.
- ➔ Os elétrons não penetram profundamente no tecido, liberando sua dose num intervalo que vai da pele até uma profundidade em torno de 5cm, com uma queda acentuada após esta profundidade.
- ➔ Os tratamentos com elétrons são adequados quando o órgão alvo é superficial com estruturas radiossensíveis ao seu redor, como, por exemplo, os linfonodos cervicais que têm a medula espinhal logo atrás e lesões infiltrativas de pele.

Planejamento radioterápico

- O planejamento de radioterapias apresenta muitas variáveis - diagnóstico, definição do volume, tamanho do campo - que dependem de cada caso.
- O planejamento deve levar em conta ainda a histologia, as vias de disseminação, os efeitos colaterais, a idade e estado geral do paciente, o estágio da doença, o prognóstico e os equipamentos disponíveis.
- Atualmente aplicativos computacionais para tratamento de imagens (tomografia computadorizada, ressonância nuclear etc.) auxiliam sobremaneira nesta tarefa.

Planejamento radioterápico

- Diagnóstico: 1ª etapa do planejamento
 - ➔ Uma vez que o tumor esteja histologicamente diagnosticado e mensurado, é feito um levantamento da história clínica do paciente e um exame físico minucioso que fornecem dados sobre a exposição a agentes cancerígenos, sintomas e sinais clínicos específicos e inespecíficos etc.
 - ➔ A seguir o médico escolhe o tipo de terapia que será usado para o tratamento. Dependendo da profundidade do tumor também é definida a qualidade (fótons ou partículas) da radiação administrada e o equipamento adequado dentre os disponíveis.

Planejamento radioterápico

- Diagnóstico

- ➔ As radiações eletromagnéticas (raios γ ou X) interagem com menos voracidade (baixa transferência linear de energia), alcançando **maior profundidade**.
- ➔ Em função disto, radiações de **partículas carregadas** são usadas para tratamentos superficiais e radiações **eletromagnéticas** são utilizadas para tratamentos mais profundos.

Planejamento radioterápico

- Volume a ser irradiado

- ➔ Aspecto mais importante é a definição com precisão do volume a ser irradiado;
- ➔ O mesmo engloba todo o volume tumoral e quantidade de tecido normal que pode conter extensão microscópica do tumor;
- ➔ A reprodutibilidade do tratamento, implementada através de fracionamentos diários com o posicionamento correto do paciente é outro fator relevante.

Planejamento radioterápico

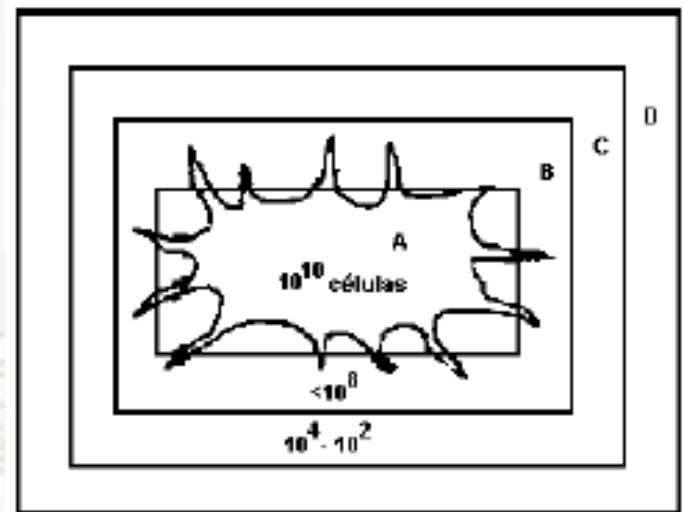
- Determinação do volume a ser irradiado

A) Tumor

B) Volume tumoral

C) Volume alvo

D) Volume de tratamento



Planejamento radioterápico

- Fracionamento de dose

- ➔ A reprodutibilidade do tratamento, implementada através de fracionamentos diários com o posicionamento correto do paciente é outro fator relevante.
- ➔ Com o uso de diversos campos de irradiação (ou feixe de fótons) entrando por diferentes locais do corpo, mas todos localizados no volume tumoral, obtém-se uma maior concentração da dose no tumor homogeneamente distribuída e uma diminuição da dose nas regiões adjacentes não tumorais.

Planejamento radioterápico

- Fracionamento de dose

- ➔ Desta forma, pode-se aplicar doses tumorílicas elevadas, enquanto se mantém em níveis toleráveis as doses nos tecidos sadios vizinhos ao tumor.
- ➔ No mínimo, são usados dois campos de irradiação, à exceção dos tumores superficiais que podem ser irradiados com feixes diretos. Quanto maior a dose curativa empregada, mais campos devem ser usados.

Planejamento radioterápico

- Fracionamento de dose

- ➔ A fim de facilitar o uso de múltiplos feixes, muitos aparelhos giram em torno de um eixo chamado isocentro.
- ➔ Colocando-se o centro do volume tumoral no isocentro, torna-se fácil dirigir todos os campos para o tumor e girar a máquina de uma posição de entrada para a próxima.
- ➔ A escolha da técnica de tratamento deve ser feita conjuntamente pelo radioterapeuta e por um físico radiológico treinado.

Planejamento radioterápico

- Tamanho do campo

- ➡ Feito o diagnóstico e escolhida a terapia e a qualidade da radiação, determina-se o **campo** de irradiação, a **área** da **superfície** do paciente que se pretende irradiar.
- ➡ A escolha do tamanho do campo **depende** da dimensão do tumor e do volume a ser irradiado.

Planejamento radioterápico

- Exemplo de tratamento

- ➔ Patologia: Câncer de pulmão.
- ➔ Diagnóstico geral: História clínica do paciente e exame físico. Diagnóstico histológico através de exame citológico de escarro, broncoscopia com biópsia, punção transtorácica por agulha orientada por tomografia computadorizada etc.
- ➔ Tratamento: Depende dos estágio clínico do tumor: cirurgia, radioterapia, radioterapia pré-operatória, radioterapia pós-operatória e quimioterapia.

Planejamento radioterápico

- Exemplo de tratamento

- ➔ Radioterapia:

- ◆ Dose total geralmente de 50 a 60 Gy, com fracionamento diários de 2.0 Gy, cinco vezes por semana.
 - ◆ Técnica mais usual é com dois campos paralelos e opostos com proteção na medula espinhal. O tamanho dos campos varia de acordo com o tamanho do paciente e a extensão da lesão.

Planejamento radioterápico

- Simulação para o tratamento

- ➔ Uma vez determinada a dose a ser administrada, a qualidade da radiação e o tipo de equipamento a ser utilizado, a região e o tamanho do campo de irradiação são definidas através de imagens de diagnóstico (tomografia e ressonância).
- ➔ Físico e médico fazem, na pele do paciente, uma marcação (tatuagem) preliminar da área a ser irradiada.

Planejamento radioterápico

- Simulação para o tratamento
 - ➔ O paciente é levado a um simulador (máquina de raios-X de diagnóstico com as mesmas características do aparelho de terapia) e radiografado exatamente na posição em que será tratado.
 - ➔ A partir da radiografia é feita a marcação definitiva do local a ser irradiado.

Planejamento radioterápico

- Simulação para o tratamento



Planejamento radioterápico

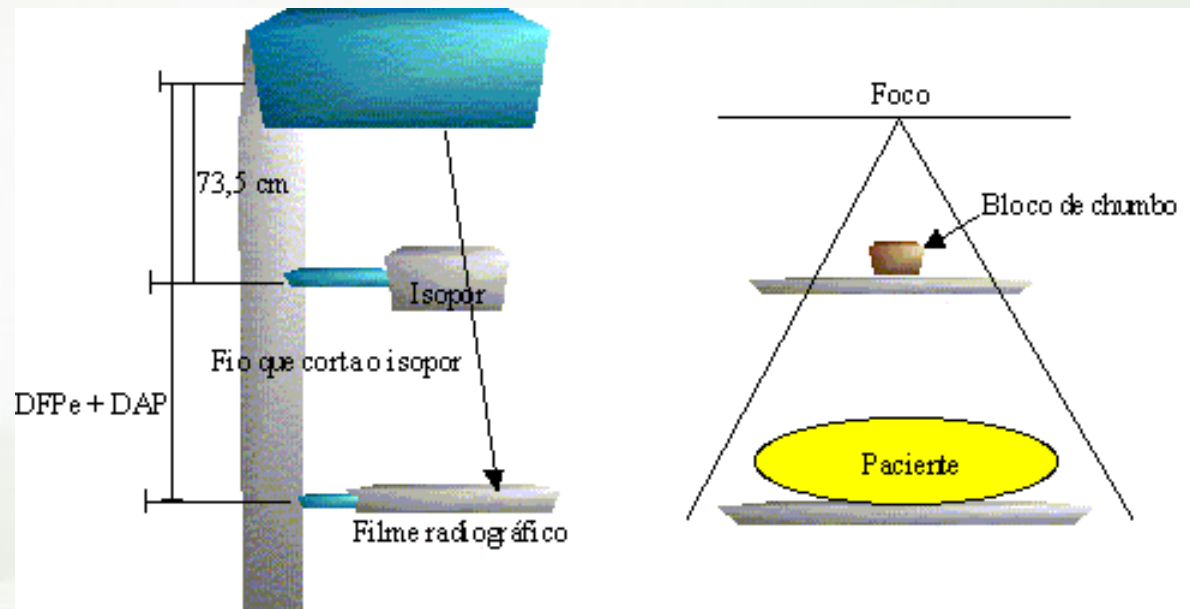
- Colimadores

- ➔ Colimadores são utilizados quando deseja-se proteger regiões e órgãos críticos.
- ➔ Colimadores são de materiais que absorvem a radiação (geralmente de chumbo), impedindo-a de atingir o paciente.
- ➔ As regiões a serem protegidas são desenhadas na radiografia, que serve de referência para a confecção de um molde de isopor que é utilizado para produzir o definitivo em chumbo.

Planejamento radioterápico

- Confecção de moldes

→ *Confecção de moldes de isopor para fabricação de protetores de chumbo.*



Planejamento radioterápico

- Colimadores

- ➡ Para a confecção do molde de isopor utiliza-se um cortador que consiste de um fio metálico através do qual passa uma corrente elétrica, aquecendo-o.
- ➡ Este fio segue uma trajetória equivalente à projeção do feixe de radiação até o paciente.
- ➡ O isopor é posicionado a uma distância da origem do fio que é a mesma em que será posicionada a bandeja em relação ao foco de radiação no equipamento de teleterapia (73,5 cm).

Planejamento radioterápico

- Técnicas de tratamento

- ➔ A radioterapia convencional tem como objetivo danificar ao máximo as células tumorais e conservar o tecido sadio.
- ➔ Um **índice terapêutico** favorável é obtido quando as células malignas perdem sua clonogenicidade ao mesmo em tempo que se preservam ao máximo os tecidos normais.
 - *Obs.: Índice terapêutico* é uma comparação entre a quantidade de um agente terapêutico necessária para causar um efeito terapêutico e a quantidade que causa efeitos tóxicos

Planejamento radioterápico

- Técnicas de tratamento
 - ➡ A perda da clonogenicidade, do ponto de vista radiobiológico, se dá quando a célula proliferante perde a capacidade de produzir novas gerações a partir da sétima mitose.

Planejamento radioterápico

- Técnicas de tratamento

- ➔ Para atingir este objetivo são em geral aplicadas as seguintes técnicas:

- ♦ Fracionamento.
 - ♦ Campo direto
 - ♦ Campos paralelos e opostos
 - ♦ Três campos
 - ♦ Quatro campos

Planejamento radioterápico

- Técnicas de tratamento

- ➔ Fracionamento:

- ◆ A reprodutibilidade do tratamento, implementada através de fracionamentos diários com o posicionamento correto do paciente até atingir a dose total calculada. (já analisado no planejamento radioterápico)

Planejamento radioterápico

- Técnicas de tratamento

- ➔ Campo direto

- ◆ A região escolhida é irradiada a partir de apenas um campo de irradiação. É utilizada geralmente para tratamentos superficiais ou para regiões mais profundas desde que a radiação não afete órgãos críticos no seu trajeto até o volume alvo.

- ➔ Campos paralelos e opostos

- ◆ O tumor é irradiado a partir de dois campos opostos (180°). É uma técnica empregada, por exemplo, para o tratamento dos dois terços superiores do esôfago, poupando a medula espinhal, e para os pulmões.

Planejamento radioterápico

- Técnicas de tratamento

- ➔ Três campos

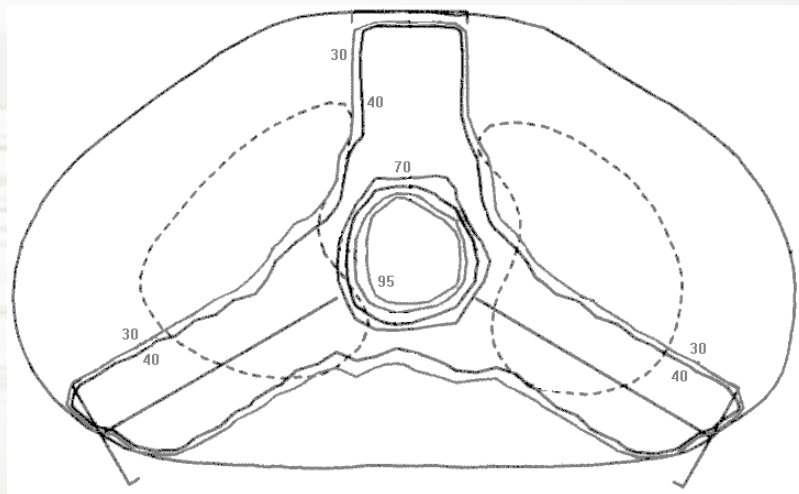
- ◆ Os campos de radiação são dispostos em forma de "Y" ou "T".
Exemplos de utilização desta técnica são para os dois terços inferiores do **esôfago**, visando **minimizar** ao máximo o **efeito** sobre o tecido **pulmonar** normal dentro do volume irradiado, e para **poupar** a medula espinhal em terapias na região da medula.

Planejamento radioterápico

- Técnicas de tratamento

- ➔ Três campos (cont.)

- ◆ Esquema de tratamanto do esôfago com três campos em Y com feixe de raios-X obtido com um acelerador linear de 6 MeV. Os campos anterior, póstero-direito e póstero-esquerdo têm todos 5cm x 15 cm, distância foco-superfície de 100 cm e separação de 120 graus. *Estão inclusas correções para a região pulmonar.*



Planejamento radioterápico

- Técnicas de tratamento

- ➔ Quatro campos

- ◆ Os campos de irradiação são dispostos em forma de "+" ou "x". É utilizada no tratamento do câncer de próstata e colo de útero.
 - ◆ No tratamento do colo do útero esta técnica permite excluir a parede posterior do reto e a parede anterior da bexiga poupando estas regiões da irradiação, à qual são extremamente radiosensíveis.

Planejamento radioterápico

- Cálculo da dose: Curvas e cartas de Isodose
 - ➔ Para auxiliar na visualização da dose no volume do tumor e no seu entorno são utilizadas as cartas de isodose, que são mapas da distribuição da dose dentro do paciente.
 - ➔ As cartas de isodose são formadas por curvas de isodose, que são linhas que ligam os pontos de mesma dose.

Planejamento radioterápico

- Cálculo da dose: Curvas e cartas de Isodose

- ➔ As cartas de isodose são função

- da forma e da área do campo de irradiação,
- da distância foco-superfície e
- da qualidade da radiação.

- ➔ Para o cálculo da dose é indispensável o uso da carta de isodose.

- ➔ A partir destes dados é possível saber, com precisão, a quantidade de radiação que está sendo absorvida pela região irradiada.

Planejamento radioterápico

- Cálculo da dose: Curvas e cartas de Isodose

- As curvas são obtidas experimentalmente sempre com um feixe que incide perpendicularmente a um plano.
- Para confeccionar estes mapas, que representam a distribuição da dose no corpo humano, o material utilizado tem que possuir densidade 1 g/cm^3 que, em média, é uma boa aproximação para a densidade do corpo humano.

Planejamento radioterápico

- Cálculo da dose: Curvas e cartas de Isodose
 - ➔ Um procedimento experimental que pode ser utilizado para se obter as curvas de isodose é realizado utilizando-se um tanque de acrílico cheio de água e medindo-se a dose em vários pontos ao longo e transversalmente ao eixo central do campo, em relação à dose máxima na profundidade de equilíbrio eletrônico no eixo central.

Planejamento radioterápico

- Cálculo da dose: Curvas e cartas de Isodose
 - Equilíbrio eletrônico

	1ª mm	2ª mm	3ª mm	4ª mm	5ª mm	6ª mm	7ª mm	8ª mm
A	6	9	25	60				
B		6	9	25	60			
C			6	9	25	60		
D				6	9	25	60	
E					6	9	25	60
Total de ionizações por mm	6	15	40	100	100	94	85	60

Planejamento radioterápico

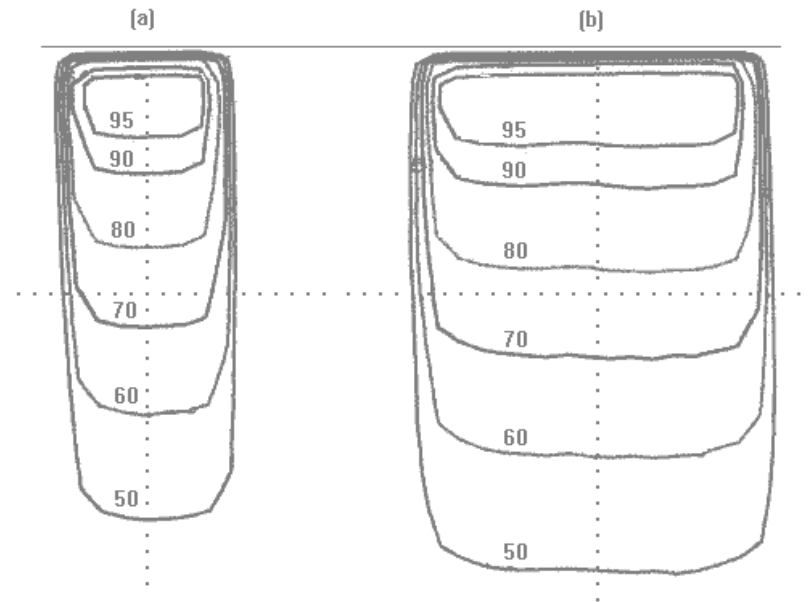
- Cálculo da dose: Curvas e cartas de Isodose

- ➔ Equilíbrio eletrônico

- ◆ Fótons que interagem no primeiro milímetro **(A)** liberam elétrons que por sua vez provocam outras ionizações à medida que perdem energia.
 - ◆ O mesmo acontece com fótons que interagem no segundo **(B)**, terceiro **(C)**, quarto **(D)** e quinto **(E)** milímetro, com o respectivo deslocamento do número de elétrons produzidos em função da profundidade.
 - ◆ A última linha apresenta a soma das distribuições de elétrons, que cresce até o quarto milímetro, atingindo um máximo e decrescendo a seguir.

Planejamento radioterápico

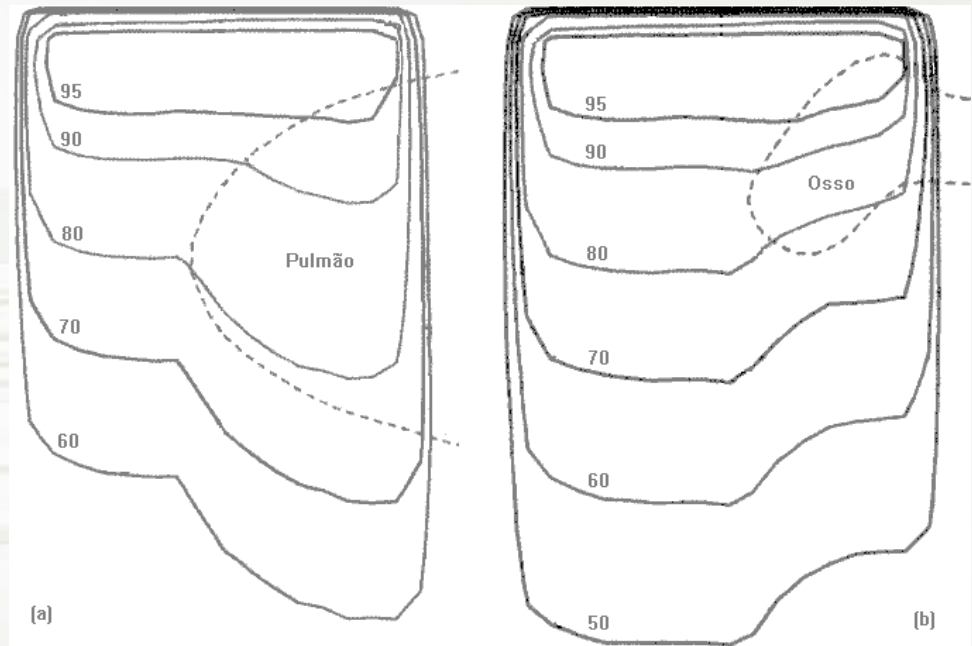
- Cálculo da dose: Curvas e cartas de Isodose
 - ➔ Cartas de isodose para feixes de raios-X produzidos em acelerador linear de 6 MeV para diferentes tamanhos de campo e a mesma distância foco-superfície. Em (a) o campo é 5cm x 5cm; em (b) é 10cm x 10cm.



Planejamento radioterápico

- Cálculo da dose: Curvas e cartas de Isodose

- ➔ As cartas de isodoses padrões devem ser **corrigidas** para compensar a **presença** de tecidos de diferentes densidades. Em (a), com a presença de um pulmão, menos denso que a água; em (b), com a presença de osso, mais denso que a água.



Planejamento radioterápico

- Cálculo da dose: Build Up (Empilhamento)
 - ➔ Quando fótons ou partículas capazes de produzir ionização interagem com a matéria transferem sua energia para as partículas ionizadas (elétrons) e estas partículas passam a interagir com o meio depositando nele uma dose D_m .
 - ➔ A perda de energia por unidade de distância percorrida dentro do absorvedor (dE/dx) por uma partícula carregada, é inversamente proporcional à velocidade da partícula: $dE/dx \propto 1/v$.

Planejamento radioterápico

- Cálculo da dose: Build Up (Empilhamento)
 - ➔ Portanto durante o percurso da partícula ionizante, a **densidade** de **ionização** crescerá até atingir um valor máximo próximo ao seu alcance máximo.
 - ➔ Este padrão de ionização é o mesmo para todas as partículas carregadas, diferindo apenas quanto ao alcance.

Planejamento radioterápico

- Cálculo da dose: Build Up (Empilhamento)
 - ➔ Os fótons interagem com a matéria, produzindo elétrons por ionização.
 - ➔ A fluência de elétrons e a dose absorvida pela matéria **aumentam** com a profundidade até um certo ponto, diminuindo à medida que os fótons são absorvidos.

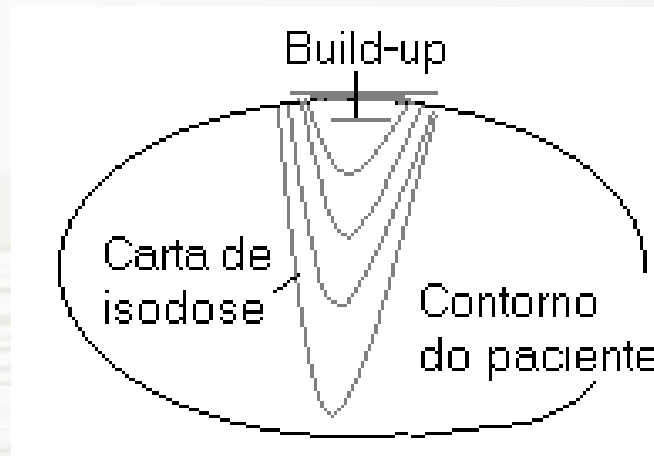
Planejamento radioterápico

- Cálculo da dose: Build Up (Empilhamento)
 - ➔ Em consequência disto a dose absorvida inicialmente aumenta com a profundidade, atingindo um máximo a partir do qual passa a decrescer.
 - ➔ A região entre a superfície irradiada e a profundidade onde a dose atingiu o valor máximo é chamada de região de **build-up** (acúmulo).

Planejamento radioterápico

- Cálculo da dose: Build Up (Empilhamento)

➔ *A espessura da região de build-up é denominada espessura de equilíbrio eletrônico. Além deste ponto a dose decresce pela atenuação e inversamente ao quadrado da distância.*



Planejamento radioterápico

- Execução do Planejamento

- ➡ Funções do Físico

- ◆ Determinar quanta radiação está sendo produzida por uma dada máquina de terapia sob condições padrão, isto é, para calibrar a máquina. A calibração inclui determinação da dose que o equipamento é capaz de fornecer bem como a dose no volume que está sendo irradiado sob diferentes condições de operação.
 - ◆ Calcular a dose a ser administrada ao tumor e qualquer tecido normal no paciente. Isto não é fácil, e muitos departamentos de radioterapia usam computadores para ajudar nesta tarefa.
 - ◆ Os cálculos levam em conta as irregularidades na forma do paciente e não uniformidades dentro do paciente tais como ossos e espaços com ar (p.ex, os pulmões).
 - ◆ Responsabilizar-se pelos procedimentos de radioproteção.

Planejamento radioterápico

- Execução do Planejamento

- ➔ Funções do técnico em radioterapia

- ➔ Os técnicos tem a tarefa de posicionar o paciente de modo que a área irradiada seja exatamente aquela determinada pelos médicos.
 - ➔ Um bom tratamento tem como um de seus fatores principais a sua reprodutibilidade diária, e por isso os técnicos tem uma participação de suma importância neste processo.
 - ➔ Os técnicos também podem ter a incumbência de ajustar corretamente a dose determinada pelo físico no aparelho que ele esta operando.

Braquiterapia

- Princípios

- ➡ Um dos princípios da radioterapia é tratar o volume tumoral, ou o local onde este se encontra, preservando ao máximo as estruturas normais vizinhas.
- ➡ É a terapia de curta distância onde, uma fonte encapsulada ou um grupo destas fontes são utilizadas para liberação de radiação β ou γ a uma distância de poucos centímetros do volume tumoral.
- ➡ É possível irradiar-se volumes alvo muito pequenos com uma alta dose, pois conforme nos distanciamos do elemento radioativo a dose decai rapidamente, poupando-se portanto as estruturas normais vizinhas.
- ➡ Pode ser utilizada como um acréscimo de dose local após radioterapia externa, ou como um tratamento exclusivo, dependendo da doença.

Braquiterapia

- Vantagens

- ➔ Alta dose ao tumor X baixa dose aos tecidos circunjacentes;
- ➔ Curta duração do tratamento;
- ➔ Como o elemento radioativo é colocado em proximidade ou dentro do órgão a ser tratado, podem ser utilizados elementos radioativos específicos, de pequeno tamanho e formas variadas, sendo os mesmos colocados na posição de tratamento através de guias (cateteres ou aplicadores).
- ➔ Com o desenvolvimento dos sistemas computadorizados, possibilitou o sistema remote afterloading .

Braquiterapia

• Desvantagens da Braquiterapia

- ➔ Sua principal desvantagem é a não uniformidade da dose uma vez que a dose de radiação é muito mais intensa perto da fonte, embora o uso muitas fontes ajuda fazer a dose mais uniforme;
- ➔ Uma outra desvantagem se relaciona com a segurança das radiações. O terapeuta deve estar próximo à fonte enquanto elas estão sendo colocadas no lugar.
 - ◆ *A radiação para o terapeuta tem sido muito reduzida pela técnica remote afterloading.*
- ➔ O paciente é uma "fonte radioativa" durante os dias em que as fontes estão no lugar, e as enfermeiras e outros estão expostos à radiação.

Braquiterapia

- Tipos de Braquiterapia -
 - *Por localização da fonte:*
 - ➔ **Intracavitária**: ginecológicas (útero, vagina), brônquio, esôfago, ductos biliares;
 - ➔ **Intersticial** : mama, sarcomas de membros, língua, ...
 - ➔ **Superficial** : moldes ou placas (pele)
 - *Pela duração da braquiterapia:*
 - ➔ **Implantes permanentes**: fonte é perene no paciente, nele decaindo. Normalmente, utilizam-se isótopos de meia vida curta : Iodo-125, Paládio-103, Ouro-198
 - ➔ **Implantes temporários**: removidos após o tratamento. Existe um melhor controle da dose no volume alvo, pelo planejamento pós-inserção (Césio-137, Irídio-192).

Braquiterapia

- Tipos de Braquiterapia -
 - *Pelo tipo de carregamento do material radioativo:*
 - ➔ **Manual pura**: o material é colocado diretamente no tecido alvo
 - ➔ **Pré-loading**: os aplicadores que conterão as fontes radioativas, serão carregados manualmente e momentos antes da inserção no paciente.
 - ➔ **Afterloading** (pós-carga) manual: cateteres ou aplicadores são colocados, e então o material é inserido nesses guias, manualmente
 - ➔ **Remote afterloading** (pós-carga por controle remoto): cateteres são colocados e então o material é inserido mecanicamente na aplicação.

Braquiterapia

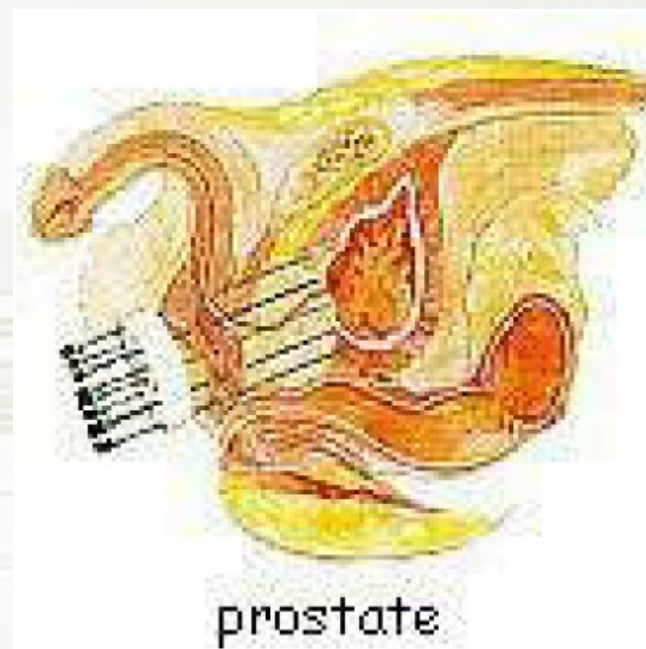
- Tipos de Braquiterapia

- *Pela taxa de dose:*

- ➔ **Baixa taxa** de **dose** (**LDR**): geralmente é tratamento único, com liberação da dose ao longo de horas ou dias. Requer internação e isolamento e a colocação dos aplicadores ou material radioativo geralmente é feita sob anestesia ou sedação.

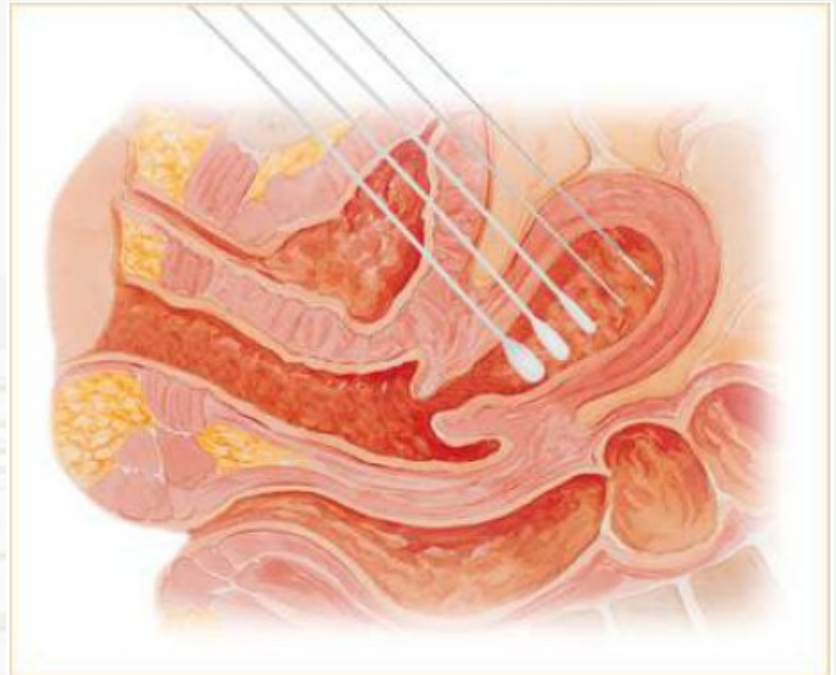
Braquiterapia

- Tipos de Braquiterapia
 - *Pela taxa de dose:*
 - ➔ Baixa taxa de dose (LDR):



Braquiterapia

- Tipos de Braquiterapia
 - *Pela taxa de dose:*
 - ➔ Baixa taxa de dose (LDR):



Braquiterapia

- Tipos de Braquiterapia

- *Pela taxa de dose*

- Alta taxa de dose (HDR): o elemento radioativo possui uma alta atividade, e portanto libera uma alta dose em um tempo pequeno. Com isto, as aplicações são rápidas, e o tempo de tratamento total, muito menor do que com a braquiterapia convencional de baixa taxa de dose. Geralmente, o tratamento é fracionado e não requer internação nem anestesia.

- Na braquiterapia de alta taxa de dose, depois de inseridos os cateteres, o paciente é radiografado para o cálculo da dose em sistema computadorizado.

- Para tal utilizam-se marcadores metálicos que possibilitam a identificação dos cateteres nas radiografias.

- Estes dados são então digitalizados no sistema de cálculo para o físico definir os tempos e doses de tratamento

Braquiterapia

- Tipos de Braquiterapia
 - *Pela taxa de dose*
 - ➔ Alta taxa de dose (LDR):



Braquiterapia

- Fontes de Braquiterapia - ^{226}Ra

- Decai para radônio (^{222}Rn) emitindo partícula α e radiação γ
- Meia-vida de 1600 anos
- $\Gamma = 0,825 \text{ (mRh}^{-1}\text{mCi}^{-1}\text{m}^2\text{)}$
- Energia dos fótons
 - ♦ Média: $0,078\text{MeV}$
 - ♦ Máxima: $0,600\text{MeV}$
- Implantes temporários intersticiais e intracavitários

Braquiterapia

- Fontes de Braquiterapia - ^{137}Cs
 - Decai para bário (^{137}Ba) emitindo partícula β e radiação γ
 - Meia-vida de 30 anos
 - $\Gamma = 0,635 \text{ (mRh}^{-1}\text{mCi}^{-1}\text{m}^2\text{)}$
 - Energia dos fótons
 - ♦ Média: $0,662\text{MeV}$
 - ♦ Máxima: $0,662\text{MeV}$
 - Implantes temporários intersticiais e intracavitários
 - Substitui o rádio.

Braquiterapia

- Fontes de Braquiterapia - ^{125}I

- Decai por captura eletrônica e radiação γ
- Meia-vida de 60,1 dias
- $\Gamma = 0,145 \text{ (mRh}^{-1}\text{mCi}^{-1}\text{m}^2\text{)}$
- Energia dos fótons
 - ♦ Média: 0,028MeV
 - ♦ Máxima: 0,035MeV
- Implantes intersticiais permanentes.

Braquiterapia

- Fontes de Braquiterapia - ^{198}Au

- Decai para mercúrio (^{198}Hg) emitindo partícula β e radiação γ
- Meia-vida de 64,7 horas
- $\Gamma = 0,238 \text{ (mRh}^{-1}\text{mCi}^{-1}\text{m}^2\text{)}$
- Energia dos fótons
 - ♦ Média: 0,42MeV
 - ♦ Máxima: 1,08MeV
- Implantes intersticiais permanentes

Vídeos - Radioterapia



Vídeos - Radioterapia (2)



Vídeos - Braquiterapia



Radiocirurgia

- O que é Radiocirurgia?

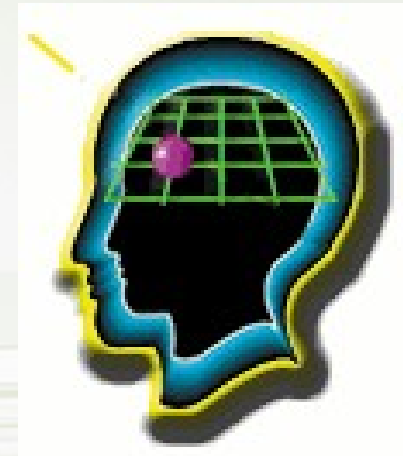
- ➔ É uma forma de tratamento que utiliza radiações ionizantes, dirigidas por um sistema de coordenadas espaciais (estereotaxia) para atingir tumores, malignos ou benignos, e malformações arteriovenosas, em regiões profundas do cérebro.
- ➔ Além disso, a radiocirurgia pode ser utilizada na correção de distúrbios funcionais (ex. TOC - Transtorno obsessivo compulsivo), sendo aplicada a determinadas áreas do cérebro com o objetivo de normalizar sua atividade.

Radiocirurgia

- O que é Radiocirurgia?

- ➔ Classicamente o termo Radiocirurgia define tratamentos aplicados com alta precisão em uma dose única e elevada para o tratamento de lesões intracranianas, mas com a evolução do método este tipo de tratamento tem sido fracionado (dividido em várias aplicações diárias) para uma série de doenças cerebrais.
- ➔ A radiação é aplicada externamente, não havendo necessidade de cirurgia o crânio para alcançar a área a ser tratada.
- ➔ Na verdade, a radiocirurgia não é uma modalidade da cirurgia e sim da radioterapia, carregando o sufixo “cirurgia” por ter sido idealizada por um neurocirurgião, Dr. Lars Leksell na década de 1950.

Radiocirurgia



Radiocirurgia

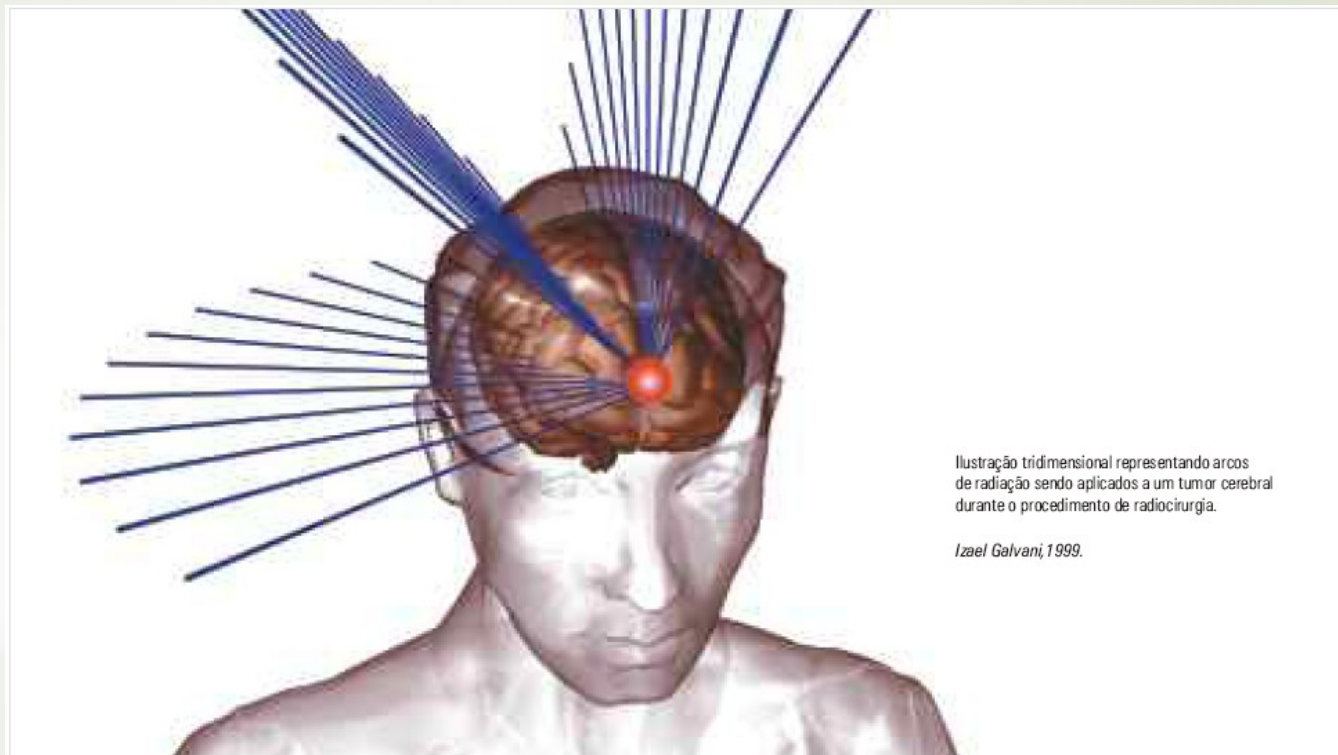


Ilustração tridimensional representando arcos de radiação sendo aplicados a um tumor cerebral durante o procedimento de radiocirurgia.

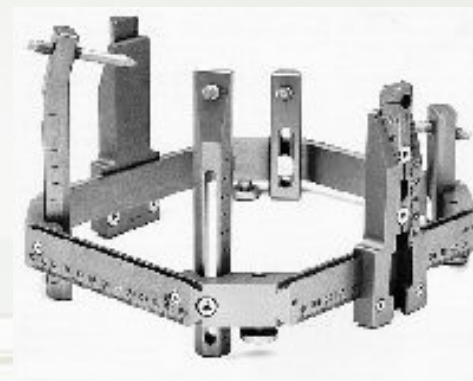
Izrael Galvani, 1999.

Radiocirurgia

- Como o feixe de radiação é guiado?
 - ➔ As imagens obtidas por TC, RM ou arteriografia identificam a lesão no interior do cérebro. A região a ser tratada é reconhecida, assim como as estruturas que devem ser evitadas pela radiação.
 - ➔ A radiocirurgia exige muita precisão na localização do alvo a ser irradiado e no posicionamento do paciente. Para isso, um anel metálico (estereotáxico) é fixado externamente ao crânio, oferecendo referências espaciais de fácil identificação que permitem exatidão no direcionamento dos raios.

Radiocirurgia

- Como a radiação é guiada?
 - ➔ Este **equipamento** usa um sistema de coordenadas geométricas para cada estrutura do cérebro, tal que o cirurgião sabe precisamente, onde é o ponto que os raios gama devem convergir.



Radiocirurgia

- Em que a radiocirurgia difere da radioterapia convencional?
 - ➔ A grande diferença está na forma como a radiação é aplicada.
 - ➔ Enquanto a radioterapia convencional direciona a radiação por meio de posições fixas, fracionando as doses ao longo de algumas poucas semanas, a radiocirurgia é realizada em uma única sessão, ou em algumas poucas sessões, com a aplicação de altas doses de radiação, variando-se a posição do feixe de radiação durante o procedimento.

Radiocirurgia

- Quais as vantagens da radiocirurgia?
 - ➔ A radiocirurgia aplica uma alta dose de radiação na área a ser tratada, poupando em grande parte os tecidos normais do cérebro. Isto é, trata-se de um procedimento que combina alta eficácia e boa tolerabilidade.
 - ➔ Além disso, na radiocirurgia é possível tratar mais de uma lesão no mesmo procedimento.
 - ➔ O seu caráter não-invasivo é talvez a maior vantagem.

Radiocirurgia

- Como é feita a Radiocirurgia?

- ➔ No dia do tratamento, o paciente vai ao hospital pela manhã, onde sob anestesia local, com o paciente totalmente acordado, é fixado o anel estereotáxico, confeccionado por duralumínio, fibra de carbono e cerâmica.
- ➔ No departamento de neurorradiologia são feitas tomografias computadorizadas de crânio e se necessário, angiografia (possibilita avaliar possíveis anomalias em vasos) com subtração digital.

Radiocirurgia

- Como é feita a Radiocirurgia?

- ➔ O paciente é então encaminhado para um quarto, e aguarda a equipe realizar o planejamento radiocirúrgico.
- ➔ Neste quarto ele fica em companhia de seus acompanhantes, pode se alimentar, ler um livro, assistir TV ou apenas aguardar.
- ➔ As imagens de TC são transferidas através de disco óptico digital para o Workstation, onde são fundidas com imagens de RM, obtidas previamente através de protocolo específico, sem a necessidade de colocação do anel estereotáxico.

Radiocirurgia

- Como é feita a Radiocirurgia?

- ➡ A seguir, existe a determinação das estruturas nobres, bem como determinação da lesão.
- ➡ Cálculos, determinação estereotóxica tridimensional de isocentros, curvas de isodoses, dose prescrita, tamanho de colimadores, posição número e peso de arcos-coplanares ou campos isocêntricos conformais além de outros são **discutidos pela equipe radioneurocirúrgica** até que se obtenha um tratamento adequado e ideal para o caso.

Radiocirurgia

- Como é feita a Radiocirurgia?

- ➡ Terminado os cálculos, o paciente é transferido para o departamento de Radioterapia, é colocado na mesa de tratamento do Acelerador Linear, tendo o guia estereotáxico fixado. Novas calibrações e ajustes finais são realizados, e finalmente o tratamento é efetuado.
- ➡ Após a aplicação, o guia é retirado, e o paciente pode retornar para sua residência, podendo reassumir suas atividades diárias já no dia seguinte.

Radiocirurgia

- Como é feita a Radiocirurgia?
 - ➔ O tratamento em si dura entre 30 a 90 minutos, porem, devido a complexidade dos cálculos e a necessidade de uma ampla abordagem multidisciplinar usualmente o paciente permanece aproximadamente 8 horas no hospital.

Radiocirurgia

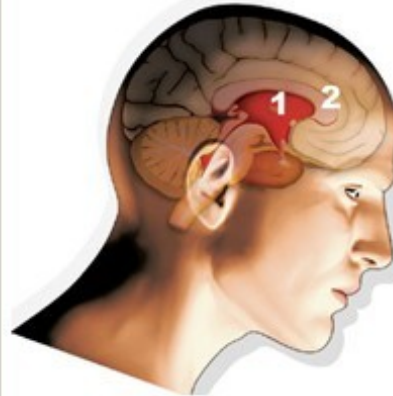


TECNOLOGIA

O aparelho Gamma Knife, utilizado na radiocirurgia. Ele emite radiação para tratar casos graves de TOC

RADIAÇÃO NO PONTO EXATO

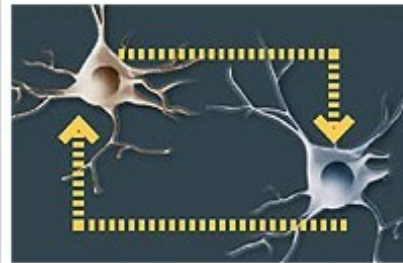
O transtorno obsessivo-compulsivo ocorre quando algumas áreas do sistema límbico e do estriato funcionam de forma exacerbada



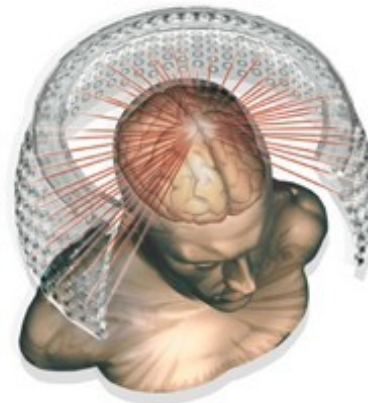
Essas regiões são responsáveis por emoções, sentimentos, memória, aprendizado e movimentos repetitivos

1 - Sistema límbico

2 - Estriato



Na pessoa normal, essas áreas se relacionam. Mas no paciente de TOC os neurônios ficam hiperexcitados e se comunicam o tempo inteiro



Durante a radiocirurgia, um aparelho emite radiação e desliga as conexões excessivas entre os neurônios. Não é preciso fazer nenhuma abertura no crânio. A radiação atinge um ponto muito específico

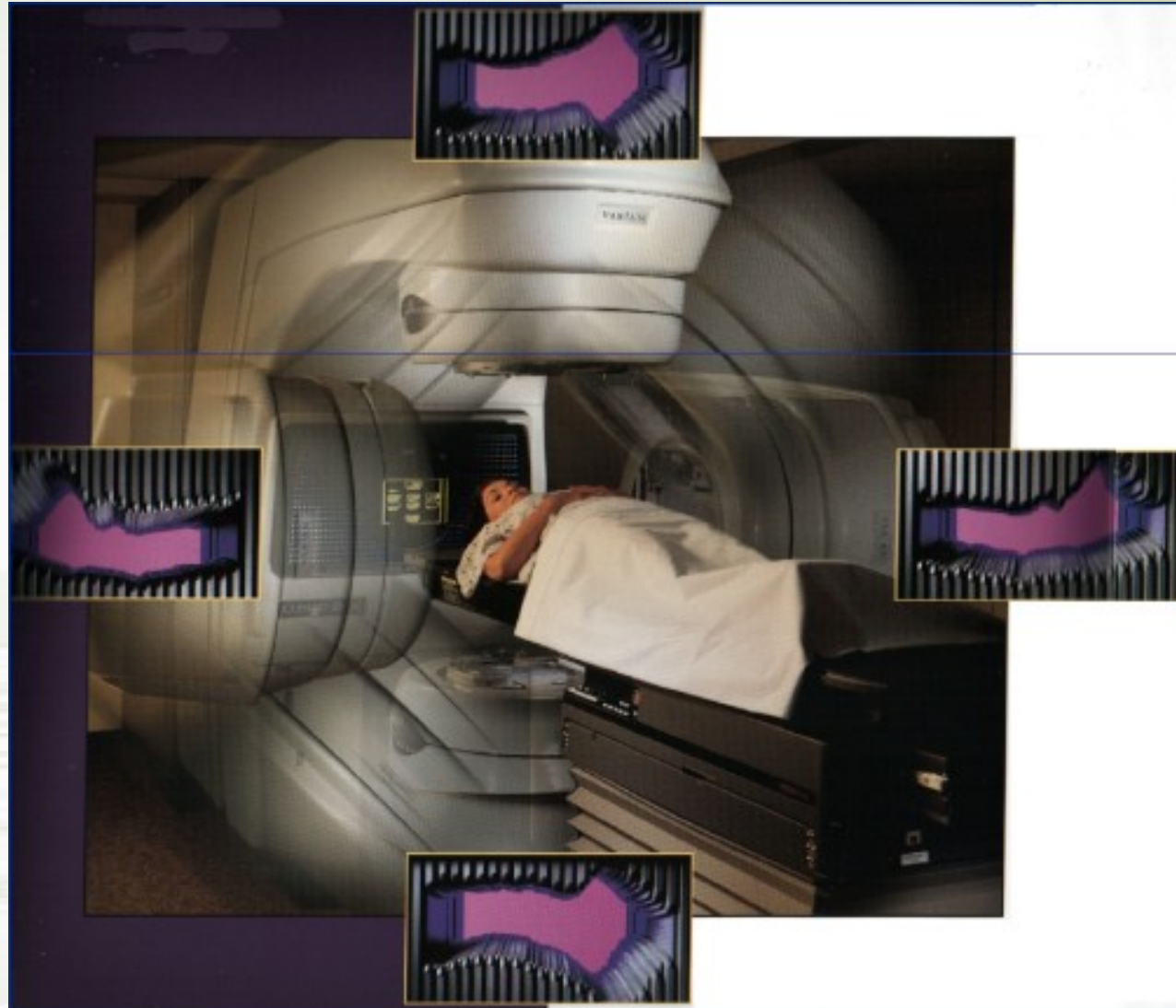
Novas tecnologias em radioterapia

- Objetivos

- **Aumentar** o escalonamento de dose;
- **Reduzir** cada vez mais o índice de morbidade;
- **Controle** preciso da distribuição da dose;
- Maior **precisão** na execução do tratamento;
- Maior **precisão** na definição do alvo (tumor).

Novas tecnologias em radioterapia - IMRT

- *Radioterapia com feixe de intensidade modulada*



Novas tecnologias em radioterapia - IMRT

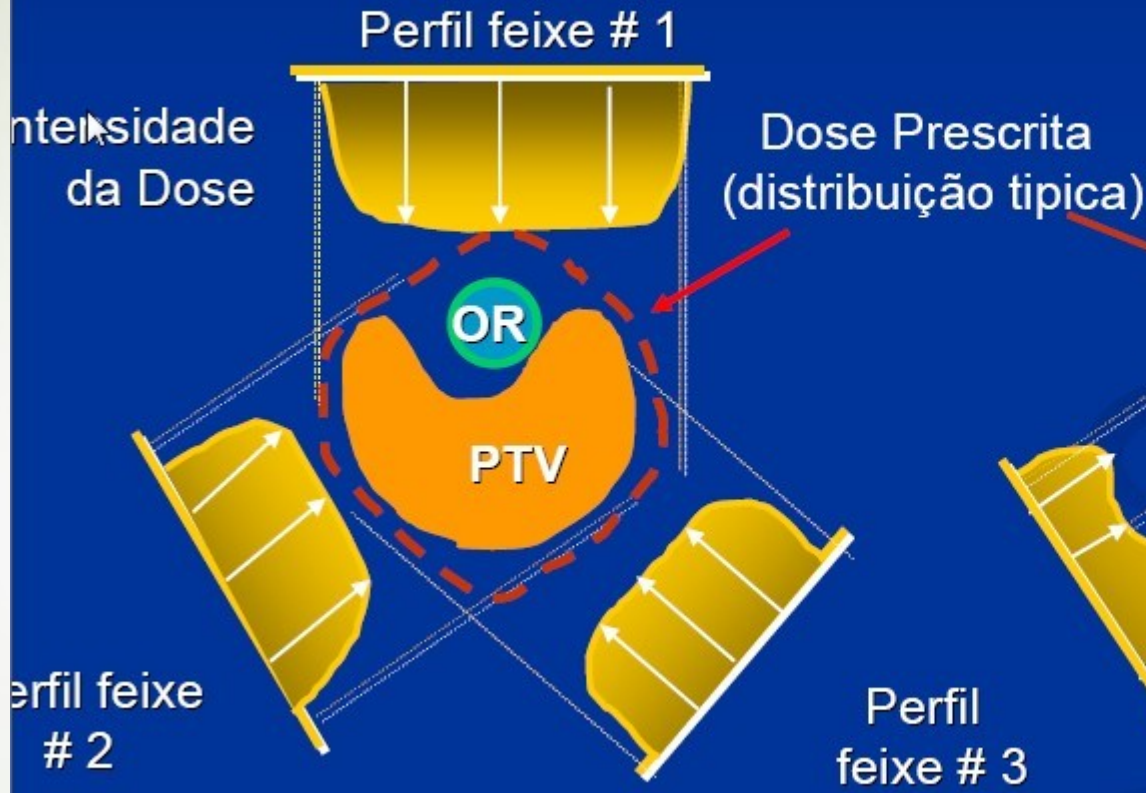
- Radioterapia com feixe de intensidade modulada
 - ➡ A técnica de irradiação denominada de feixe de intensidade modulada (I.M.R.T.- Intensity Modulated Radiation Therapy), é a mais recente técnica em operação em alguns países como Estados Unidos da América e Europa.
 - ➡ Consiste em moldar o feixe de radiação das composições de campos de um acelerador de tal forma a irradiar o tumor exatamente na sua forma, ou muito próximo a isso.

Novas tecnologias em radioterapia - IMRT

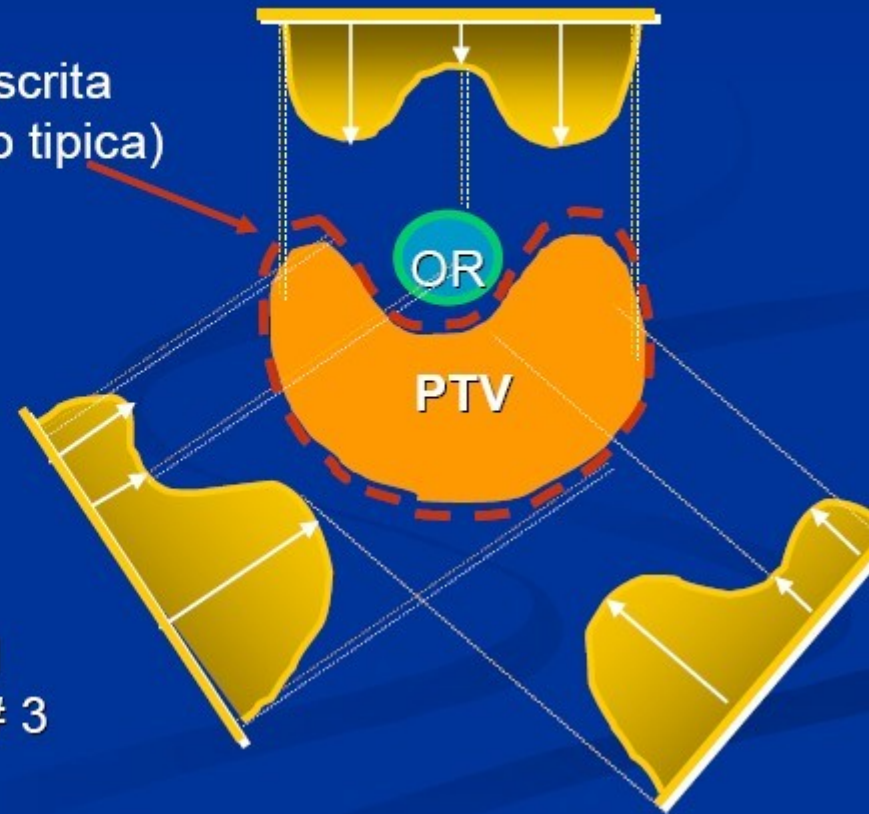
- Radioterapia com feixe de intensidade modulada
 - ➔ Para tal utilizam-se pequenos colimadores, dinâmicos, que durante o movimento e liberação do feixe de radiação vão abrindo e fechando conforme a necessidade de intensidade de radiação.

Novas tecnologias em radioterapia - IMRT

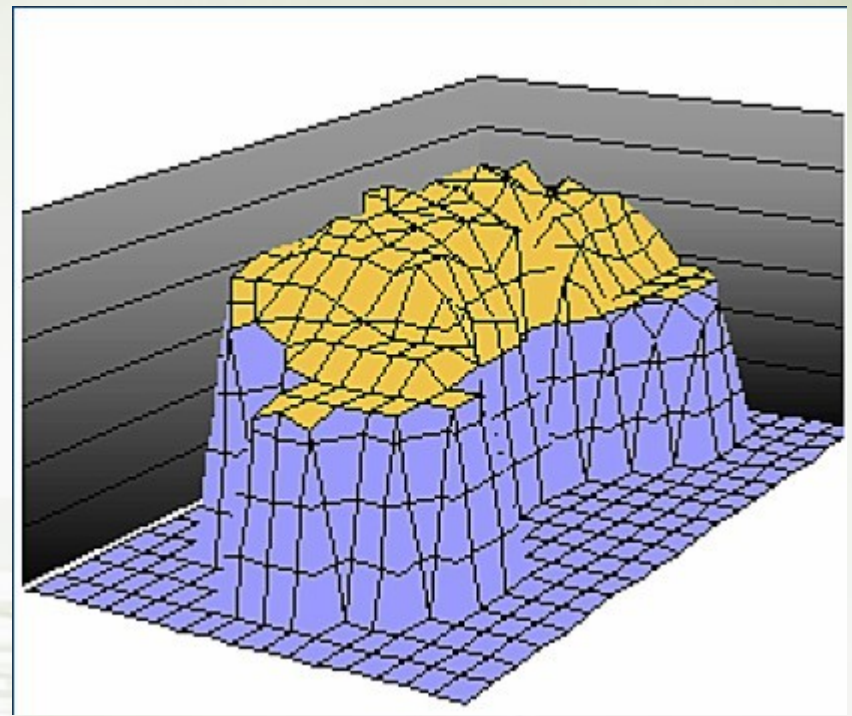
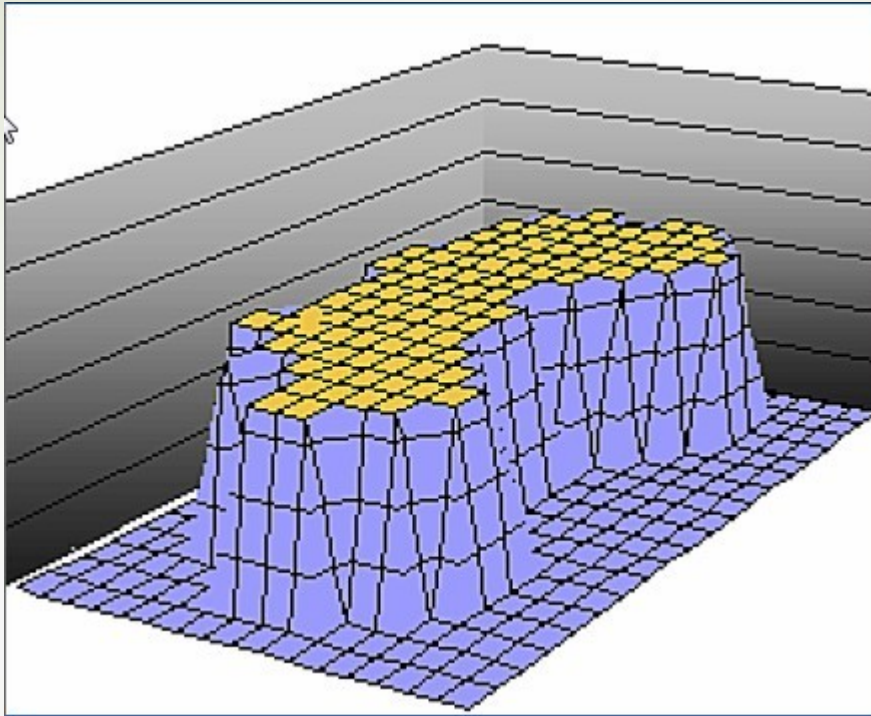
3-campos RT



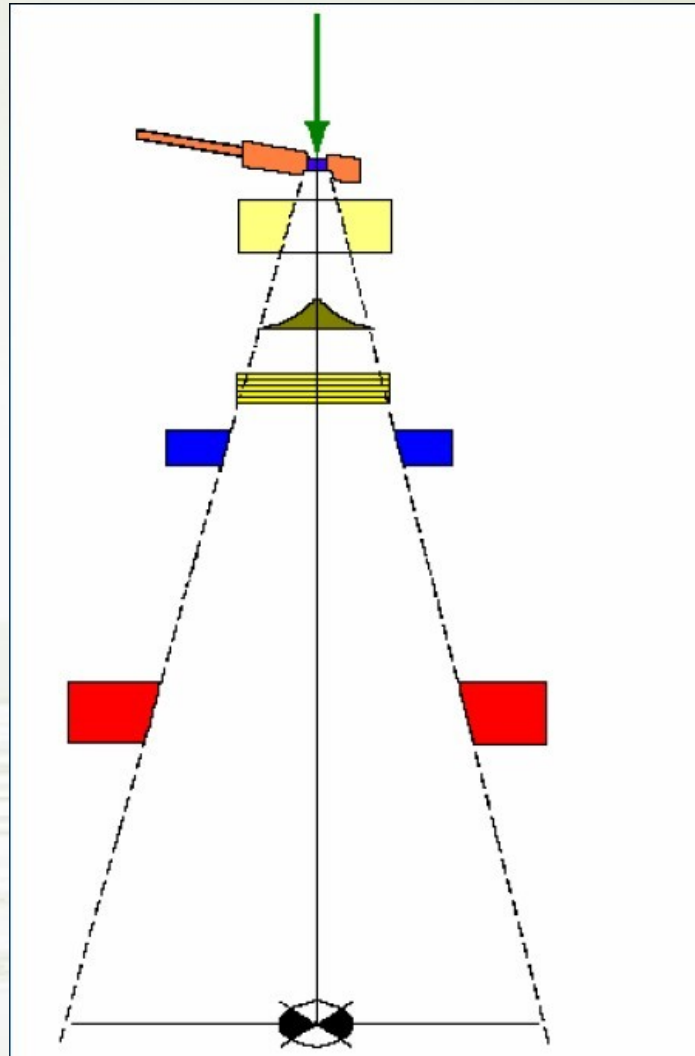
3-camposIMRT



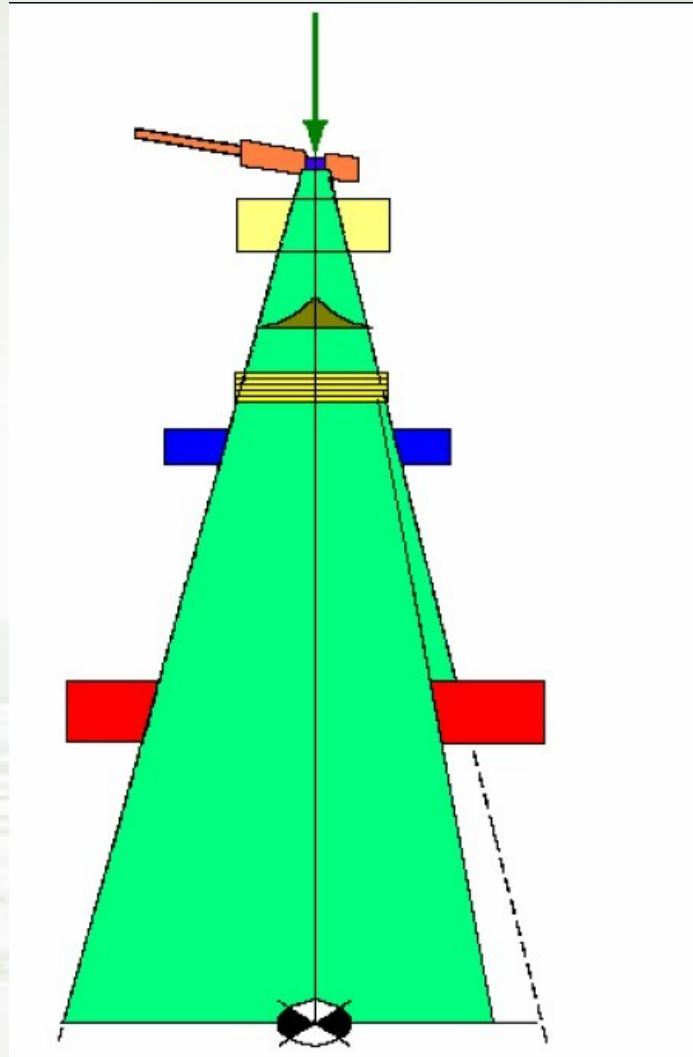
Novas tecnologias em radioterapia - IMRT



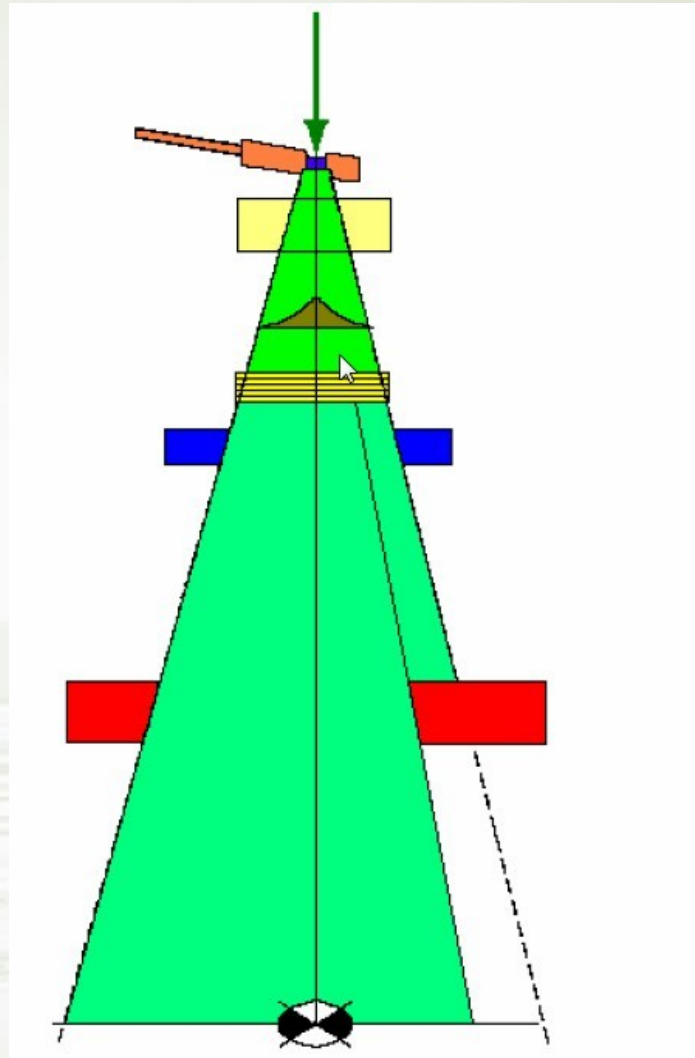
Novas tecnologias em radioterapia - IMRT



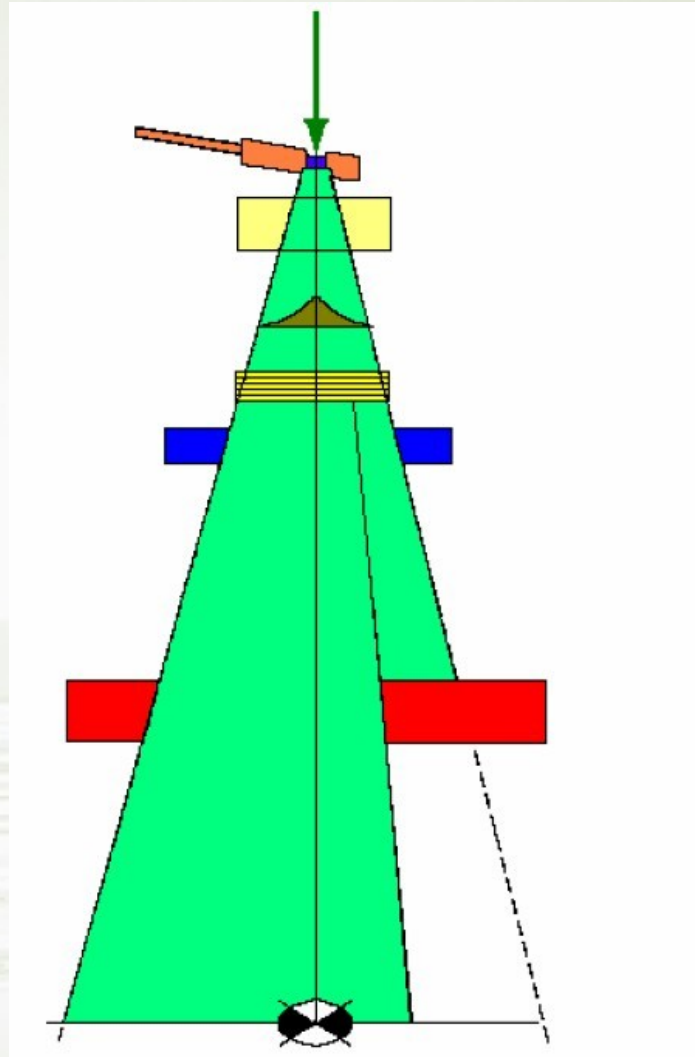
Novas tecnologias em radioterapia - IMRT



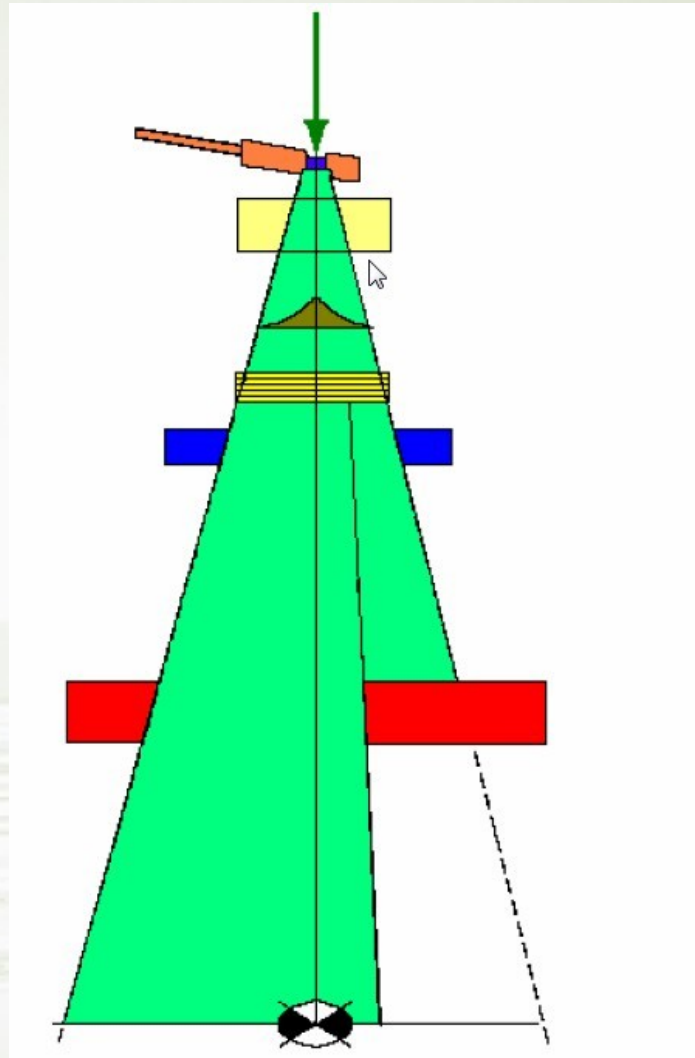
Novas tecnologias em radioterapia - IMRT



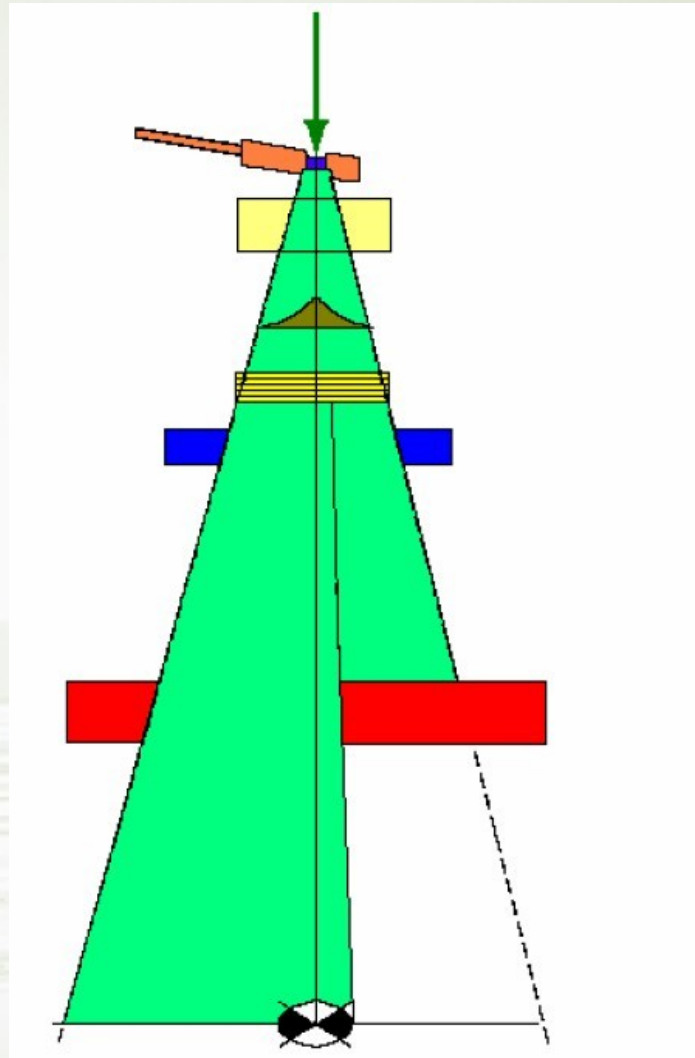
Novas tecnologias em radioterapia - IMRT



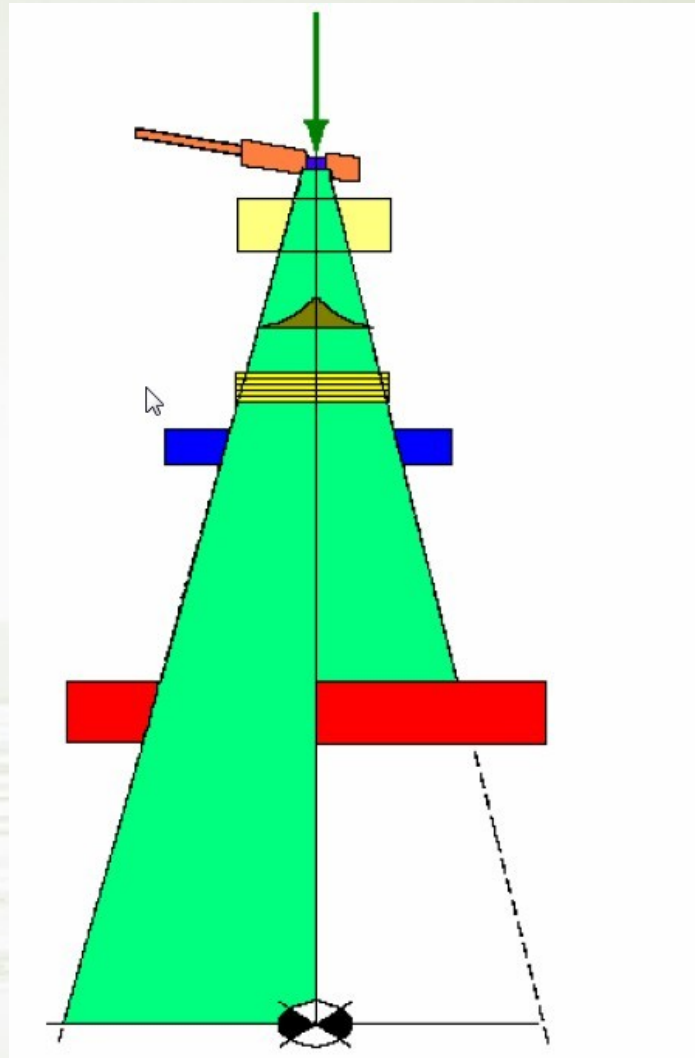
Novas tecnologias em radioterapia - IMRT



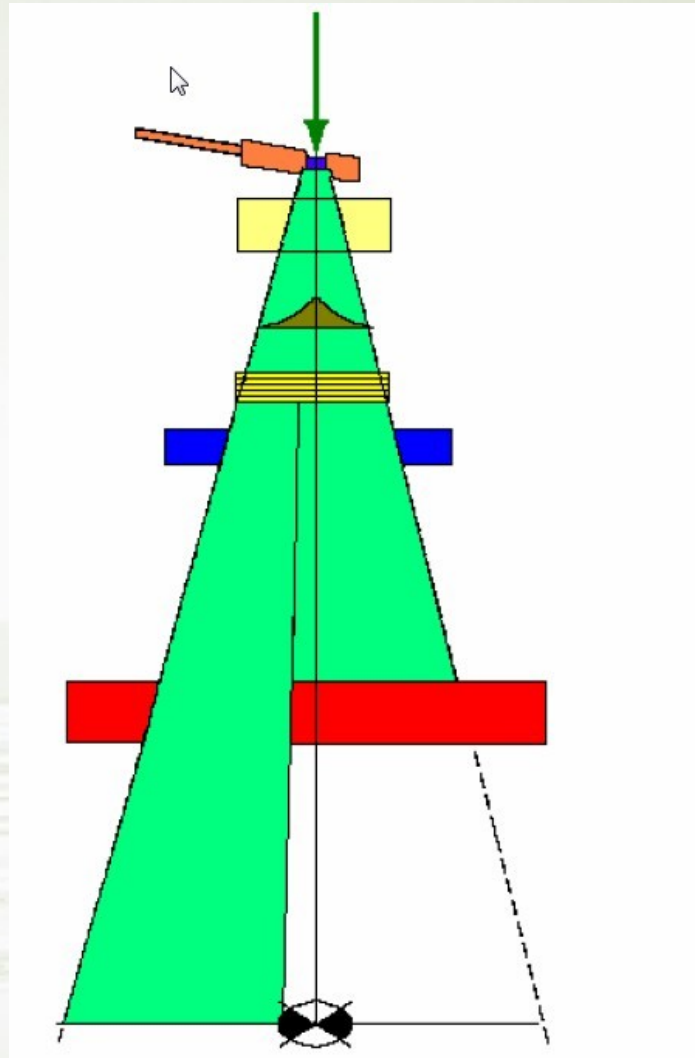
Novas tecnologias em radioterapia - IMRT



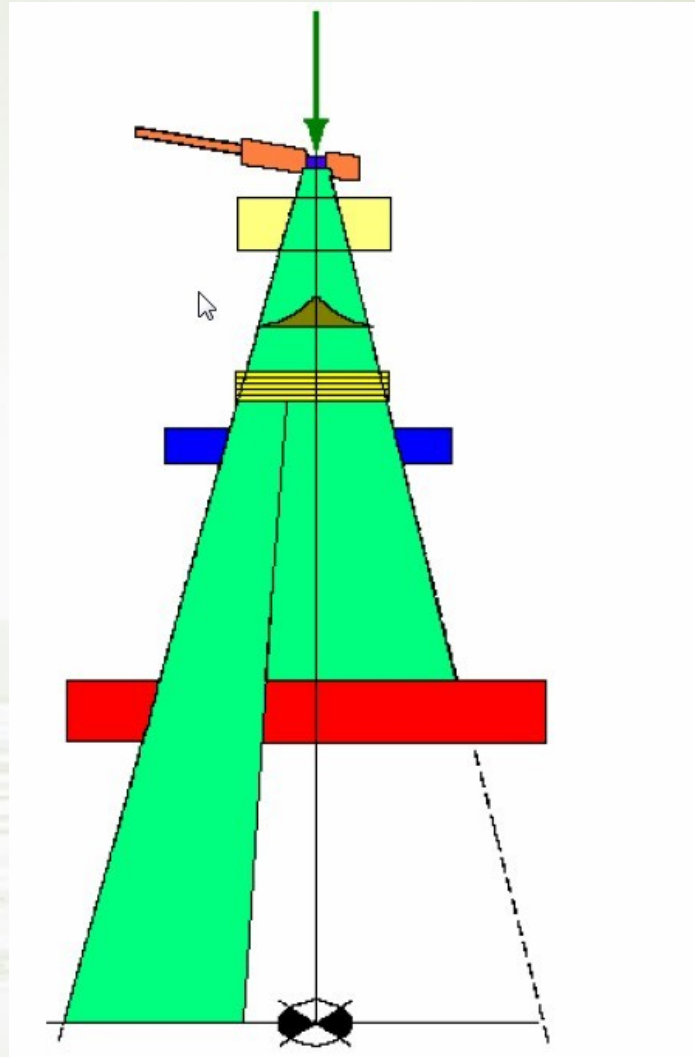
Novas tecnologias em radioterapia - IMRT



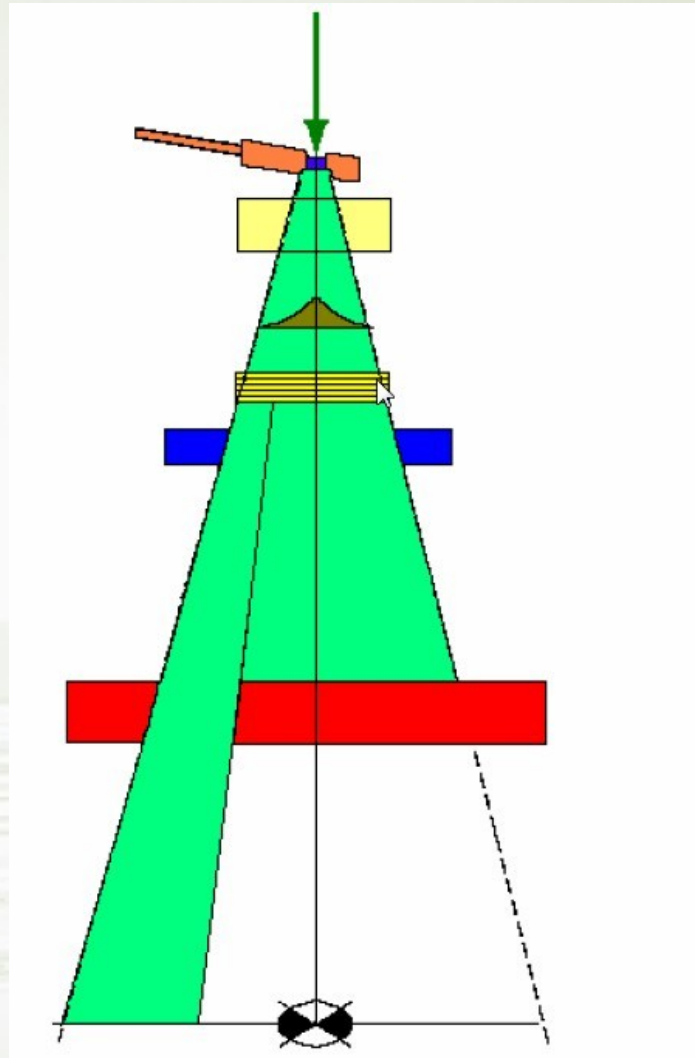
Novas tecnologias em radioterapia - IMRT



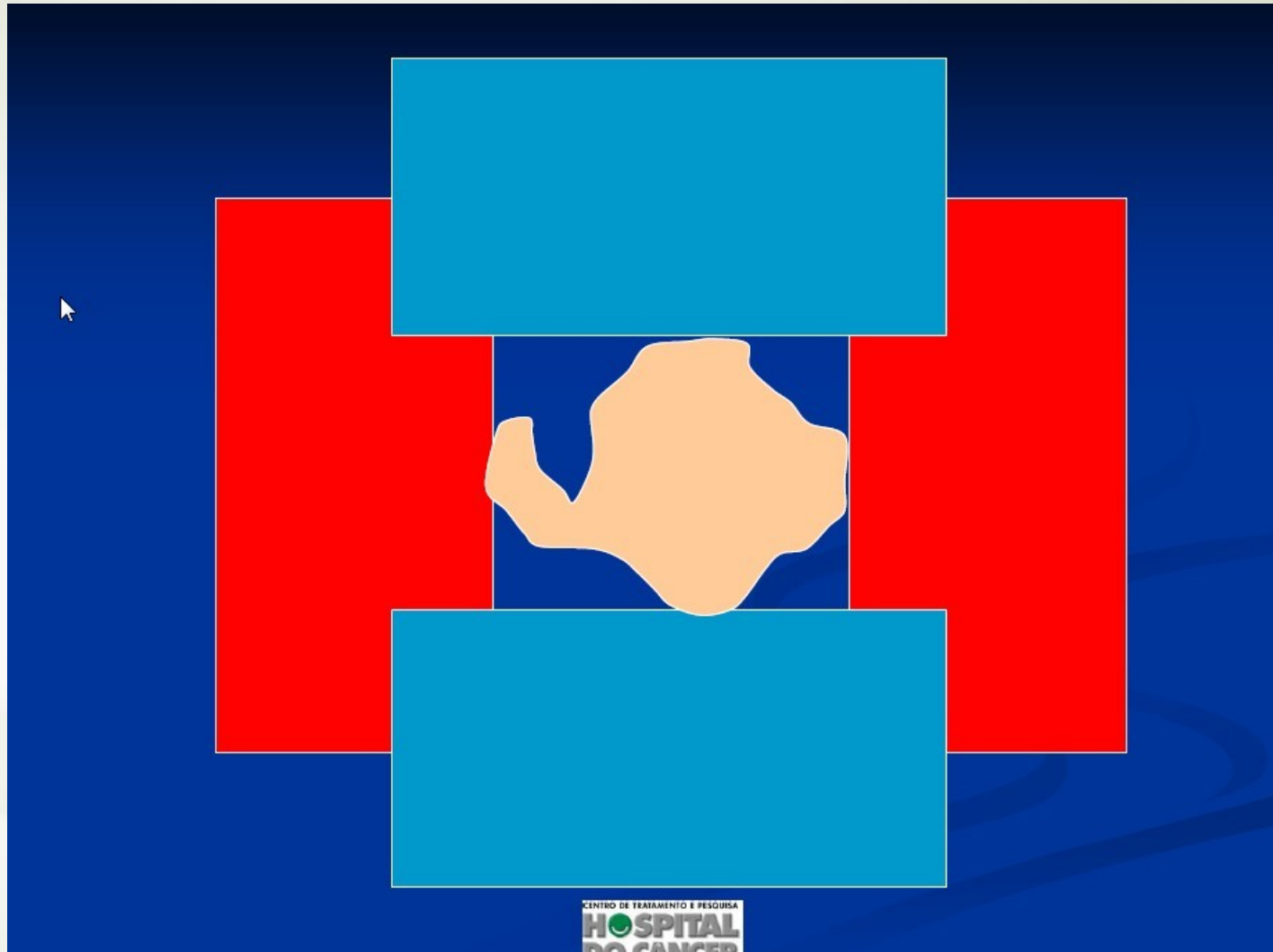
Novas tecnologias em radioterapia - IMRT



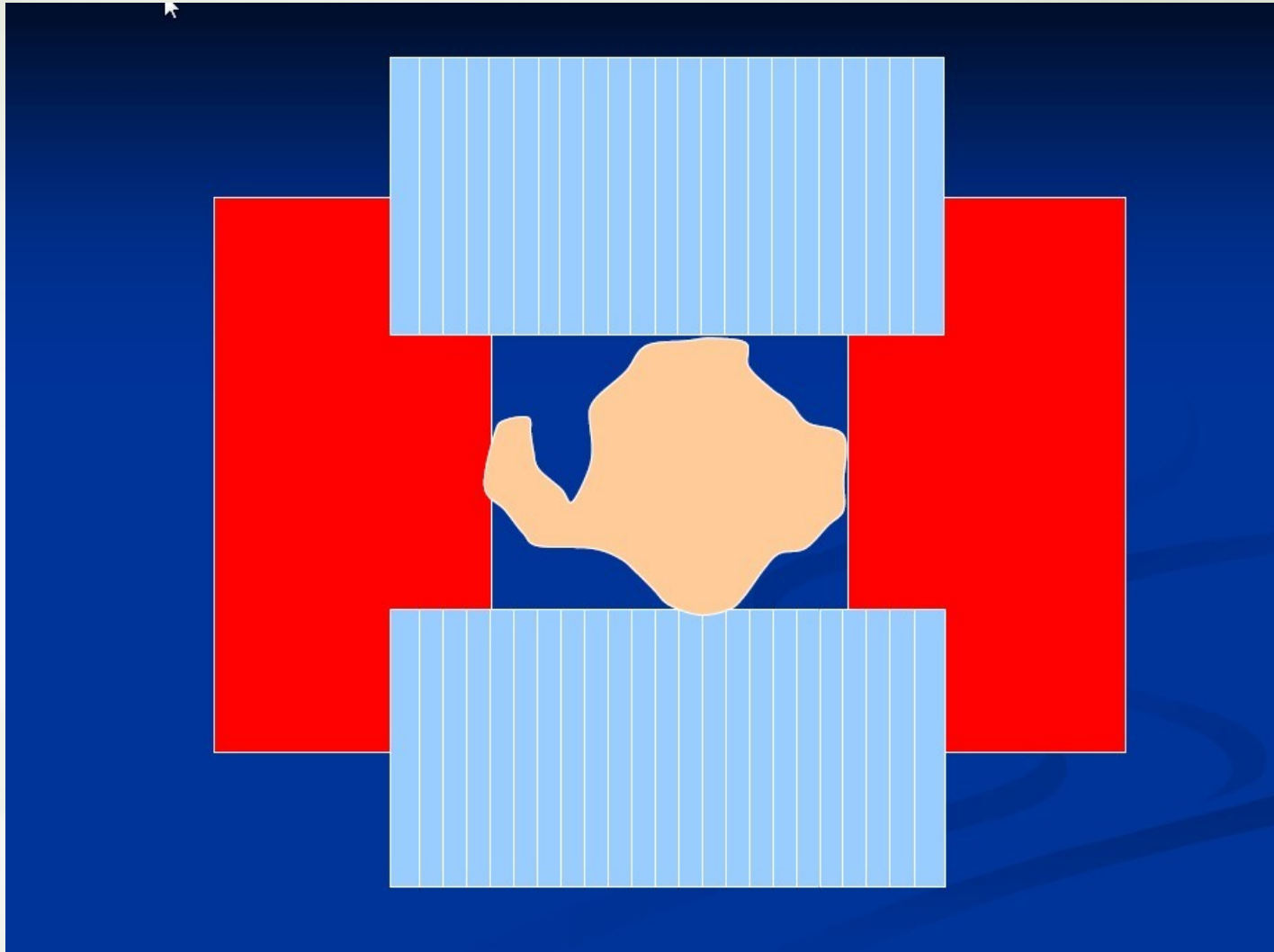
Novas tecnologias em radioterapia - IMRT



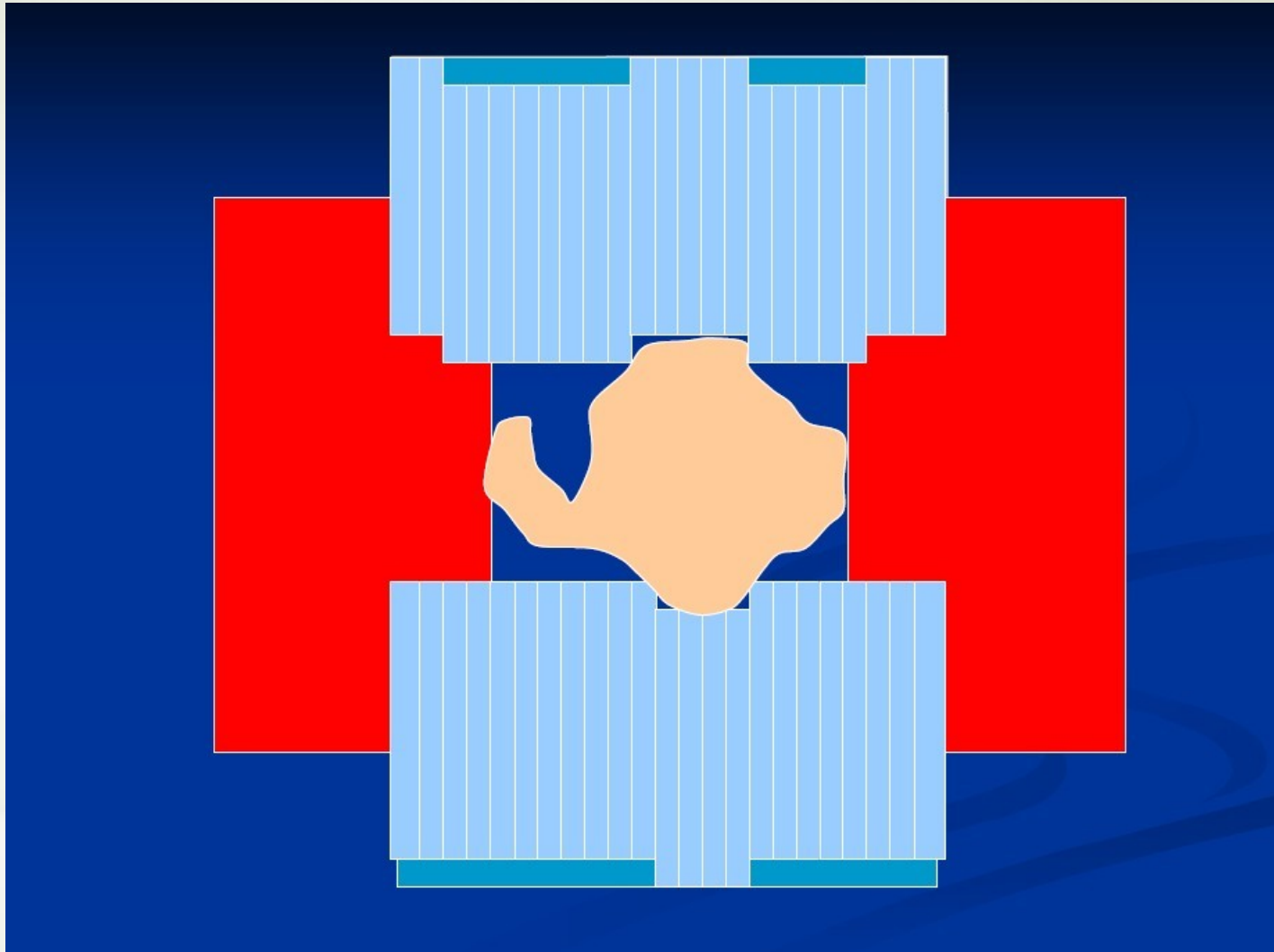
Novas tecnologias em radioterapia - IMRT



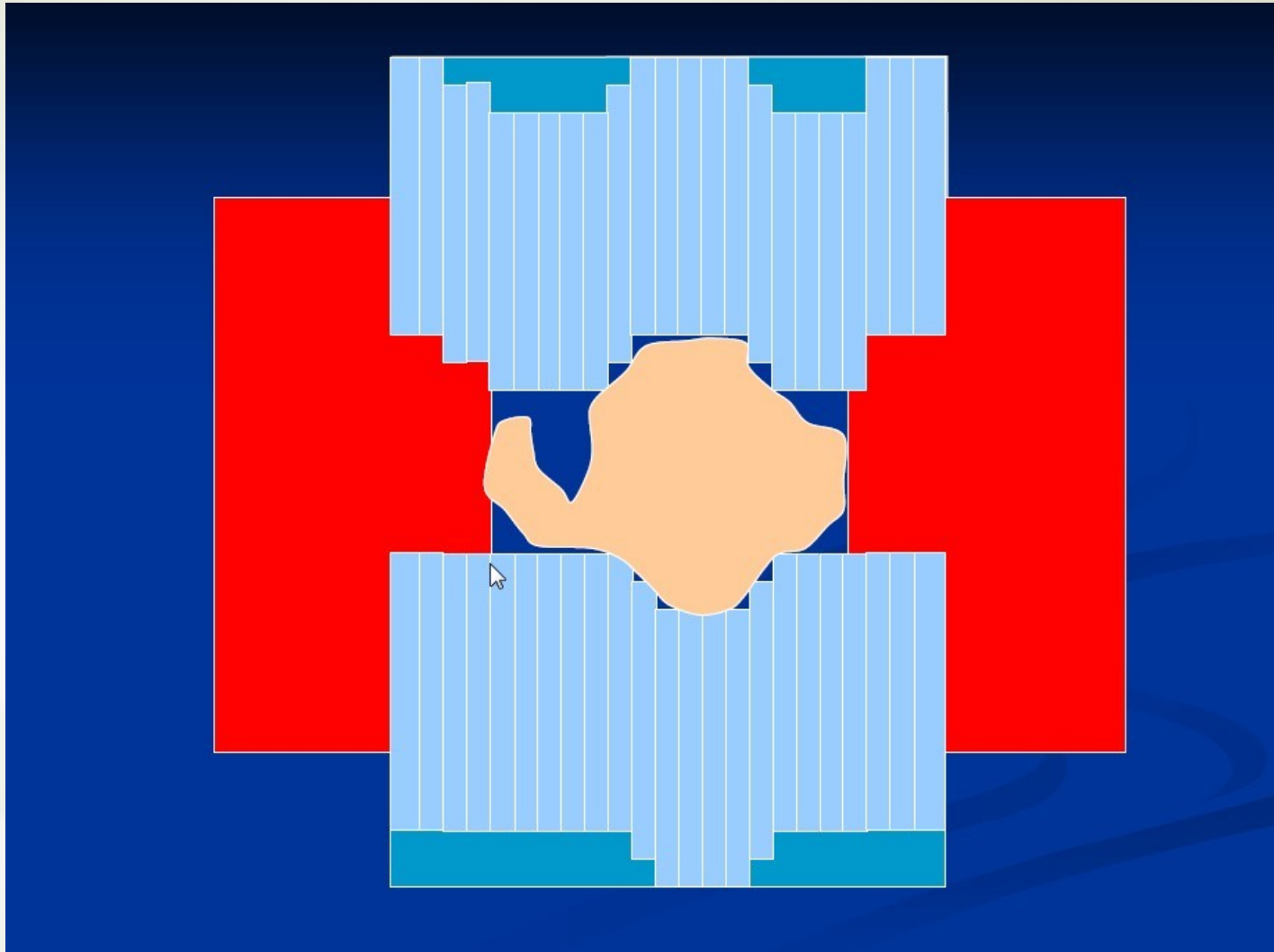
Novas tecnologias em radioterapia - IMRT



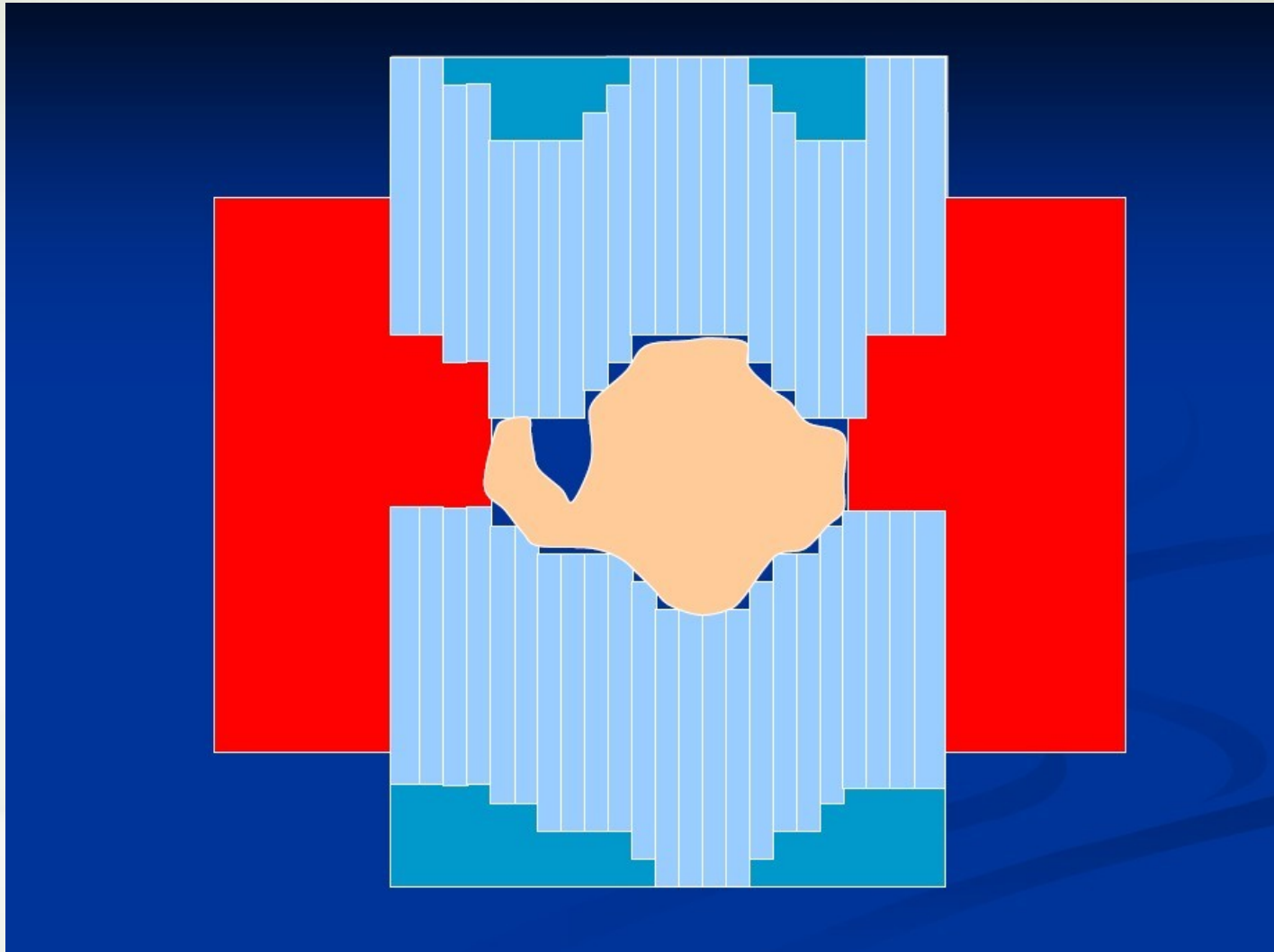
Novas tecnologias em radioterapia - IMRT



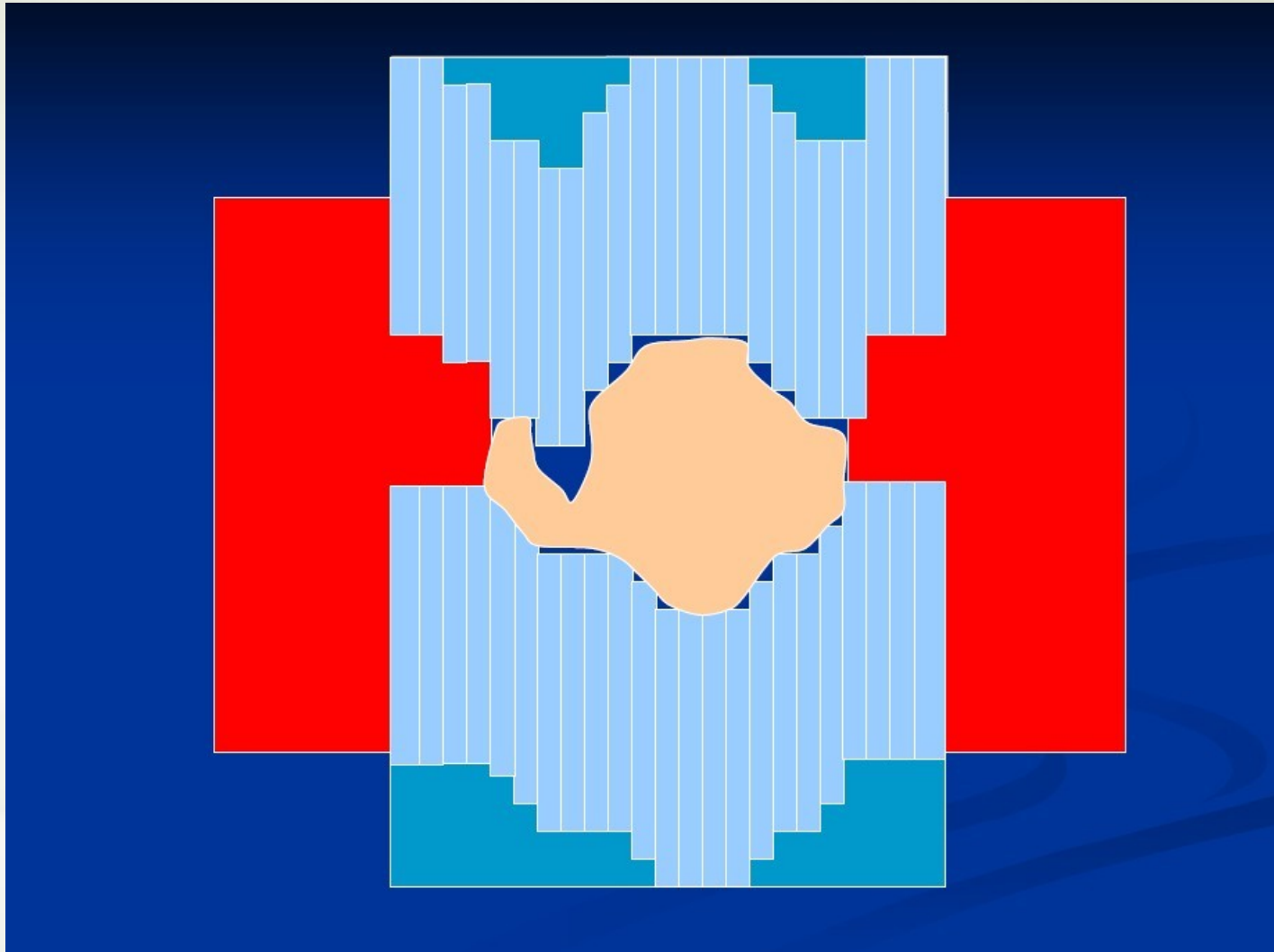
Novas tecnologias em radioterapia - IMRT



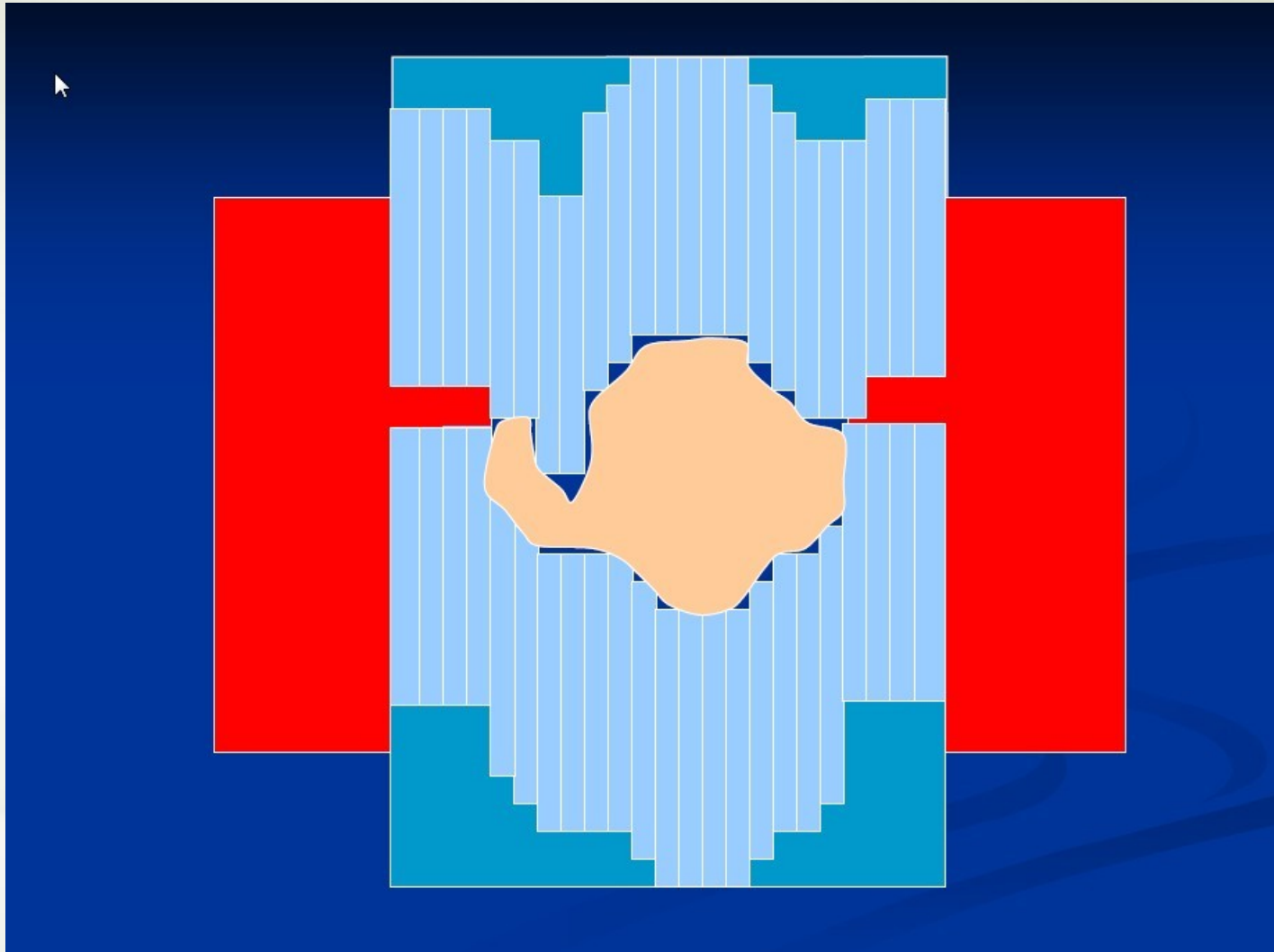
Novas tecnologias em radioterapia - IMRT



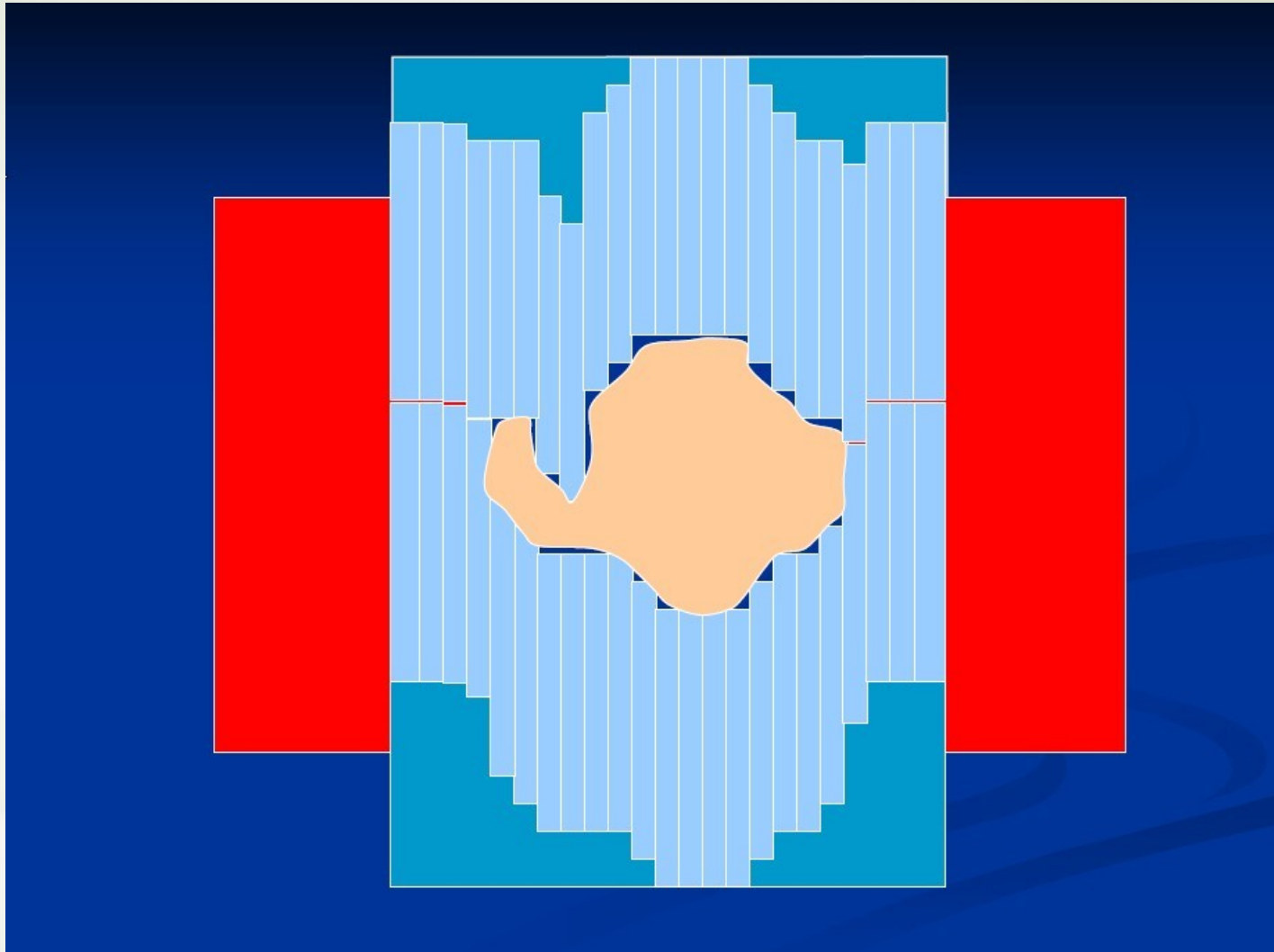
Novas tecnologias em radioterapia - IMRT



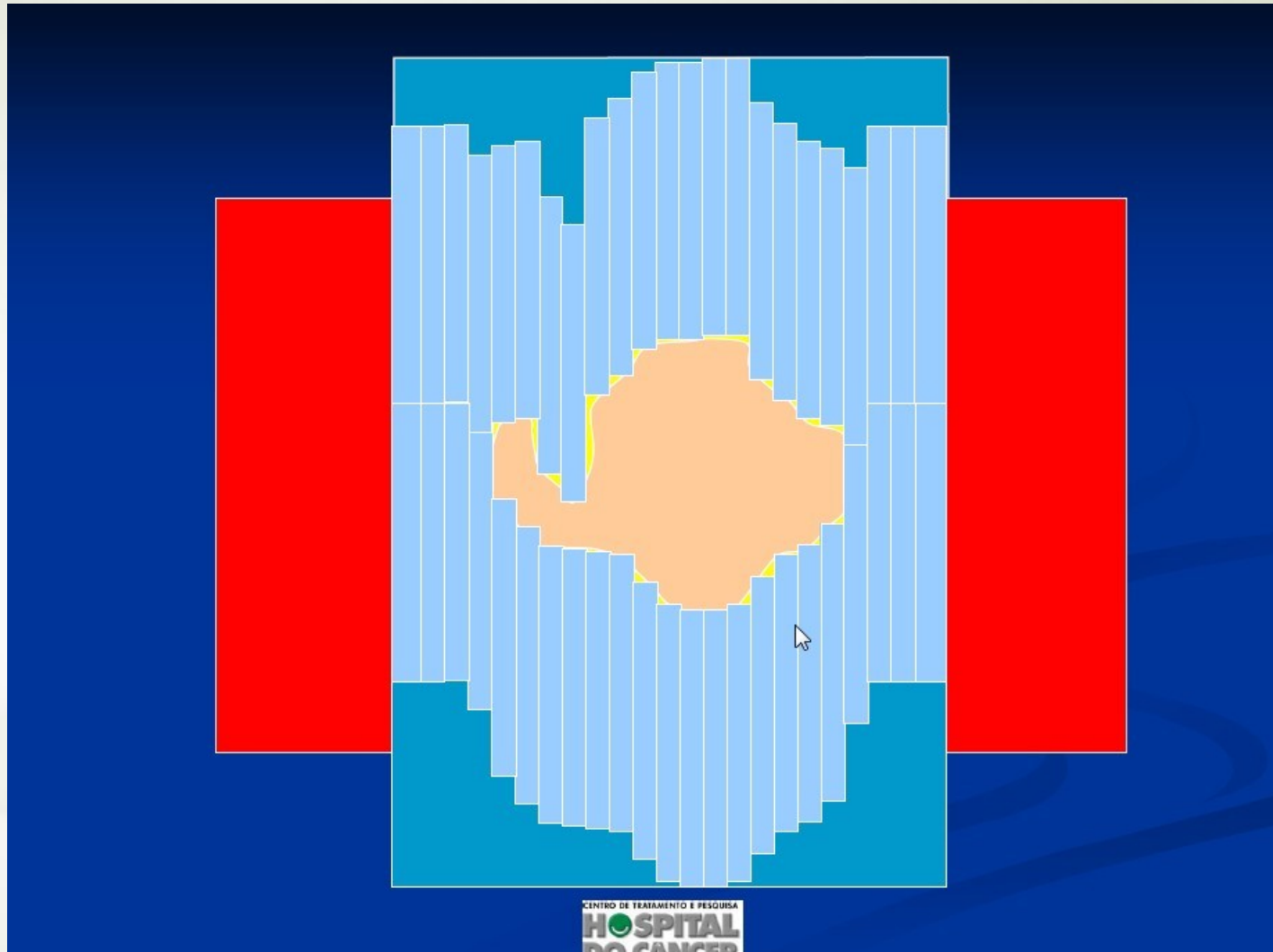
Novas tecnologias em radioterapia - IMRT



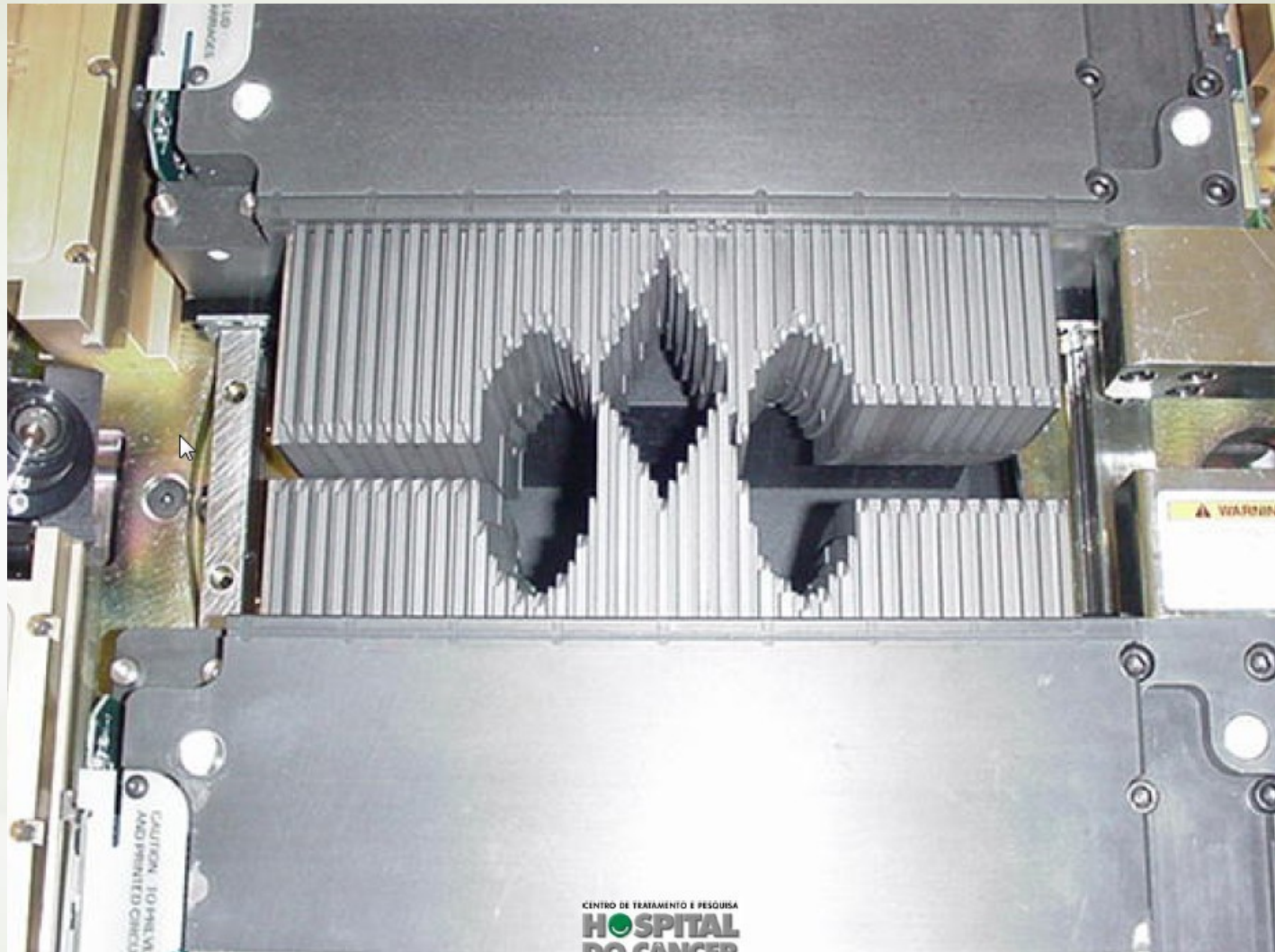
Novas tecnologias em radioterapia - IMRT



Novas tecnologias em radioterapia - IMRT



Novas tecnologias em radioterapia - IMRT



Novas tecnologias em radioterapia - RTIO

- Radioterapia intra-operatória

- ➔ O câncer de mama é o tipo da doença que mais mata mulheres no Brasil.
- ➔ O Instituto Nacional de Câncer (Inca) estimou que cerca de 49.400 novos casos foram registrados em 2008 no país.
- ➔ A reincidência, na maioria das vezes (por volta de 85%), ocorre perto do local onde o primeiro tumor apareceu. São nódulos em fase inicial e que exigem tratamento imediato.
- ➔ Para esse grupo feminino, surge um novo tipo de radioterapia: a intra-operatória.
- ➔ O procedimento consiste em uma única aplicação de radiação, feita durante a cirurgia para retirada do tumor, em substituição às 20 sessões normalmente exigidas.

Novas tecnologias em radioterapia - RTIO

- *Radioterapia intra-operatória*



Novas tecnologias em radioterapia - RTIO

- Radioterapia intra-operatória

- ➔ Aplicação é feita enquanto o paciente ainda esta anestesiado, diretamente nos tecidos internos, direcionada por um cone.
- ➔ Com isso, os médicos podem administrar uma dose alta e concentrada, atingindo menos tecidos saudáveis.
- ➔ Os efeitos colaterais são menores e a taxa de reincidência do câncer, observada até agora, é semelhante ao procedimento padrão, entre 3 a 5%.

Novas tecnologias em radioterapia - RTIO

- Radioterapia intra-operatória
 - ➔ No **Brasil**, o tratamento é oferecido em poucas cidades — Belo Horizonte, Campinas, Porto Alegre, Distrito federal e São Paulo.
 - ➔ A **desvantagem** é o custo: a radioterapia intra-operatória não está na lista de procedimentos pagos pelo Sistema Único de Saúde (SUS) ou pela maioria das seguradoras de saúde, e a paciente precisa desembolsar cerca de R\$ 8 mil.

Novas tecnologias em radioterapia - RTIO

- Radioterapia intra-operatória

- ➔ **Outras** indicações

- ♦ Estômago
 - ♦ Pâncreas
 - ♦ Reto
 - ♦ Próstata
 - ♦ Sarcoma de retroperitônio.

Novas tecnologias em radioterapia - IGRT

- Radioterapia guiada por imagens

- ➔ Esta tecnologia permite a verificação em tempo real, com precisão submilimétrica, da localização das lesões a serem tratadas.
- ➔ A possibilidade de aplicar a radioterapia com altíssima precisão permite que se diminua significativamente o risco de dano aos tecidos saudáveis, ao mesmo tempo em que permite que se auumente com segurança a dose da radiação, melhorando a probabilidade de sucesso (cura com o mínimo de seqüelas).

Novas tecnologias em radioterapia - IGRT

- Radioterapia guiada por imagens

- ➔ Para chegar à tecnologia guiada por imagem foi utilizado o princípio da física que estabelece o alvo a partir do cruzamento de duas coordenadas.
- ➔ No caso da física médica aplicada no IGRT, as coordenadas são estabelecidas por raios infravermelhos e o alvo é o tumor.
- ➔ Com o paciente deitado, são coladas pequenas esferas - bolinhas menores que as de gude - em seu abdome. Chamadas de body markers (literalmente marcadores corporais), elas refletem raios infravermelhos.
- ➔ Com o reflexo dos raios é possível visualizar as bolinhas em um monitor. A partir daí, tem-se a reconstrução digital do interior do corpo do paciente e é possível ver localização e forma exatas do tumor.

Novas tecnologias em radioterapia - IGRT

- Radioterapia guiada por imagens



Novas tecnologias em radioterapia - IGRT

- Radioterapia guiada por imagens

- ➡ “Os body markers se movimentam conforme a respiração do paciente. Essa movimentação é refletida pelos raios infravermelhos, o que garante maior precisão na hora de liberar a radiação e que essa seja certa no tumor”, explica José Carlos da Cruz, físico e coordenador da física médica do HIAE.
- ➡ Antes da irradiação são feitas duas imagens com raios X em tempo real. Essas imagens são sobrepostas e comparadas com uma tomografia que o paciente realiza antes de iniciar o tratamento. Então o ponto exato do tumor é visto no monitor. Com essa tecnologia, a margem de erro é menor que três milímetros.

Novas tecnologias em radioterapia - IGRT

- Radioterapia guiada por imagens

- ➔ A IGRT é especialmente útil quando se necessita de acuidade máxima no tratamento, especialmente em lesões localizada próximas a tecidos sensíveis à radiação, ou que apresentem movimentação interna como, por exemplo, os tumores da próstata.
- ➔ Esta tecnologia é uma importante evolução no tratamento do câncer, principalmente para aqueles pacientes que já não podem mais se beneficiar das técnicas tradicionais.

Novas tecnologias em radioterapia - IGRT

- Radioterapia guiada por imagens

- ➔ Permite melhor posicionamento do paciente para que os médicos possam atingir o tumor com alta precisão, acompanhando inclusive os movimentos da respiração.
- ➔ A técnica é aplicada junto a outras, como a IMRT ou radioterapia com intensidade modulada de feixe, que permite a irradiação em maior ou menor quantidade.

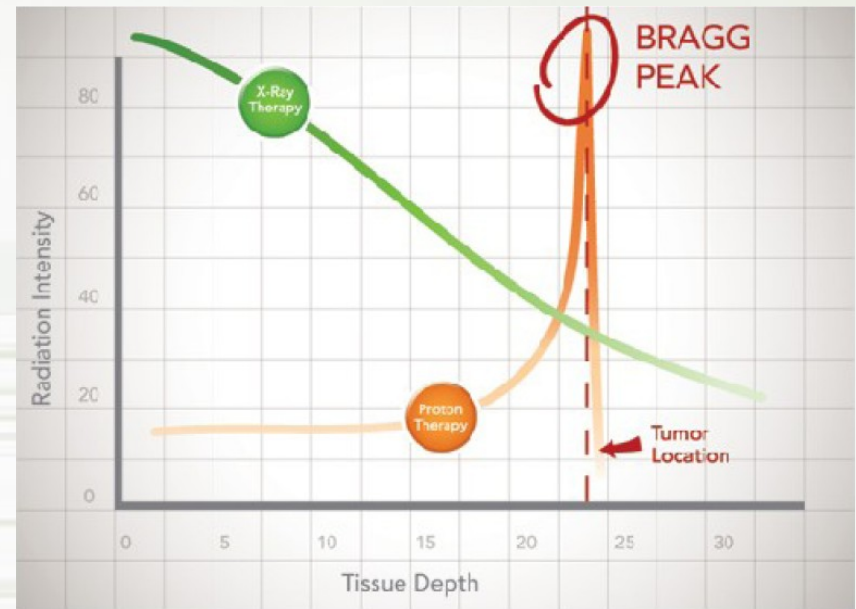
Novas tecnologias em radioterapia - Protonterapia

- Radioterapia por feixe de prótons

- ➔ Tipo de tratamento que emprega feixes de partículas carregadas e pesadas (no caso, prótons) de alta energia que penetram no organismo e descarregam a maior parte de sua energia onde encontra-se o tumor.
- ➔ Este fenômeno é conhecido como pico de Bragg. Graças a isso, o tecido sadio resulta em menos exposição a radiação, e as complicações do tratamento são menores.

Novas tecnologias em radioterapia - Protonterapia

- Radioterapia por feixe de prótons



Novas tecnologias em radioterapia - Protonterapia

- Radioterapia por feixe de prótons

- ➔ A principal vantagem da terapia com prótons é que possuem um menor impacto negativo sobre o tecido que rodeia o tumor.
- ➔ Comparados com os raios X utilizados na terapia tradicional os prótons depositam uma quantidade de energia consideravelmente menor enquanto se deslocam até o lugar do tumor.
- ➔ Além disso, enquanto os raios X continuam avançando além do tumor (irradiando células saudáveis a medida que ultrapassam o resto do corpo), os prótons se restringem a zona tumoral.

Novas tecnologias em radioterapia - Protonterapia

- Radioterapia por feixe de prótons

- ➔ Ao existir um risco menor de dano ao tecido normal, pode-se incrementar a dose tumoral, o que permite melhores taxas de controle do tumor.
- ➔ Os prótons prometem um melhor controle do tumor e menores complicações, para uma melhor qualidade de vida dos pacientes que sobrevivem ao câncer.
- ➔ A terapia com prótons é realizada de maneira ambulatorial e o tratamento leva poucos minutos ao dia durante um período de 6 a 7 semanas dependendo do tipo de câncer.

Novas tecnologias em radioterapia - Protonterapia

- Radioterapia por feixe de prótons

- ➔ É **necessário** um equipamento tipo ciclotron para obtenção e aceleração dos prótons;
- ➔ O tratamento **leva aproximadamente** de 1 a 2 minutos.
- ➔ A **grande desvantagem** que é um procedimento extremamente caro em função do equipamento necessário para gerar e acelerar os prótons.

Normas aplicáveis aos serviços de radioterapia

- CNEN-NE-3.01 - Diretrizes Básicas de Radioproteção
- CNEN-NE-3.02 - Serviços de Radioproteção
- CNEN-NN-3.03 - Certificação da Qualificação de Supervisores de Radioproteção
- ***CNEN-NE-3.06 - Requisitos de Radioproteção e Segurança para Serviços de Radioterapia***
- CNEN-NE-5.01 - Transporte de Materiais Radioativos
- ***CNEN-NE-6.01 - Registro de Profissionais para Uso e Manuseio de Fontes de Radiação***
- CNEN-NE-6.02 - Licenciamento de Instalações radiativas
- CNEN-NE-6.05 - Gerência de Rejeitos Radioativos

Normas aplicáveis aos serviços de radioterapia

- CNEN-NE-3.06 - Requisitos de Radioproteção e Segurança para Serviços de Radioterapia
 - ◆ **Estabelece** os requisitos de radioproteção e segurança relativos ao uso da radiação ionizante para fins terapêuticos, mediante fontes de radiação seladas em Serviços de Radioterapia.
 - ◆ **Apresenta** em seu escopo os Requisitos Gerais de Radioproteção quanto ao projeto e operação específicos aos equipamentos de raios X, aceleradores de partículas, teleterapia com fontes seladas, equipamentos para braquiterapia e geradores e fontes de nêutrons.
 - ◆ **Especifica** os tópicos a serem abordados quando da elaboração e implementação do plano de radioproteção bem com as responsabilidades da direção do Serviço de Radioproteção.

Normas aplicáveis aos serviços de radioterapia

- CNEN-NE-6.01 - Requisitos para o Registro de Pessoas Físicas para o Preparo, Uso e Manuseio Fontes Radioativas
 - ◆ **Regula** o processo relativo ao registro de profissionais de nível superior habilitados para o preparo, o uso e o manuseio de fontes radioativas em instalações radiativas, na indústria, na agricultura, no ensino e na pesquisa.
 - ◆ **Apresenta** em seu escopo detalhando as áreas, que o profissional, devidamente registrado, pode atuar.
 - ◆ **Especifica** os requisitos que os candidatos ao registro de pessoa física devem satisfazer para a sua obtenção bem como estabelece os requisitos para a emissão e validade desses registros.

Normas aplicáveis aos serviços de radioterapia

- CNEN-NE-3.06 - Requisitos de Radioproteção e Segurança para Serviços de Radioterapia
 - ◆ Princípio da Justificativa
 - ◆ Responsabilidades Básicas
 - ◆ Plano de Radioproteção
 - ◆ Instalações e Equipamentos
 - ◆ Controle e Monitoração de Área
 - ◆ Blindagens
 - ◆ Programa de Garantia da Qualidade
 - ◆ Controle de Qualidade dos instrumentos de Medida
 - ◆ Procedimentos e Dispositivos de Segurança
 - ◆ Requisitos Gerais de Radioproteção em Radioterapia
 - ◆ Requisitos de Projeto e Operação
 - ◆ Análise e Registros
 - ◆ Fiscalização

Normas aplicáveis aos serviços de radioterapia

- CNEN-NE-3.06 - Requisitos de Radioproteção e Segurança para Serviços de Radioterapia
 - Princípio da justificação (item 4.2) - Devem ser levados em consideração:
 - ◆ As vantagens relativas em comparação com outros métodos de tratamento, tais com cirurgia e quimioterapia;
 - ◆ Os riscos de indução de detrimientos malignos, e os riscos devido a tratamento alternativos;
 - ◆ O balanço entre a gravidade da condição a ser tratada e a possibilidade de ocorrência de efeitos estocásticos e determinísticos (fora do volume alvo).

Normas aplicáveis aos serviços de radioterapia

- CNEN-NE-3.06 - Requisitos de Radioproteção e Segurança para Serviços de Radioterapia
 - ➔ **Responsabilidades básicas** (item 4.3) - A Direção do Serviço de Radioterapia - TITULAR- É responsável pela segurança e radioproteção dos pacientes e da equipe médica e deve **assegurar**:
 - Que somente pessoal **treinado** e **autorizado** opere fontes de radiação;
 - **Todos** recursos necessários para minimizar a probabilidade de ocorrência de acidentes;
 - **Treinamento** e recursos materiais para atuação em situação de incidente ou acidente;

Normas aplicáveis aos serviços de radioterapia

- CNEN-NE-3.06 - Requisitos de Radioproteção e Segurança para Serviços de Radioterapia
 - Responsabilidades básicas (item 4.3) - A Direção do Serviço de Radioterapia - TITULAR- É responsável pela segurança e radioproteção dos pacientes e da equipe médica e deve assegurar:
 - ◆ Que as fontes de radiação (e rejeitos radioativos) estejam adequadamente instaladas e protegidas;
 - ◆ Que sejam fornecidas e aplicadas todas as normas de Radioproteção e instruções de segurança aos pacientes e à equipe médica;
 - ◆ Pronta comunicação à CNEN sobre a retirada de uso de qualquer fonte, bem como sobre a ocorrência de perdas, roubos ou danos de fontes.

Normas aplicáveis aos serviços de radioterapia

- CNEN-NE-3.06 - Requisitos de Radioproteção e Segurança para Serviços de Radioterapia
 - Plano de radioproteção (item 4.4) - O Serviço de Radioterapia deve possuir um Plano de Radioproteção contendo as informações citadas na norma CNEN-NE-3.01 e:
 - ◆ Organização do Serviço, as atribuições específicas do Supervisor de Radioproteção e da equipe médica;
 - ◆ Treinamento específico ministrado à equipe médica do Serviço, incluindo programas de cursos e carga horária;
 - ◆ Projeto das instalações, em escala, incluindo as áreas destinadas ao uso, preparação, medida e armazenamento de material radioativo, rejeitos radioativos e área destinadas à internação de pacientes em tratamento de Braquiterapia;
 - ◆ Classificação das áreas das instalações, controle de acesso em áreas restritas e sinalização específica;

Normas aplicáveis aos serviços de radioterapia

- CNEN-NE-3.06 - Requisitos de Radioproteção e Segurança para Serviços de Radioterapia
 - Plano de radioproteção (item 4.4) - O Serviço de Radioterapia deve possuir um Plano de Radioproteção contendo as informações citadas na norma CNEN-NE-3.01 e:
 - Instrumentação para medição da radiação;
 - Plano para situação de emergência, fornecendo as possíveis condições de acidentes, prováveis conseqüências, e os procedimentos que serão adotados para controlá-las;
 - Procedimentos de radioproteção utilizados durante as sessões de Radioterapia, incluindo em braquiterapia a monitoração de área com o paciente internado;
 - Gerência de rejeitos radioativos, (CNEN-NE-6.05)
 - Controle físico das instalações;

Normas aplicáveis aos serviços de radioterapia

- CNEN-NE-3.06 - Requisitos de Radioproteção e Segurança para Serviços de Radioterapia
 - Plano de radioproteção (item 4.4) - O Serviço de Radioterapia deve possuir Plano de Radioproteção contendo as informações da norma CNEN-NE-3.01 e:
 - ◆ Procedimentos e resultados de monitorações radiológicas de todas as áreas onde são manuseadas, utilizadas e armazenadas fontes de radiação;
 - ◆ Dosimetria inicial completa das fontes de radiação (comissionamento) e frequência de realização (das dosimetrias e controles periódicos);
 - ◆ Inventário das fontes de braquiterapia existentes;
 - ◆ Procedimentos empregados para transporte de material radioativo, interno e externo ao Serviço, incluindo materiais adquiridos.

Normas aplicáveis aos serviços de radioterapia

- CNEN-NE-3.06 - Requisitos de Radioproteção e Segurança para Serviços de Radioterapia
 - Instalações e equipamentos (item 4.5.1 - requisitos gerais) - O Serviço de Radioterapia deve estar equipado com:
 - ◆ laboratório para o preparo e uso de material radioativo;
 - ◆ sala de espera, de exames, de tratamento, de controle e banheiro para pacientes;
 - ◆ armazenamento de fontes e rejeitos radioativos;
 - ◆ monitoração individual e monitoração de área;
 - ◆ dosimetria de fontes;
 - ◆ calibração, aferição e ajuste de equipamentos;
 - ◆ armazenamento de instrumentos de medidas;
 - ◆ áreas livres adjacentes a salas de tratamento, aos laboratórios para o preparo e uso de material radioativo, as salas de armazenamento de fontes e rejeitos radioativos.

Normas aplicáveis aos serviços de radioterapia

- CNEN-NE-3.06 - Requisitos de Radioproteção e Segurança para Serviços de Radioterapia
 - Instalações e equipamentos (item 4.5.2 - controle e monitoração de área) - Antes do início de operação de qualquer instalação de Radioterapia e após a ocorrência de qualquer modificação que possa alterar significativamente os níveis de radiação, devem ser realizados controles e monitorações de área, considerando:
 - ◆ realização de medições de níveis de radiação em barreiras secundárias usando fantasmas e feixe útil de radiação com o maior tamanho de campo clinicamente utilizado;
 - ◆ blindagens, intertravamentos, mecanismos de controle de feixe de radiação, dispositivos e avisos de segurança;

Normas aplicáveis aos serviços de radioterapia

- CNEN-NE-3.06 - Requisitos de Radioproteção e Segurança para Serviços de Radioterapia
 - Instalações e equipamentos (item 4.5.3 - **Blindagens**) - Devem atender aos seguintes requisitos:
 - ◆ blindagens e as dimensões das instalações serão tais que as operações possam ser executadas em conformidade com os limites autorizados e o princípio da otimização;
 - ◆ janelas e portas de salas de tratamento atenderão aos mesmos requisitos de blindagem aplicáveis às paredes onde estão localizadas;
 - ◆ projetos de novas instalações e/ou modificações envolvendo blindagem estrutural serão revistos e aprovados por perito qualificado e estão sujeitos à aprovação por Autoridade Competente;
 - ◆ projetos e/ou modificações em instalações, incluindo especificações de blindagens, estarão arquivados em local próprio e acessível à auditoria da CNEN.

Normas aplicáveis aos serviços de radioterapia

- CNEN-NE-3.06 - Requisitos de Radioproteção e Segurança para Serviços de Radioterapia
 - Instalações e equipamentos (item 4.5.4 - **Equipamentos de radioterapia**) - Devem ser estabelecidos PGC para equipamentos antes do início de operação, após alterações em blindagens, ou após reinstalações em outros locais, incluindo dosimetria de fontes, verificando:
 - ◆ o valor da grandeza radiológica utilizada para todos os tamanhos de campos e qualidades (energia) de feixes de radiação empregados para todas as distâncias e condições de irradiação;
 - ◆ a qualidade (energia) do feixe útil de radiação para todas as condições de operação;
 - ◆ a congruência entre o campo de radiação e o campo indicado pelo dispositivo localizador;
 - ◆ a uniformidade do campo de radiação e sua dependência com relação à direção do feixe útil de radiação.

Normas aplicáveis aos serviços de radioterapia

- CNEN-NE-3.06 - Requisitos de Radioproteção e Segurança para Serviços de Radioterapia
 - Instalações e equipamentos (item 4.5.5 - **Instrumentos de medida**) - CQ para os dosímetros clínicos (DC) e monitores de área (MA), considerando:
 - ◆ calibração periódica (1 ano para MA e 2 anos para DC de referência) em laboratórios autorizados pela CNEN;
 - ◆ recalibração (independente aos períodos estabelecidos), em casos de ocorrências de defeitos, consertos ou indicação de funcionamento irregular;
 - ◆ Aferições periódicas com fontes-testes;
 - ◆ Aferição imediatamente após a realização de transportes.

Normas aplicáveis aos serviços de radioterapia

- CNEN-NE-3.06 - Requisitos de Radioproteção e Segurança para Serviços de Radioterapia
 - Instalações e equipamentos (item 4.5.6 - **Procedimentos** e **dispositivos** de **segurança**) - Devem ser empregados:
 - ◆ dispositivos de segurança que previnam a ocorrência de erros na seleção dos parâmetros essenciais à Radioterapia e para desempenho dos equipamentos;
 - ◆ Intertravamento nas portas que previnam acesso indevido de pessoas durante o tratamento;
 - ◆ dispositivos luminosos indicadores na sala de controle e na (entrada) sala de tratamento;
 - ◆ medidas de segurança para prevenir a remoção acidental ou não autorizada de fontes, (ocorrência de incêndios e inundações)
 - ◆ Dispositivos que interrompam automaticamente as irradiações após um período de tempo ou dose pre-estabelecidos;

Normas aplicáveis aos serviços de radioterapia

- CNEN-NE-3.06 - Requisitos de Radioproteção e Segurança para Serviços de Radioterapia
 - Instalações e equipamentos (item 4.5.6 - Procedimentos e dispositivos de segurança) - Devem ser empregados:
 - ◆ Medidas para garantir que somente pessoas autorizadas pela Direção sejam responsáveis pelo armazenamento, uso, envio e recebimento de fontes seladas;
 - ◆ armazenamento de fontes seladas fora de uso em condições que garantam sua proteção física e radioproteção (das pessoas);
 - ◆ verificação da integridade de fontes seladas pelo menos uma vez por ano, ou sempre que ocorrerem suspeitas fundamentadas de vazamentos ou danos;
 - ◆ fontes seladas danificadas, área onde a fonte foi armazenada ou utilizadas, bem como pessoas que possam ter sido contaminadas, devem ser monitoradas e em tal circunstância a CNEN deve ser comunicada;

Normas aplicáveis aos serviços de radioterapia

- CNEN-NE-3.06 - Requisitos de Radioproteção e Segurança para Serviços de Radioterapia
 - Instalações e equipamentos (item 4.5.6 - Procedimentos e dispositivos de segurança) - Devem ser empregados:
 - ◆ Não é permitida a presença de acompanhantes na salas de irradiação e em quartos de braquiterapia;
 - ◆ Não é permitida a irradiação de pessoas para propósitos de treinamento ou demonstração;
 - ◆ Em tratamento com feixe superiores a 60 keV não é permitido a presença de pessoas na sala e inferior a 60 keV é obrigatório o uso de vestimentas de proteção com espessura equivalente a 0,5 mm de Pb;
 - ◆ Possibilidade de observar e comunicar com os pacientes a partir da sala de comando;
 - ◆ Planejamento do tratamento radioterápico de forma a reduzir (ALARA) a dose equivalente efetiva em pacientes e a dose em órgãos radiosensíveis que não sejam objeto do tratamento;

Fonte: Maria Helena Marechal PhD

Normas aplicáveis aos serviços de radioterapia

- CNEN-NE-3.06 - Requisitos de Radioproteção e Segurança para Serviços de Radioterapia
 - Análise e registros (item 7) - O Supervisor de Radioproteção do Serviço de Radioterapia é responsável por:
 - ◆ Proceder à análise de resultados de controle e monitoração, de medidas de segurança;
 - ◆ Calibração e aferição de equipamentos, e quando necessário, providenciar as devidas correções ou reparos;

Normas aplicáveis aos serviços de radioterapia

- CNEN-NE-3.06 - Requisitos de Radioproteção e Segurança para Serviços de Radioterapia
 - Análise e registros - O Supervisor é responsável por Registrar integralmente, em livro próprio:
 - ◆ plano de tratamento;
 - ◆ resultados de controles e monitoração;
 - ◆ medidas de segurança;
 - ◆ ocorrências radiológicas;
 - ◆ resultados do controle de qualidade;
 - ◆ resultados de dosimetria (com que frequência faz);
 - ◆ registros de dose individual acumulada;
 - ◆ programa de treinamento;
 - ◆ informação sobre movimentação de fontes e condições de operação, segurança de equipamentos e gerência de rejeitos radioativos.

Normas aplicáveis aos serviços de radioterapia

- CNEN-NE-6.01 - Requisitos para o Registro de Pessoas Físicas para o Preparo, Uso e Manuseio de Fontes Radioativas
 - Aplicações Médicas para o uso e manuseio de fontes radioativas seladas
 - ◆ terapia com equipamentos de teleterapia ou braquiterapia
 - ◆ irradiação de células com irradiadores auto-blindados
 - Requisitos específicos
 - ◆ O candidato ao registro, deve comprovar sua qualificação, na área de atuação específica, da seguinte forma:
 - ◆ para o registro de profissionais da área médica para uso, preparo ou manuseio de fontes radioativas seladas, o título de especialista em radioterapia, concedido por órgão credenciado para tal, na forma da lei e a “aprovação em exame de Proteção Radiológica da CNEN, específico para aplicação médica”.

Normas aplicáveis aos serviços de radioterapia

- CNEN-NE-6.01 - Requisitos para o Registro de Pessoas Físicas para o Preparo, Uso e Manuseio de Fontes Radioativas
 - Emissão e validade de registro
 - ◆ O registro será fornecido para área de atuação estabelecida no mesmo e terá validade por 5 (cinco) anos
 - ◆ O registro será revalidado por igual período de tempo, desde que o profissional comprove ter exercido atividades em sua área de atuação durante, no mínimo, a metade do período de validade de seu registro.
 - ◆ Essa revalidação deve ser solicitada através de requerimento
 - ◆ É necessária a obtenção de um novo registro, para o profissional que se transferir para outra área de atuação diversa daquela do seu registro original
 - ◆ O profissional que não comprovar o exercício de atividades em sua área de atuação no mínimo pela metade do período de validade de seu registro, deverá requerer novo registro

Execícios -2

- Quem é o principal responsável pela proteção radiológica em um serviço de radioterapia ?
- É permitida a presença de acompanhantes em quartos destinados a tratamentos de braquiterapia ?
- Qual o prazo de validade para o registro de radioterapeuta na CNEN e qual o critério, em vigor, para renovação?

Execícios -2

- Cite cinco registros que devem ser assentados segundo a norma NE 3.06 em livro próprio em um serviço de radioterapia.
- Cite cinco procedimentos e/ou dispositivos de segurança exigidos em instalações de teleterapia.
- O uso de dosímetro individual de torax (filme ou TLD) é primordial para:
 - (a) proteger, individualmente, cada trabalhador das radiações , em cada mês
 - (b) verificar se as doses recebidas mensalmente estão acima de 0,2 mSv
 - (c) saber a quantidade de radiação que um trabalhador absorveu no tórax
 - (d) confirmar e corrigir o planejamento feito de proteção radiológica para os trabalhadores através da indicação da

Execícios -1 (respostas)

- Slide 177 e 178;
- Slide 189;
- Slide 193;

Execícios -1 (respostas)

- Slide 191;
- Slide 187 e 188;
- Letra c;

Notas de aula: Tecnologia em Radioterapia

Prof Luciano Santa Rita Oliveira

<http://www.lucianosantarita.pro.br>

E-mail: tecnologo@lucianosantarita.pro.br