



Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Centro Biomédico
Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes

Anderson Alexandre da Silva Santos

**Elaboração de um programa de CQ para MLC no serviço de
radioterapia da Fundação Centro de Controle de Oncologia do
Estado do Amazonas (FCECON-AM) a partir da leitura do TG 142 e
do NCS 22**

Rio de Janeiro
2019

Anderson Alexandre da Silva Santos

**Elaboração de um programa de CQ para MLC no serviço de radioterapia da
Fundação Centro de Controle de Oncologia do Estado do Amazonas (FCECON-
AM) a partir da leitura do TG 142 e do NCS 22**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Física Médica, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração Radioterapia.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Veloso de Almeida

Rio de Janeiro

2019

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ/REDE SIRIUS/BIBLIOTECA CB-A

S237 Santos, Anderson Alexandre da Silva.
Elaboração de um programa de CQ para MLC no serviço de radioterapia da Fundação Centro de Controle de Oncologia do Estado do Amazonas (FECCON-AM) a partir da leitura do TG 142 e do NCS 22 / Anderson Alexandre da Silva Santos – 2019.
151 f.

Orientador: Carlos Eduardo Veloso de Almeida

Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes. Programa de Pós-Graduação em Física Médica.

1. Física Médica – Teses. 2. Controle de Qualidade– Teses. 3. Radioterapia - Teses. 4. Gestão da Qualidade – Teses. I. Almeida, Carlos Eduardo Veloso de. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes. III. Título.

CDU 615.849 – 035.4

Bibliotecária: Ana Rachel Fonseca de Oliveira
CRB7/6382

Autorizo apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação, desde que citada a fonte.

Assinatura

Data

Anderson Alexandre da Silva Santos

**Elaboração de um programa de CQ para MLC no serviço de radioterapia da
Fundação Centro de Controle de Oncologia do Estado do Amazonas (FCECON-
AM) a partir da leitura do TG 142 e do NCS 22**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Física Médica, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração Radioterapia

Aprovada em 14 de março de 2019.

Banca Examinadora: _____

Prof. Dr. Carlos Eduardo Veloso de Almeida (Orientador)

Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes - UERJ

Prof. Dra. Luciana Tourinho Campos

Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes - UERJ

Prof. Dra. Arissa Pickler Oliveira

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Rio de Janeiro

2019

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a um Deus Todo-poderoso, onisciente, onipotente e onipresente; aos meus pais, Adilio (*in memoriam*) e Maria Aparecida, por terem dedicado boa parte das suas vidas na construção de um homem amado, instruído, batalhador e humano; aos meus avós maternos, Vó Nina (*in memoriam*) e Manoel Alexandre (*in memoriam*), pela dedicação, companheirismo, exemplos e dengos, e a minha avó paterna, Terezinha (*in memoriam*), pela doçura retratada em forma de pessoa e bolachinhas de goma que me fizeram “lamber os ‘beijo’”; a minha pintona, pequenina e amada filha por tornar ainda mais clara, concreta e saborosa a definição do que é o amor; à todas as pessoas que buscam forças na fé ou na ciência para vencer o câncer; e, por fim, à Ciência por voltar os meus olhos para um mundo iluminado.

AGRADECIMENTOS

Antes de qualquer parágrafo escrito, ofereço o meu primeiro e sincero agradecimento a um Deus maravilhoso que me proporcionou o dom da vida e que, incessantemente, me guarda, me protege, me ilumina, me guia, me fortalece e me reserva pessoas, oportunidades e momentos valiosos.

Abaixo desse Deus, estão, em igualdade de valor, os meus pais, os meus avós maternos e a minha filha, respectivamente.

Aos meus pais, Adilio Pereira dos Santos (*in memoriam*) e Maria Aparecida Alexandre da Silva Santos, eu devo, antes de mais nada, o meu eterno “muito obrigado!”. Cada esforço, cada atitude de dedicação, de amor, de punição que vocês tiveram comigo contribuíram para a formação do meu caráter e serviram de espelho para trilha da minha vida. Desse modo, hoje encontro-me feliz na mesma situação que outrora vocês protagonizavam.

Aos meus avós, Maria da Glória Rodrigues da Silva (*in memoriam*) e Manoel Alexandre da Silva (*in memoriam*), carinhosamente apelidados por “Dona Nina” e “Cabra”, serei eternamente grato pela comidinha caseira, a mais saborosa do universo; pela divertida companhia diária na hora do almoço, após retornar do colégio; pelos mimos; pelas viagens de férias à Guarajuba-BA; pelas merendas da tarde assistindo Hulk Hogan, na TV; pelas noites regadas à pizza de liquidificador; e por cada “bicho-de-porco” retirado dos pés com espinhos da roseira ou agulhas de costura. Esses momentos ficarão guardados para sempre na minha memória!

Em especial, dedico um parágrafo inteiro ao meu avô, Manoel Alexandre da Silva, o “Cabra”. Um cara surpreendente que, obedecendo à sua sina, concedeu-me o privilégio de ter mais um pai. Para mim, um presente de Deus! Para ele, mais que um neto. Um filho a quem soube dar, do seu jeito, tudo do bom e do melhor no que tange aos valores humanos. Meu avô, muito obrigado por ter me ensinado, através das suas atitudes e histórias, a ser um homem honesto, batalhador e chefe-de-família com hombridade! O senhor é o meu verdadeiro exemplo! O meu verdadeiro herói!

À minha pequena princesa, Sophia Oliveira Fernandes da Silva Santos, só tenho a agradecer por ser a minha inesgotável fonte de amor e energia. De amor, por despertar em mim esse sentimento que se expande aceleradamente a cada dia

da minha vida. De energia, por me estimular a batalhar, crescer na vida como pessoa e profissional em prol do seu bem-estar, da sua felicidade e dos seus sonhos. Eu te amo, Bê!

Ao meu afilhado, Guilherme Bizerra Coutinho, agradeço por ter sido o primeiro ser na face da Terra a fazer com que eu me sentisse responsável e confiável diante dessa responsabilidade a mim concebida.

A todos os meus familiares, em especial ao meu tio Tonhão e a minha tia Lany por estarem sendo figuras presentes na vida da minha mãe, na minha ausência; à minha Tia Célia, uma segunda mãe, um ser humano maravilhoso, e a minha madrinha, Flávia Roberta da Silva Bizerra, pelo companheirismo na minha vida, na vida da minha mãe e da minha filha até os dias de hoje, corroborando o sentido da palavra família.

A dona Maria de Fátima da Silva, qualquer agradecimento é pouco para o papel que esta mulher guerreira desempenha na nossa família. Não há no mundo dinheiro que pague o que esta mulher fez pelo meu pai, pelo meu avô e ainda faz por mim, pela minha mãe e pela minha filha. Fau, também me sinto privilegiado em tê-la como uma segunda mãe e como uma das diversas avós da minha filha.

Aos meus primos resenheiros que tanto amo, Brendon Máximo, Juninho e Lucas.

Aos meus amigos do peito, Wendell, Bruno, Júnior, Thiago Pedro, Jamilton, “Seu” João, Antônio Jorge e Elves.

A todos os meus amigos do mestrado, em especial ao Marcos, Samuel, Thyago, Ramiro, Dayslon, Emer e Adenilson. Aos dois últimos, devo um agradecimento mais que especial por contribuírem na construção deste trabalho e por sempre terem se mostrado meus companheiros durante os 18 meses de mestrado na Fundação do Câncer – RJ. Juntos aprontamos poucas e boas!

Ao físico-médico Milton João Ramim Júnior, vulgo Budega, pela imensa simpatia, paciência, solicitude, inúmeras brincadeiras e por todo ensinamento que a mim foi transferido.

Ao grande ser-humano, e brilhante físico, Wagner Paniago de Souza, pela valiosa amizade, cumplicidade, ensinamentos, churrasqueadas e IPA's. Para mim um grande-irmão, mentor e exemplo de profissional, ao qual procuro me espelhar para alcançar – quem sabe? – metade do reconhecimento e respeito que o mesmo possui em todo o Brasil. Waginão, você é o cara! Sou seu fã de carteirinha, meu

amigo! O pouco do que sei hoje partiu de você e, se cheguei até aqui, você tem um papel crucial nessa conquista. Muito obrigado, cara!

Ao Hospital São Rafael, em Salvador-BA, por ter sido nele onde tudo começou.

Aos meus amigos do Hospital São Rafael, Ramon, Márcio, Lis, Kênia, Charles, Bruno e Érika pela amizade, troca de experiências e aprendizagem.

Aos meus amigos físicos-médicos da Fundação Centro de Controle de Oncologia do Estado do Amazonas – FCECON/AM, Diógenes, Maciel e Maurício, pela confiança, pelo constante intercâmbio de conhecimento e pelo ambiente de trabalho divertido no qual convivemos.

Aos dosimetristas da FCECON/AM, Isair e Raffaele, pela receptividade e pelo conhecimento que adquiri com eles desde quando passei a fazer parte do corpo de físicos-médicos do hospital.

À toda equipe do serviço de radioterapia da FCECON/AM.

À minha linda namorada, maravilhosa, “arretada”, carinhosa, atenciosa, batalhadora e técnica de radioterapia, Rosiele Lopes Mendez dos Santos, pela boa vontade e parceria durante as execuções de todos os testes desta dissertação, qualquer que fosse o dia e a hora. Minha gatinha, você foi guerreira e fundamental para que eu conseguisse concluir este trabalho.

Ao meu orientador, Professor Dr. Carlos Eduardo Veloso de Almeida, pela paciência, confiança e pela oportunidade, através do mestrado profissional, de ter me especializado profissionalmente como físico-médico na área de radioterapia.

À todos os professores da Fundação do Câncer e que por ela passaram.

À toda equipe da Fundação do Câncer que trabalhou para nos servir durante todo o tempo de vida do projeto.

À Fundação do Câncer por ter vinculado-se a UERJ, para abrir portas, aprimorando a formação em radioterapia do Brasil.

À CAPES e ao Ministério da Saúde, pelo apoio financeiro.

A mão do “cabrinha” é macia! Também, a única ferramenta é o lápis!

Manoel Alexandre da Silva (avô)

RESUMO

SANTOS, Anderson Alexandre da Silva. *Elaboração de um programa de CQ para MLC no serviço de radioterapia da Fundação Centro de Controle de Oncologia do Estado do Amazonas (FCECON-AM) a partir da leitura do TG 142 e do NCS 22*. 2018. 151 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Física Médica) – Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

O conjunto de testes de controle de qualidade para colimadores multilâminas visa verificar a exatidão no posicionamento mecânico das lâminas e a sua capacidade em dar respostas vinculadas a qualquer parâmetro de dependência. No presente trabalho será elaborado um Programa de Controle da Qualidade (PCQ) voltado ao sistema de colimador multilâmina 80 Millenium™ MLC, da Varian Medical Systems™, recém-instalado no acelerador linear Clinac Varian 21EX, do serviço de radioterapia da Fundação Centro de Controle de Oncologia do Estado do Amazonas (FCECON-AM). Para isto, foram selecionados, detalhados, executados e discutidos cinco testes voltados para sistemas de MLC recomendados pelos “Task Group 142 report: Quality assurance of medical acellerators” e “Report 22 of the Netherlands Commission on Radiation Dosimetry: Code of Practice for the Quality Assurance and Control for Intensity Modulated Radiotherapy”. O “teste 1” tem por finalidade conferir o isocentro do MLC em função do gantry e do colimador. O resultado verificado se apresentou dentro dos limites e critérios de tolerância. O “teste 2” tem por finalidade verificar a precisão do posicionamento das lâminas. Os resultados verificados também se mostraram dentro dos limites de tolerância. Como uma extensão do teste anterior, o “teste 3” tem por finalidade observar a coincidência entre o campo planejado e o campo radioativo. Os resultados verificados se apresentaram dentro dos limites e critérios de tolerância. O “teste 4” tem por finalidade verificar a largura dos gaps, a distância entre gaps adjacentes e o alinhamento entre as lâminas de um mesmo carro. Da mesma forma, todos os resultados obedeceram aos limites de tolerância. O “teste 5” tem por finalidade determinar os fatores de transmissão inter e intralâminas e comparar a sua média ao fator de transmissão comissionado no TPS. Novamente, os resultados verificados se apresentaram dentro dos limites e critérios de tolerância. Todos os resultados foram aprovados levando em consideração as tolerâncias adotadas pelo TG – 142, NCS 22 e por referências em controle de qualidade.

Palavras-chave: Programa de Controle da Qualidade. Controle da Qualidade. Protocolos. Multilâminas. MLC. FCECON/AM. Serviço de radioterapia. Sistema de Planejamento de Tratamento.

ABSTRACT

SANTOS, Anderson Alexandre da Silva. *Elaboration of a QC program for MLC in the radiotherapy service of the Oncology Control Center Foundation of the State of Amazonas (FCECON-AM) from the reading of TG 142 and NCS 22*. 2018. 151 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Física Médica) – Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

The set of quality control tests for multileaf collimators aims to verify the accuracy in the mechanical positioning of the leaves and their ability to give answers related to any dependency parameter. In the present work, a Quality Assurance Program (QAP) will be developed for Varian Medical Systems™ multileaf 80 millenium™ MLC collimator system, recently installed in the Clinac Varian 21EX linear accelerator, of the radiotherapy department of the Oncology Control Center Foundation of the State of Amazonas (FCECON-AM). Five tests were designed for this purpose, detailed, executed and discussed for MLC systems recommended by the "Task Group 142 report: Quality assurance of medical acellerators" and "Report 22 of the Netherlands Commission on Radiation Dosimetry: Code of Practice for the Quality Assurance and Control for Intensity Modulated Radiotherapy. " "Test 1" is intended to evaluate the MLC isocenter as a function of the gantry and the collimator. The verified result presented within the limits and criteria of tolerance. "Test 2" is intended to verify the positioning precision of the leaves. The results also showed to be within tolerance limits. As an extension of the previous test, "test 3" is intended to observe the coincidence between the planned field and the radioactive field. The results verified were within tolerance limits and criteria. "Test 4" is intended to check the gap's width, the distance between adjacent gaps and the alignment between the same car leaves. In the same way, all the results obeyed the limits of tolerance. The "test 5" aims to determine the inter and intraleaf transmission factors and compare their mean to the transmission factor commissioned in the Treatment Planning System (TPS). Again, the results verified were within tolerance limits and criteria. All the results were approved taking into account the tolerances adopted by the TG - 142, NCS 22 and by references in quality control.

Keywords: Quality Assurance Program. Quality control. Protocols. Multileaf. MLC. FCECON / AM. Radiotherapy service. Treatment Planning System.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Campo anterior e lateral com proteções para a técnica 2D (convencional).....	26
Figura 2 –	Planejamento computadorizado (3DCRT).....	27
Figura 3 –	Primeira bomba de cobalto do CECOM-AM, a Theratron 780.....	29
Figura 4 –	Theratron Phoenix.....	30
Figura 5 –	Braquiterapia Nucletron.....	31
Figura 6 –	Obra de ampliação da FCECOM / AM.....	32
Figura 7 –	Construção do novo prédio da FCECOM/AM 2003/2006.....	32
Figura 8 –	Simulador.....	33
Figura 9 –	Acelerador linear Clinac 21EX.....	33
Figura 10 –	<i>Design</i> do sistema de colimação da <i>Varian</i>	35
Figura 11 –	MLC <i>Varian</i>	36
Figura 12 –	Esquema de comparação das configurações acessíveis da folha de MLCs do fabricante <i>Varian</i> para um campo 40 x 20 cm ²	37
Figura 13 –	Esquema de MLCs comerciais com o respectivo projeto de encaixe <i>tongue and groove</i>	39
Figura 14 –	Esquema genérico de uma lâmina que forma parte de um sistema MLC e a denominação das suas especificações.....	39
Figura 15 –	Esquema genérico de lâmina com borda arredondada e a diferença entre campo luminoso e de radiação.....	41
Figura 16 –	Influência da borda arredondada das lâminas do MLC da <i>Varian</i> na penumbra.....	42
Figura 17 –	Acurácia e precisão.....	44
Figura 18 –	<i>Task Group 142</i>	46
Figura 19 –	NCS 22.....	47
Figura 20 –	Acelerador linear Clinac <i>Varian</i> 21 EX com duas energias de fótons (6MV e 10MV).....	50
Figura 21 –	Câmara de ionização semiflex 0,125cm ³ TN31010 PTW.....	51
Figura 22 –	Eletrômetro <i>Standard Imaging</i> CDX-2000B.....	51

Figura 23 –	Fantoma cúbico de acrílico.....	51
Figura 24 –	Placas de água sólida.....	52
Figura 25 –	Filme <i>GAFCHROMIC</i> EBT3.....	52
Figura 26 –	Isocentro do MLC.....	54
Figura 27 –	Formato de campo referente aos passos de 1 a 5.....	56
Figura 28 –	Formato do campo em folha milimetrada referente aos passos de 1 a 3.....	57
Figura 29 –	Delineamento e marcações do campo através de furos (pontos) ...	58
Figura 30 –	Campo simétrico de dimensão 10 x 10 cm ²	58
Figura 31 –	<i>Setup</i> do teste referente aos passos de 6 até 14.....	59
Figura 32 –	Campo de MLC planejado pelo físico-médico.....	60
Figura 33 –	Placa sobreposta com os lasers axial e sagital da sala de tratamento.....	61
Figura 34 –	<i>Setup</i> com gantre a 0°.....	62
Figura 35 –	<i>Setup</i> com gantre a 180°.....	62
Figura 36 –	Tamanho de campo do <i>gantry</i> a 180°.....	63
Figura 37 –	<i>Setup</i> com colimador girado a 90°.....	63
Figura 38 –	<i>Setup</i> com colimador girado a 270°.....	64
Figura 39 –	Retirando as placas de água sólida de cima do filme <i>gafchromic</i> EBT3.....	65
Figura 40 –	Filme <i>gafchromic</i> EBT3 no digitalizador.....	65
Figura 41 –	Zona de superexposição ou subexposição no centro do campo.....	66
Figura 42 –	Lâminas precisamente localizadas.....	68
Figura 43 –	Campo de referência planejado para o teste 2.....	70
Figura 44 –	BEV do campo de referência fixado no digitalizador com fita adesiva / teste 2.....	72
Figura 45 –	Papel milimetrado fixado sobre o BEV do campo de referência com fita adesiva / teste 2.....	73
Figura 46 –	Resultado do teste até o passo 6 / teste 2.....	74
Figura 47 –	Resultado do teste do passo 7 ao 16 / teste 2.....	75
Figura 48 –	Inspeção do campo luminoso e do campo radioativo.....	78
Figura 49 –	Campo de referência planejado para o teste 3.....	80
	BEV do campo de referência fixado no digitalizador com fita	

Figura 50 –	adesiva / teste 3.....	82
Figura 51 –	Papel milimetrado fixado sobre o BEV do campo de referência com fita adesiva / teste 3.....	83
Figura 52 –	Resultado do teste até o passo 6 / teste 3.....	84
Figura 53 –	Campo simétrico de dimensão 15 x 15 cm ²	85
Figura 54 –	Resultado do teste do passo 6 ao 15 / teste 3.....	86
Figura 55 –	Resultado do teste do passo 7 ao 16 / teste 3.....	87
Figura 56 –	Teste de garden fence.....	90
Figura 57 –	Deslocamento do <i>GAP</i>	92
Figura 58 –	BEV do campo de referência fixado no digitalizador com fita adesiva / teste 4.....	93
Figura 59 –	Papel milimetrado fixado sobre o BEV do campo de referência com fita adesiva / teste 4.....	94
Figura 60 –	Resultado do teste até o passo 6 / teste 4.....	95
Figura 61 –	Campo simétrico de dimensão 15 x 10 cm ²	95
Figura 62 –	Resultado do teste do passo 10 ao 18 / teste 4.....	96
Figura 63 –	Alinhamento dos lasers axial e sagital da sala de tratamento na placa.....	97
Figura 64 –	Placas de água sólida posicionadas e alinhadas na sala.....	98
Figura 65 –	Retirada das placas de água sólida de cima do filme.....	98
Figura 66 –	Transmissão intra e inter lâminas.....	101
Figura 67 –	Campo de referência 10 x 10 cm ² do primeiro plano.....	104
Figura 68 –	Lâminas do CARRO A bloqueado completamente a abertura do campo 10 x 10 cm ² até embaixo do <i>jaw</i> oposto, mantendo-se uma lâmina retraída.....	105
Figura 69 –	Lâminas do CARRO B bloqueado completamente a abertura do campo 10 x 10 cm ² até embaixo do <i>jaw</i> oposto, mantendo-se uma lâmina retraído.....	105
Figura 70 –	Campo aberto de dimensão 10 x 10 cm ²	106
Figura 71 –	Alinhamento dos eixos longitudinal e transversal desse BEV com a projeção do reticulado do campo 10 x 10 cm ² anteriormente carregado no 4D.....	107
Figura 72 –	BEV fixado ao tampo da mesa com fita adesiva.....	107

Figura 73 – Corte de uma borda do papel milimetrado rente à região graticulada.....	108
Figura 74 – Segmento de reta como um prolongamento do eixo longitudinal do campo.....	109
Figura 75 – Segmentos de retas igualmente espaçados com uma distância de 1,6 cm.....	110
Figura 76 – Posicionamento do fantoma sobre o BEV e abaixo do colimador...	111
Figura 77 – Alinhamento do fantoma com o reticulado do campo 10 x 10 cm ² e SSD = 100 cm.....	112
Figura 78 – Posicionamento do eletrômetro sobre a bancada da área de comando.....	113
Figura 79 – Cabo que conectará a câmara ao eletrômetro.....	113
Figura 80 – Cabo conectado ao eletrômetro.....	114
Figura 81 – Retirar a capa de build-up.....	115
Figura 82 – Inserir câmara de ionização no compartimento do fantoma.....	115
Figura 83 – Conector do cabo da câmara de ionização ligado ao outro conector do cabo que faz a ligação com o eletrômetro.....	116
Figura 84 – Cabos fixado à mesa do acelerador com auxílio de fita adesiva / teste 5.....	116
Figura 85 – Eletrômetro ligado (<i>POWER</i>).....	117
Figura 86 – Esperar 15 minutos de aquecimento para o eletrômetro.....	117
Figura 87 – Zerar o tempo de aquecimento do eletrômetro.....	118
Figura 88 – Eletrômetro tensão de -300 V.....	119
Figura 89 – Eletrômetro em modo de carga.....	119
Figura 90 – Resetar/zerar a leitura de carga pelo eletrômetro.....	119
Figura 91 – Regiões de parada da câmara / eixo central (mesa parada).....	121
Figura 92 – Laser sagital mantido exatamente sobre o segmento de reta central.....	121
Figura 93 – Regiões de parada da câmara / segmento de reta 1 (mesa parada).....	123
Figura 94 – Regiões de parada da câmara / segmento de reta 2 (mesa parada).....	124
Figura 95 – Regiões de parada da câmara / segmento de reta 3 (mesa	

	parada).....	125
Figura 96 –	Regiões de parada da câmara / segmento de reta -1 (mesa parada).....	126
Figura 97 –	Regiões de parada da câmara / segmento de reta -2 (mesa parada).....	128
Figura 98 –	Regiões de parada da câmara / segmento de reta -3 (mesa parada).....	129
Figura 99 –	Resultado obtido para o teste 1.....	133
Figura 100 -	Resultado obtido para o teste 2.....	135
Figura 101 -	Resultado obtido para o teste 3.....	137
Figura 102 -	Resultado obtido para o teste 4.....	139
Figura 103 -	Resultado obtido para o teste 5.....	141

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 –	Características dos MLC disponíveis no mercado.....	36
Quadro 2 –	Propriedades da liga de tungstênio para diferentes valores de densidade.....	38
Quadro 3 –	Formulário padronizado para registro dos resultados dos teste.	49
Quadro 4 –	Protocolo para o teste 1.....	67
Quadro 5 –	Propriedades do MLC para o teste 2.....	71
Quadro 6 –	Protocolo para o teste 2.....	77
Quadro 7 –	Propriedades do MLC para o teste 3.....	81
Quadro 8 –	Protocolo para o teste 3.....	89
Quadro 9 –	Propriedades do MLC para o teste 4.....	92
Quadro 10 –	Protocolo para o teste 4.....	100
Quadro 11 –	Propriedades do MLC para o teste 5.....	104
Quadro 12 –	Protocolo para o teste 5.....	131

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

TG	<i>Task Group Report</i>
NCS	<i>Nederlandse Commissie Voor Stralingsdosimetrie</i>
FCECON-AM	Fundação Centro de Controle de Oncologia do Estado do Amazonas
Clinac	Acelerador Linear de uso Clínico da <i>Varian</i>
2D	Duas dimensões ou bidimensional
3D	Três dimensões ou tridimensional
IMRT	Radioterapia de Intensidade Modulada
SRT	Radioterapia Estereotáxica
SRS	Radiocirurgia
SBRT	Radioterapia Estereotáxica Corporal
MLC	Colimador Multilâminas
4DITC	Console de Tratamento Integradado 4D
ARIA	Sistema de gerenciamento da <i>Varian</i>
PET-CT	Tomografia Computadorizada por Emissão de Pósitrons
TPS	Sistema de Planejamento de Tratamento Computadorizado
DVH	Histograma Dose Volume
CECON/AM	Centro de Controle de Oncologia do Estado do Amazonas
IGRT	Radioterapia Guiada por Imagem
HDR	<i>High Dose Rate</i>
LDR	<i>Low Dose Rate</i>
<i>Jaw</i>	Colimador
PCQ	Programa de Controle da Qualidade
PGQ	Programa de Garantia da Qualidade
CQ	Controle da Qualidade
AAPM	<i>American Association of Physicists in Medicine</i>
QA	Garantia da Qualidade
EPID	<i>Electronic Portal Imaging Device</i>
OARs	<i>Organs of Risk</i>
UM	Unidade Monitora
SAD	<i>Source Axis Distance</i>

BEV

Beam's Eye View

SSD

Source Skin Distance

LISTA DE SÍMBOLOS

cm	Centímetro
^{137}Cs	Césio 137
^{192}Ir	Íridio 192
®	Marca registrada ou protegida por direitos autorais
kV	Kilovoltagem ou kilo eletron volt
TM	<i>Talent Management</i>
10 x 10	Campo 10 cm por 10 cm
g/cm ³	Grama por centímetros cúbicos
%	Porcentagem
BOX	Formato de quatro campos em forma de caixa
^{60}Co	Cobalto 60
HVL	<i>Half Value Layer</i>
mm	Milímetro
MV	Mega eletron volt para fótons
cm ³	Centímetros cúbicos
cm ²	Centímetros quadrados
°	Grau
≤	Menor igual
A	Carro “A” do colimador
B	Carro “B” do colimador
=	Igualdade
±	Mais ou menos
>	Maior que
Δ	Desvio
V	Volt
nC	Nanocoulomb
FT _{inter}	Transmissão interlâminas
FT _{intra}	Transmissão intralâminas
×	Multiplicação
+	Soma

- Subtração
- Gy Gray
- q_0 Primeiro termo de leitura de carga

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	22
1	OBJETIVOS	24
1.1	Objetivo geral	24
1.2	Objetivos específicos	24
2	REFERENCIAL TEÓRICO	25
2.1	Radioterapia e as técnicas de planejamento da FCECON-AM	25
2.2	Eclipse, ARIA e 4DITC	27
2.3	Evolução histórica do serviço de radioterapia da FCECON-AM	28
2.4	Colimadores Multilâminas (MLC)	34
2.5	Programa de Controle de Qualidade	42
2.6	Filosofia do TG-142 e do NCS 22	45
3	METODOLOGIA	48
3.1	Materiais utilizados	49
3.2	Critério de seleção dos testes	52
3.3	Protocolo de Controle da Qualidade para o colimador multilâminas 80 MilleniumTM MLC	53
3.3.1	<u>Isocentricidade do MLC</u>	53
3.3.2	<u>Projeção do campo luminoso</u>	68
3.3.3	<u>Coincidência entre campo radiativo e o luminoso</u>	78
3.3.4	<u>Garden fence</u>	90
3.3.5	<u>Transmissão intra e inter lâminas</u>	101
4	ANALISE DE RESULTADOS E DISCUSSÃO	132
4.1	Resultado do teste isocentricidade do MLC (Teste 1)	132
4.2	Resultado do teste projeção do campo luminoso (Teste 2)	134
4.3	Resultado do teste coincidência entre campo radiativo e o luminoso (Teste 3)	136
4.4	Resultado do teste <i>garden fence</i> (Teste 4)	138
4.5	Resultado do teste de transmissão inter e intralâminas (Teste 5)	140
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	143
	REFERÊNCIAS	144

ANEXO A - Ficha de tratamento da primeira paciente tratada no serviço de radioterapia do CECON-AM no ano de 1978.....	146
ANEXO B - Múltiplos padrões para os testes 2 e 3.....	149

INTRODUÇÃO

A radioterapia é uma especialidade médica que faz uso de radiação ionizante no tratamento de neoplasias benignas e malignas. A forma de entrega desta radiação pode se dar por meio de diferentes técnicas (2D, 3DCRT, IMRT – *step and shoot*, *sliding window* e arco terapia – SBRT, radiocirurgia, etc.), as quais apresentam particularidades no que diz respeito à entrega da dose terapêutica e protocolos do programa de garantia de qualidade.

Em particular, no serviço de radioterapia da Fundação Centro de Controle de Oncologia do Estado do Amazonas (FCECON-AM), Dr. Abelardo Rodolfo Lemos Pampolha, essa entrega da dose terapêutica deixou de ser feita através de blocos de *cerrobend* e passou a ser feita através do sistema de colimadores multilâminas, *80 MilleniumTM* MLC, após a sua instalação, em Março de 2018, no acelerador linear de elétrons da *Varian Medical SystemsTM*, Clinac 21EX.

O *upgrade* implementado no Clinac 21EX justifica-se na melhoria da eficiência e, sobretudo, na otimização do tempo de espera do paciente para iniciar o seu tratamento. Antes do MLC despendia-se um tempo considerável na oficina por conta do protocolo a ser cumprido nessa etapa para a confecção dos blocos: cortar isopor, revesti-lo com esparadrapo, desenhar na bandeja, derreter o *cerrobend*, preencher o corte feito no isopor, esperar o resfriamento do *cerrobend* e limar o bloco produzido. Esse tempo tornava-se ainda maior quando a quantidade de *cerrobend* e o número bandejas disponíveis eram insuficientes para o tratamento de determinados pacientes e quando o bloco era confeccionado e colado de forma errada.

O emprego de um sistema de MLC implica num ganho na entrega da dose, o qual está compreendido entre 19-48% para uma configuração de campos paralelo-oposto (comumente aplicada para casos 2D do serviço da FCECON-AM) e entre 6-44% para uma configuração mais complexa de campos (aplicada para os casos conformacionais) (HELYER e HEISIG, 1995).

O advento do MLC melhorou a eficiência na realização dos tratamentos na radioterapia da Fundação, na medida em que propiciou a automatização da entrega da dose ao volume alvo. Por este ponto de vista, o sistema de colimação por meio de MLC, em substituição à técnica convencional de conformação do campo de

radiação até então utilizada, apresenta-se como um facilitador do trabalho dos técnicos de radioterapia do serviço. Todavia, segundo Furnari (2009) isso é um ledor engano, pois para garantir a exatidão no desempenho das máquinas de terapia e dos sistemas automatizados de controle exige-se grande dedicação e um trabalho sistemático, a fim de que pequenos descuidos não coloquem a perder a precisão que se imagina estar utilizando. São nestes detalhes que reside a importância do controle da qualidade em radioterapia.

Um programa de controle da qualidade para MLC deve garantir o funcionamento seguro e confiável de seus componentes mecânicos, pela avaliação da precisão posicional, do movimento confiável das lâminas, da fuga através das lâminas, dos *interlocks*, do trabalho na rede e da transferência de dados. (AMERICAN ASSOCIATION OF PHYSICISTS IN MEDICINE, 2001).

Sendo assim, visando implementar um programa de controle da qualidade (PCQ) para os MLC's que mais se adequem, na prática, ao serviço de radioterapia da FCECON/AM, será realizada a leitura, execução e comparação dos testes mecânicos e dosimétricos recomendados pelos reports: "*Task Group 142 report: Quality assurance of medical accelerators*" e "*Code of Practice for the Quality Assurance and Control for Intensity Modulated Radiotherapy – Nederlandse Commissie Voor Stralingsdosimetrie (NCS 22)*".

1 OBJETIVOS

1.1 Objetivo geral

Elaborar um programa de controle da qualidade para o colimador multilâmina, 80 MilleniumTM MLC, Varian Medical SystemsTM, instalado no acelerador linear desse mesmo fabricante, Clinac 21EX, da Fundação Centro de Controle de Oncologia do Estado do Amazonas (FCECON-AM), a partir da leitura, seleção e execução dos testes recomendados pelos reports “Task Group 142 report: Quality assurance of medical accelerators” e “Code of Practice for the Quality Assurance and Control for Intensity Modulated Radiotherapy – Nederlandse Commissie Voor Stralingsdosimetrie (NCS 22)”.

1.2 Objetivos específicos

- a) analisar os reports TG-142 e NCS 22;
- b) selecionar os testes de MLC recomendados nos reports TG-142 e NCS 22 que mais se adequem ao serviço de radioterapia;
- c) criar um protocolo detalhado dos testes de MLC selecionados;
- d) executar os testes de MLC selecionados no Clinac 21EX;
- e) analisar e discutir os resultados dos testes executados.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Radioterapia e as técnicas de planejamento da FCECON-AM

O emprego da radiação ionizante para fins terapêuticos não é um acontecimento recente. Desde o século XIX, tinha-se percebido que essa mesma radiação destruía tecidos e que, por assim agir, poderia ser empregada no tratamento de qualquer tipo de lesão. Esta crença caracterizou um período de descobertas e incertezas, pois o conhecia-se muito pouco sobre a radiação e seus efeitos de forma que o seu emprego se dava de forma empírica e inconsequente (FURNARI, 2009).

Com o passar das décadas, esta nova técnica, após vivenciar alguns resultados desastrosos, foi construindo um alicerce robusto de conhecimentos progressivos no uso das radiações e seus efeitos, sendo batizada de radioterapia.

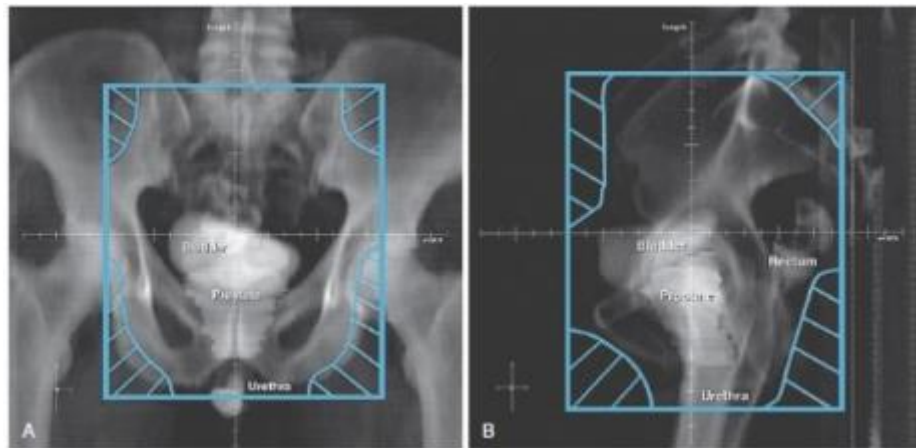
A radioterapia é uma especialidade médica que faz uso dessa mesma radiação ionizante, nas suas diferentes formas, para fins terapêuticos – tratamento do câncer, de doenças benignas e palição de sintomas – com metodologia científica, ou seja, de forma segura e eficiente. Desta forma, uma dose de radiação pré-calculada, manualmente ou através de um sistema de planejamento comissionado, é aplicada, em um determinado tempo, a um volume de tecido constituído por células tumorais, por exemplo.

A entrega desta dose de radiação pode ser planejada por meio de diferentes técnicas, tais como: radioterapia convencional (2D), radioterapia conformacional 3D (3DCRT), radioterapia de “intensidade” modulada (IMRT), radioterapia estereotáxica (SRT), radiocirurgia (SRS), radioterapia estereotáxica corporal (SBRT), braquiterapia, etc.

Das técnicas mencionadas acima, o serviço de radioterapia da FCECON-AM dispõe, no âmbito da teleterapia (fonte de radiação localizada a distâncias de 80 cm ou 100 cm do alvo), da convencional e da conformacional. Para o planejamento dos casos são as:

- a) Convencional (também chamada de 2D ou bidimensional): consiste, primeiramente, na identificação, pelo médico radio-oncologista, das áreas a serem tratadas, na definição do posicionamento paciente, dos acessórios a serem utilizados no tratamento e na realização da imagem sobre a qual será realizado, posteriormente, o planejamento – administrado através de 1 campo (campo direto), de 2 campos (configuração ântero-posterior ou latero-lateral) até 4 campos (configuração box) – e o cálculo do tratamento, de acordo com a Figura 1.

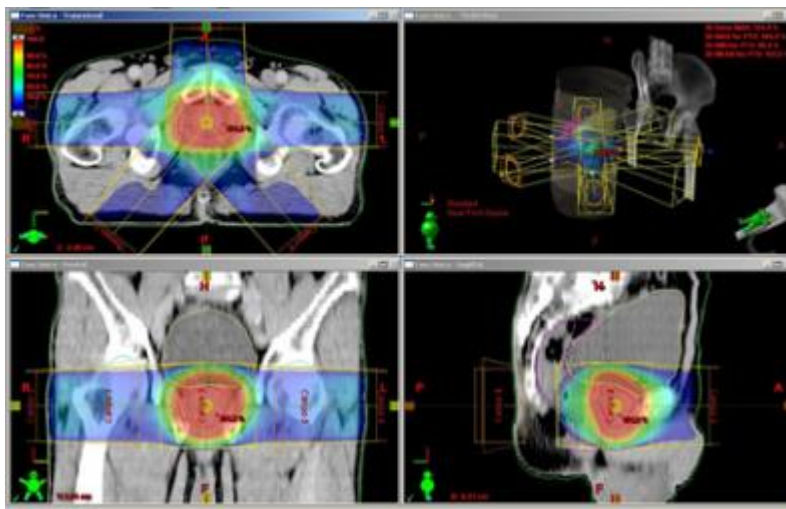
Figura 1 - Campos anterior e lateral com proteções para a técnica 2D (convencional)



Fonte: <https://es.slideshare.net/yanvargas3990/cancer-de-prostata-radio-terapia>

- b) Conformacional (também chamada de 3D ou tridimensional): consiste, na realização de uma tomografia computadorizada – podendo a mesma ser fundida com imagens de ressonância, PET-CT, etc. para melhor delineamento das estruturas – com todos os acessórios e o posicionamento definidos pelo médico radio-oncologista, e, posteriormente, na realização do planejamento computadorizado, pelo físico-médico, através do TPS, onde são definidos o número, as incidências e os pesos dos campos de tratamento, bem como analisados o DVH e a distribuição de dose final ao longo dos slices, junto ao médico (Figura 2). (KHAN, 2014)

Figura 2 – Planejamento computadorizado (3DCRT)



Fonte: http://www.oncologiacentenario.com.br/Historia_da_radioterapia-3D-IMRT-IGRT-Convencional-Oncologia-Centerio-Centro-Cancer.php

2.2 Eclipse, ARIA e 4DITC

O Eclipse é um sistema de planejamento de tratamento (TPS) que dispõe de ferramentas para contorno automático e manual de estruturas e registro de imagens multimodais. Por outro lado, ele também possibilita a realização de diferentes métodos de planejamento incluindo radioterapia conformacional 3D (3DCRT), arco dinâmico, radioterapia de intensidade modulada (IMRT), dentre outros, através do cálculo de dose rápidos e precisos (VARIAN MEDICAL SYSTEMS, 2014).

O ARIA[®] é um sistema de gerenciamento que disponibiliza todos os campos de tratamento de forma sequencial e automática, registrando os dados de cada campo de radiação tratado. O ARIA[®] gerencia desde o planejamento, controle qualidade até imagens de IGRT ficando armazenados em um banco de dados que pode ser consultado quando necessário. (VARIAN MEDICAL SYSTEMS, 2014) Além de toda essa funcionalidade, o ARIA[®] realiza a comunicação entre o Eclipse e o 4DITC.

O Console de Tratamento Intregado 4D (do inglês, 4DITC) é projetado para auxiliar o operador do dispositivo de radioterapia a fornecer configurações de

tratamento precisas para cada paciente, monitorando os parâmetros de configuração e impedindo que o dispositivo de radioterapia inicie a irradiação quando algum parâmetro estiver fora de conformidade com o plano de tratamento.

2.3 Evolução histórica do serviço de radioterapia da FCECON-AM

A década de 70, do século XX, foi marcada pelo nascimento e estruturação de uma unidade hospitalar referência no que diz respeito às políticas e ações de controle do câncer no estado do Amazonas. Especificamente, em 21 de Dezembro de 1974, na cidade de Manaus, capital do estado do Amazonas, nascera, enfim, o Centro de Oncologia (CECON/AM) sob uma atmosfera de significativas transformações econômicas e sociais, as quais a capital amazonense vinha experimentando desde a segunda metade da década de 60, com a implantação da Zona Franca de Manaus.

Três anos mais tarde, em 1977, o CECON/AM, após um período de ampliação e adequação do seu espaço físico, passa a oferecer à sociedade amazonense um serviço de radioterapia com a instalação da sua primeira unidade de cobaltoterapia, o Theratron 780 (Figura 3), e da sua braquiterapia de baixa taxa de dose (Low-Dose Rate, LDR) com sementes de ^{137}Cs .

Figura 3 - Primeira bomba de cobalto do CECON/AM, a Theratron 780



Fonte: NICIDA, 2015, p 45.

No ano seguinte, em 3 de Abril de 1978, o serviço de radioterapia da instituição realizou o que veio a ser o seu primeiro tratamento de teleterapia. Nessa ocasião, foi tratada uma paciente do sexo feminino, diagnosticada com metástase em fossa supra-clavicular esquerda conforme consta no Anexo I.

Em 1988, a criação e operacionalização do Sistema Único de Saúde (SUS), no âmbito nacional, forçou o CECON/AM a adotar uma série de ajustes operacionais que foram sendo discutidos e incorporados como forma de adaptação ao novo sistema na política de saúde. Como resultado deste ajuste, em 20 de dezembro de 1989, portanto, 15 anos após a inauguração do Centro, este foi rebatizado para Fundação Centro de Controle de Oncologia do Estado do Amazonas (FCECON-AM). A ideia era garantir autonomia administrativa e financeira através de um orçamento próprio e onde houvesse maior facilidade de obtenção e aplicação de verbas federais (NICIDA e SCHWEICKARDT, 2017).

Portanto, como setor integrante de uma instituição marcada por outra identidade e personalidade jurídica, o serviço de radioterapia passou a contar, a partir de fevereiro de 1991, com mais uma unidade de cobaltoterapia, o Theratron Phoenix. A instalação desta segunda unidade reduziu o tempo de espera dos pacientes para iniciar o tratamento.

Figura 4 - Theratron Phoenix



Fonte: O autor, 2018.

Três anos após a instalação da Theratron Phoenix, em Setembro de 1994, foi inaugurada a unidade de braquiterapia de alta taxa de dose (High-Dose Rate, HDR) com sementes de ^{192}Ir , ampliando-se, desta forma, o leque de opções terapêuticas no combate contra o câncer.

Foi, também, em Agosto deste mesmo ano que o Ministério da Saúde passou a reconhecer a instituição FCECON-AM como um Hospital de Alta Complexidade por oferecer à população serviços qualificados, de alta tecnologia e complexidade (NICIDA, 2015).

Figura 5 - Braquiterapia Nucletron



Fonte: RELATÓRIO ANUAL DE GESTÃO: prestação de contas ordinária anual - 2017. FCECON, 2017, p 42.

As duas primeiras décadas do século XXI tiveram como marco, além da construção do novo prédio da Fundação (Figura 6), concluída em 2006 (Figura 7), a instalação de mais duas novas máquinas no serviço de radioterapia. Uma unidade de kilovoltagem (kV), o simulador convencional (Figura 8) instalado no ano de 2009, e uma unidade de megavoltagem (MV), um acelerador linear de elétrons Clinac 21EX (Figura 9) instalado e inaugurado em 2016, ambos da *Varian Medical Systems™*.

Figura 6 - Obra de ampliação da FCECON/AM



Fonte: Amazonas, 2013.

Figura 7 - Construção do novo prédio da FCECON/AM 2003/2006



Fonte: Amazonas, 2013.

Figura 8 - Simulador



Fonte: O autor, 2018.

Figura 9 - Acelerador linear Clinac 21EX



Fonte: O autor, 2018.

O último *upgrade* pelo qual passou o serviço de radioterapia da FCECON/AM ocorreu em Março de 2018 com a instalação do sistema de colimadores multilâminas *80 MilleniumTM* MLC em substituição aos blocos de *cerrobend*. Desde então, o tempo de espera daqueles pacientes cujos tratamentos necessitavam de campos colimados – maior parte dos casos – diminuiu consideravelmente na medida em que a oficina deixou de ser parte integrante do fluxo de trabalho.

Até o momento, a novidade do serviço de radioterapia da FCECON/AM fica por conta de um sistema de braquiterapia 3D e de um outro acelerador linear de partículas Clinac *21EX*, ambos da fabricante *Varian Medical SystemsTM*. Este último, bem como todo o sistema de MLC80, sistema de hardware e software, já encontram-se encaixotados sob as dependências do hospital desde o dia 9 de Novembro de 2018.

Desta forma, o programa de controle da qualidade do MLC80 idealizado neste trabalho será implementado em ambos os aceleradores.

2.4 Colimadores Multilâminas (MLC)

Os colimadores multilâminas, do inglês, *multileaf collimators* (MLC), apareceram no cenário da radioterapia com a proposta de tornar a entrega da dose terapêutica de radiação mais eficiente, visto que, até então, a colimação do feixe de radiação para a entrega desta dose se dava a partir dos próprios *jaws* do cabeçote do acelerador linear e/ou de blocos personalizados de chumbo, ou *cerrobend*. Este novo panorama apresentava, algumas vantagens diante daquele já existente (BREWSTER, MOHAN, *et al.*, 1995):

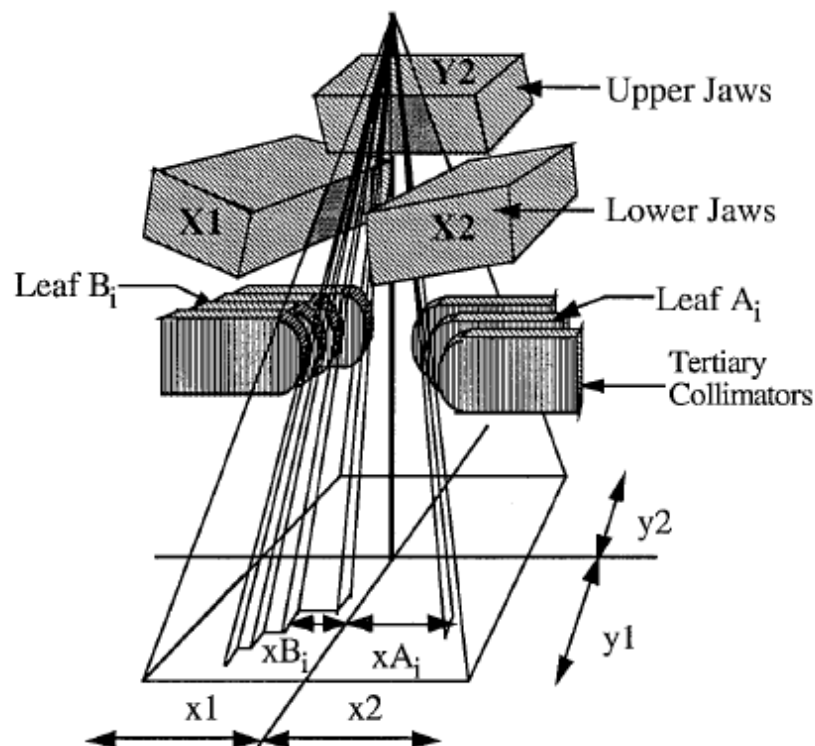
- a) substituição dos blocos de *cerrobend* convencionais;
- b) produção de campos de radiação de formatos irregulares com desempenho, precisão segurança e versatilidade;
- c) otimização do tempo de tratamento dos pacientes;
- d) diminuição do custo operacional;
- e) rapidez no ajuste do formato do campo de radiação;

f) modulação da fluência do feixe de radiação.

Existem alguns fabricantes de aceleradores lineares que, também, fabricam e comercializam esse sistema de MLC, cada um disposto numa configuração característica. No caso do fabricante norte-americano, *Varian Medical SystemsTM*, para aqueles aceleradores que dispõem de MLC's, estes configuram-se como um terceiro sistema de colimação (colimação terciária) além dos colimadores primários (Y1 e Y2) e secundários (X1 e X2). A escolha deste *design* justifica-se na facilidade de manutenção.

Esse *design* é usado pela *VarianTM* e foi escolhido para evitar o tempo de inatividade prolongado no caso de um mau funcionamento do sistema de MLC. Usando essa abordagem, é possível mover as folhas manualmente para fora do campo caso ocorra uma falha. (AMERICAN ASSOCIATION OF PHYSICISTS IN MEDICINE, 2001)

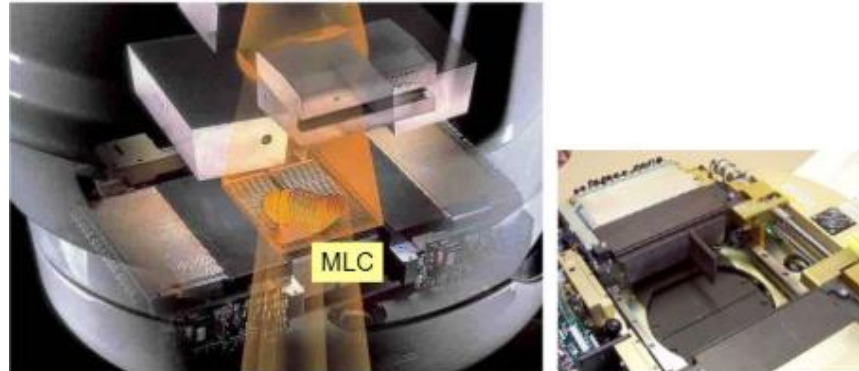
Figura 10 - *Design* do sistema de colimação da *Varian*



Fonte: AMERICAN ASSOCIATION OF PHYSICISTS IN MEDICINE, 2001.

Figura 11 - MLC *Varian***MLC:**

- 2 rows of thin tungsten blades
- **Detailed shaping** of the treatment field



Fonte: AMERICAN ASSOCIATION OF PHYSICISTS IN MEDICINE, 2001.

No aspecto visual, o diâmetro do cabeçote do colimador aumenta nos níveis dos colimadores secundários (*lower jaws*, X1 e X2) e dos colimadores terciários (MLC). No aspecto mecânico, o posicionamento do MLC, por ser mais distante do *target* (alvo de raios X), requer um aumento no comprimento das lâminas e uma extensão individual maior ao longo do campo, quando comparada com outros fabricantes.

Quadro 1 - Características dos MLC disponíveis no mercado

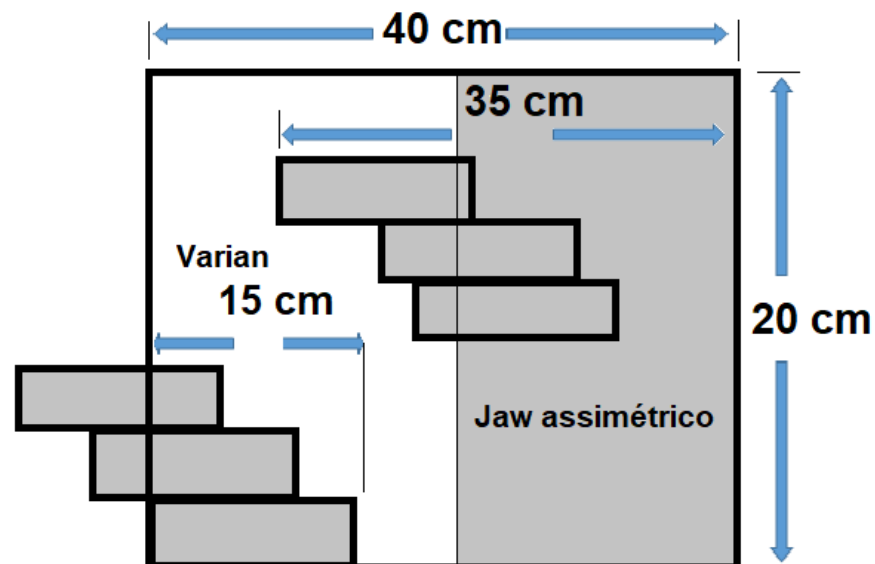
FABRICANTE	MODELO	Nº DE LÂMINAS	TAMANHO NO ISOCENTRO	MAXIMA EXTENSÃO INDIVIDUAL	CAMPO MÁXIMO (cm x cm) "X" E "Y"
<i>Varian</i>	<i>Millenium</i> [®]	52	1 cm	15 cm	40 x 26
		80	1 cm		40 x 40
		120	0,5 nos 20 cm centrais e 1 cm na periferia		40 x 40
	<i>Millenium HD-MLC</i> [®]	120	0,25 nos 20 cm centrais e 0,5 cm na periferia	15 cm	22 x 30
	<i>Mark Series</i> [®]	80	1 cm	14,5 cm	40 x 40
<i>Elekta</i>	<i>Agility</i> [®]	160	0,5 cm	-	40 x 40
	<i>MLCi2</i>	80	1 cm	12,5 cm	40 x 40
	<i>Beam Modulator</i> [®]	-	0,4 cm	11 cm	21 x 16
	<i>Add-on apex micro MLC</i> [®]		0,25 cm	-	10 x 10
<i>BrainLAB</i>	<i>M3 micro MLC</i> [®]	52	0,3 nos 8 cm centrais e 0,45 e 0,55 cm na periferia	-	9,8 x 9,8

Fonte: Adaptado de FURNARI, 2012.

Conforme o quadro acima, a extensão máxima relativa entre as lâminas, a mais estendida e a mais retraída, é de 15 cm.

Se não fossem os carros A e B, diametralmente opostos, nos quais as lâminas estão fixadas, este *design* do MLC da *Varian* seria um fator limitante na modelagem do feixe de radiação. Essas lâminas viajam nesses carros para estender seu alcance através do campo de tratamento. Sendo assim, desde que um dos carros seja posicionado no centro de um determinado campo, uma lâmina pode se estender em até 15 cm para além deste centro.

Figura 12 - Esquema de comparação das configurações acessíveis da folha de MLCs do fabricante *Varian* para um campo 40 x 20 cm²



Fonte: O autor, 2018.

No que tange à constituição das lâminas do MLC, a liga de tungstênio – mistura de tungstênio, níquel, cobre e ferro - é o seu material constiuente, visto que:

- a) possui uma elevada densidade entre os metais;
- b) possui uma elevada dureza;
- c) é simples de modelar;
- d) possui baixo coeficiente de expansão térmica; e
- e) é razoavelmente barata.

O tungstênio puro tem uma densidade de 19,3 g/cm³. Já as ligas de tungstênio possuem densidades que variam entre 17,0 g/cm³ e 18,5 g/cm³. A mistura de diferentes materiais, e conseqüente diminuição do teor de tungstênio na constituição das ligas, melhora a usinabilidade. A tabela abaixo apresenta algumas propriedades típicas da liga de tungstênio para diferentes valores de densidade.

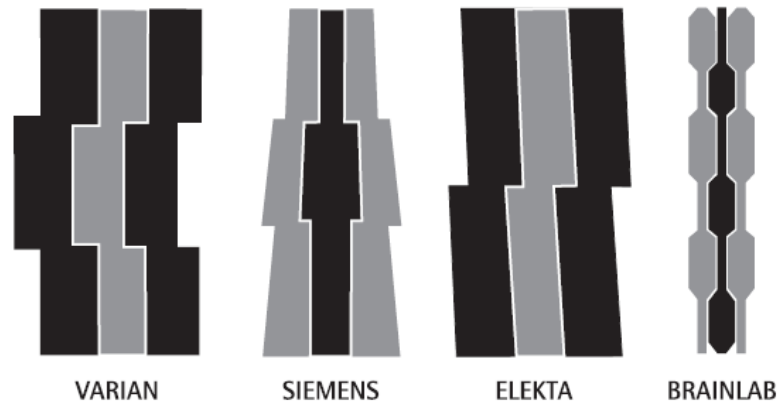
Quadro 2 - Propriedades da liga de tungstênio para diferentes valores de densidade

Densidade (g/cm ³)	17,0	17,5	18,0	18,5
Conteúdo de tungstênio	90,5%	93,0%	95,0%	97,0%
Conteúdo de níquel	06,5 (7,0)%	05,0 (4,2)%	03,4%	01,6%
Conteúdo de ferro	03,0 (0,0)%	02,0 (0,3)%	01,6%	00,8%
Conteúdo de cobre	00,0 (2,5)%	00,0 (2,5)%	00,0%	00,6%
⁶⁰ Co HVL (mm)	09,7	09,3	0,89	08,5
Coefficiente de expansão térmica	6,1 x 10 ⁻⁶	-	5,5 x 10 ⁻⁶	5,2 x 10 ⁻⁶

Fonte: Adaptado de AMERICAN ASSOCIATION OF PHYSICISTS IN MEDICINE, 2001.

Até o momento vimos que o *design* do sistema de MLC é uma peculiaridade do seu fabricante. Da mesma forma, segundo Furnari (2012), a arquitetura de uma lâmina desse sistema de colimação também depende do seu fabricante (Figura 13), cada lâmina possui movimento motorizado individual, deslocando-se de maneira linear ou pendular; as bordas podem ser arredondadas ou retas, e o tamanho, a velocidade e o número de lâminas e o tamanho máximo de campo ou abertura são variáveis.

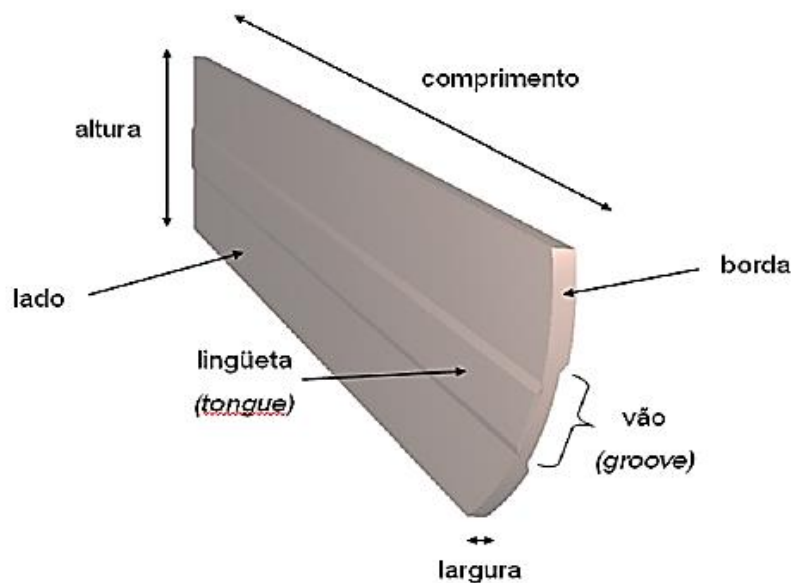
Figura 13 - Esquema de MLCs comerciais com o respectivo projeto de encaixe *tongue and groove*



Legenda: Vista frontal fora de escala
 Fonte: ALMEIDA, 2012.

A Figura 14 é uma representação das especificações gerais de uma lâmina. São elas, segundo definição do report 72 do TG 50 (AMERICAN ASSOCIATION OF PHYSICISTS IN MEDICINE, 2001):

Figura 14 - Esquema genérico de uma lâmina que forma parte de um sistema MLC e a denominação das suas especificações



Fonte: ALMEIDA, 2012.

- a) comprimento (*length*): dimensão da lâmina paralela à direção do movimento da mesma;
- b) largura (*width*): menor dimensão da lâmina perpendicular à direção de propagação do feixe de radiação e à direção do movimento da lâmina;
- c) altura (*height*): dimensão da lâmina ao longo da direção de propagação do feixe de radiação primário;
- d) lado (*side*): superfícies em contato com as lâminas adjacentes são os lados de uma lâmina;
- e) borda (*end*): superfície da lâmina, ao longo do seu comprimento.

O formato da lâmina representada esquematicamente na figura acima não é por acaso. Ele está pautado em princípios físicos de atenuação da radiação, pois as lâminas do MLC devem fornecer um grau aceitável de redução de dose, transmitindo um percentual ínfimo de radiação. As partes de uma lâmina que determinam a transmissão da radiação são a sua altura e o seu lado (“lingueta-vão”). Há três situações a serem consideradas para a transmissão da radiação num sistema de MLC:

- a) transmissão intralâmina: radiação transmitida através da lâmina do MLC;
- b) transmissão interlâmina: radiação transmitida entre os lados de duas lâminas adjacentes; esses lados são projetados para que se tenha um encaixe entre lâminas adjacentes, minimizando, assim, a transmissão interlâmina (“lingueta-vão” ou, do inglês, “*tongue and groove*”);
- c) transmissão das bordas: radiação transmitida entre as extremidades de duas lâminas opostas no modo mais fechado possível.

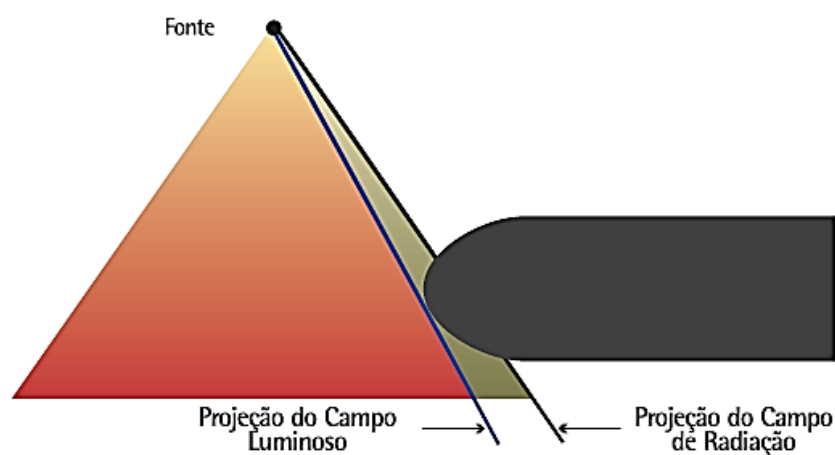
A questão da transmissão entre as bordas é um exemplo de como o *design* do MLC pode influenciar, significativamente, na administração da dose durante um tratamento. O *design* e o movimento das lâminas de um MLC varia,

significativamente, entre os diferentes fabricantes disponíveis no mercado, podendo ser:

- a) divergentes com relação ao feixe primário de radiação ou;
- b) possuir bordas arredondadas, produzindo, assim, uma penumbra aproximadamente constante ao longo do sentido de movimento da lâmina dentro do campo de radiação.

De acordo com ALMEIDA (2012), para MLC's com bordas arredondadas há um deslocamento entre a borda do feixe definida pela luz de campo e a definida pela linha de 50% do campo de radiação. O valor típico desse deslocamento varia de 0.4 a 1.1 mm dependendo do tipo de MLC, da energia do feixe e da localização com relação ao eixo central (Figura 15).

Figura 15 – Esquema genérico de lâmina com borda arredondada e a diferença entre campo luminoso e de radiação

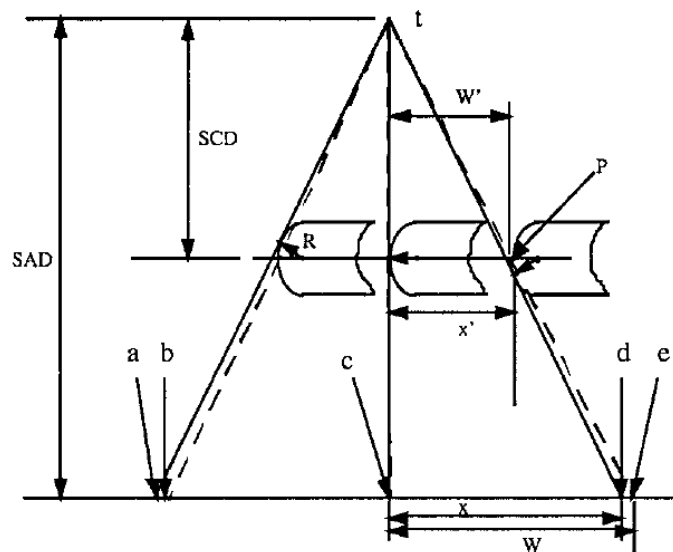


Legenda: A luz de campo subestima o campo de radiação em 0,4 a 1,1 mm por lado.
 Fonte: ALMEIDA, 2012, p. 78.

Um outro ponto a ser analisado para MLC's com bordas arredondadas é a penumbra gerada, pois:

- a) a sua largura é maior que a da penumbra gerada por uma borda plana, que acompanha a divergência do feixe; e
- b) pode variar com a distância dessas bordas até a linha média do campo de radiação (Figura 16).

Figura 16 - Influência da borda arredondada das lâminas do MLC da *Varian* na penumbra



Fonte: JERAJ e ROBAR, 2004.

2.5 Programa de Controle de Qualidade

A versatilidade, segurança e automação dos MLC's é o que Furnari (2012) define como "estado da arte", ou seja, é o que há de melhor no que tange a modelagem e entrega do feixe de radiação. Todavia, para garantir a exatidão no desempenho desse sistema complexo, caracterizado pela existência de múltiplos motores, controladores gerenciados por um sistema eletrônico sofisticado etc. é preciso estabelecer um programa de controle da qualidade e uma agenda de manutenções preventivas periódicas.

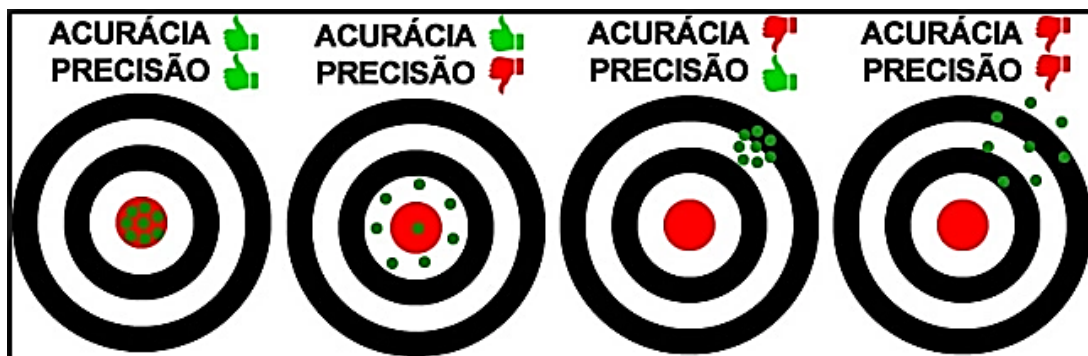
A família de testes, para o CQ periódico e para o comissionamento, visa verificar a exatidão no posicionamento mecânico das lâminas e sua capacidade de dar respostas vinculadas a qualquer parâmetro de dependência. (FURNARI, 2012)

Os aceleradores lineares são máquinas e, como toda máquina, sofrem com a sua deteriorização no decorrer do tempo, apresentam defeitos eletrônicos, mecânicos e falhas nos seus componentes, como, por exemplo, no seu sistema de colimação multilâminas. Diante disto, destaca-se o papel fundamental da execução de um controle da qualidade para os aceleradores lineares, bem como seus componentes (MLC, por exemplo) e os processos em radioterapia, visando o funcionamento adequado de todos.

Um *upgrade* realizado num acelerador linear, ao substituir o uso de blocos convencionais de *cerrobend* por um sistema de MLC, pode aparentar uma falsa ideia de praticidade, facilidade, embora exija um trabalho dedicado e sistemático por conta de toda a equipe, a fim de garantir que pequenos deslizos não comprometam a precisão que se deseja manter.

Nos tratamentos radioterápicos, objetiva-se otimizar o balanceamento entre controlar o tumor e a incidência de complicações em tecidos sadios para tratamentos curativos (razão terapêutica), bem como melhorar a qualidade de vida daqueles pacientes em tratamento paliativo. No entanto, para isto, deve-se melhorar a exatidão (correção ou ausência de erro em uma medida ou cálculo) dos sistemas de tratamento, dentre outras coisas, visto que cada parte do processo de entrega de dose ao paciente deve ter uma incerteza bem menor que os 5% de incerteza total recomendado pela International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU) (INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIATION UNITS AND MEASUREMENTS, 1999) (INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIATION UNITS AND MEASUREMENTS, 1993).

Figura 17 - Acurácia e precisão



Fonte: <https://sanrosoliveira.wordpress.com/category/scrum/>

Um Programa de Controle da Qualidade (PCQ) de um serviço de radioterapia integra um Programa de Garantia da Qualidade (PGQ) mais abrangente, constituindo uma série de operações técnicas com o objetivo de assegurar o cumprimento dos requisitos de qualidade, tanto de máquinas, quanto de dispositivos e processos.

[...] Um programa de garantia da qualidade (PGQ), por sua vez, pode ser considerado um guarda-chuva que engloba comissionamento, treinamento e o controle da qualidade (CQ), tanto da infraestrutura como dos processos (FURNARI, 2012).

O profissional, do serviço de radioterapia, responsável pela elaboração de uma metodologia para execução, acompanhamento e frequência dessas operações técnicas, observando alterações no sistema radioterápico e reduzindo o impacto dos fatores – já mencionados – que afetam o desempenho das máquinas, dispositivos e processos, é o especialista em física-médica.

A frequência dos testes de controle de um certo parâmetro, segundo o *Task Group 100* (AAPM TG-100), deve refletir a probabilidade de variação desse parâmetro e o impacto relacionado a esta variação caso venha a acontecer. Essa mesma frequência pode ser ponderada e alterada, para um determinado teste, desde que os resultados deste teste sejam examinados e validados após um longo período de realização do mesmo; e, ao mesmo tempo, se documente e archive a análise do impacto potencial dos seus resultados catastróficos caso eles ocorram.

Um PCQ deve ter como pilares a educação (treinamento adequado de toda a equipe), a verificação (revisão), a documentação (registro de procedimentos,

planejamentos, incidentes, acidentes, etc.) e comunicação (definição das funções de cada membro da equipe) (FURNARI, 2012).

A disciplina na realização dos testes, seguindo fidedignamente os seus procedimentos de realização e obedecendo a sua frequência de realização (testes diários, semanais, mensais e anuais), garante uma relativa tranquilidade, pois minimiza a probabilidade de ocorrência de erros ou da sua gravidade.

2.6 Filosofia do TG-142 e do NCS 22

O *Task Group report: Quality assurance of medical accelerators* (TG-142) é um relatório elaborado pela *American Association of Physicists in Medicine* (AAPM) voltado para a manutenção da garantia da qualidade dos aceleradores lineares em radioterapia. Ele surgiu como uma atualização de outro relatório, o *Task Group: Comprehensive QA for Radiation Oncology* (TG – 40), de 1994, com a especificação de novos testes e tolerâncias e com recomendações tanto para aceleradores lineares quanto para seus componentes (MLC, por exemplo) e dispositivos de imagens.

Figura 18 - Task Group 142

Task Group 142 report: Quality assurance of medical accelerators^{a)}

Eric E. Klein^{b)}
Washington University, St. Louis, Missouri

Joseph Hanley
Hackensack University Medical Center, Hackensack, New Jersey

John Bayouth
University of Iowa, Iowa City, Iowa

Fang-Fang Yin
Duke University, Durham, North Carolina

William Simon
Sun Nuclear Corp., Melbourne, Florida

Sean Dresser
Northside Hospital, Atlanta, Georgia

Christopher Serago
Mayo Clinic, Jacksonville, Florida

Francisco Aguirre
M. D. Anderson Cancer Center, Houston, Texas

Lijun Ma
University of California, San Francisco, San Francisco, California

Bijan Arjomandy
M. D. Anderson Cancer Center, Houston, Texas

Chihray Liu
University of Florida, Gainesville, Florida

Consultants:

Carlos Sandin
Elekta Oncology, Crawley, United Kingdom

Todd Holmes
Varian Medical Systems, Palo Alto, California

(Received 24 February 2009; revised 8 July 2009; accepted for publication 8 July 2009; published 17 August 2009)

Fonte: AMERICAN ASSOCIATION OF PHYSICISTS IN MEDICINE, 2009.

Segundo AAPM (2001), o relatório TG – 40 deixou claro que novos dispositivos que entrassem em operação durante o período da sua elaboração não faria parte do seu escopo. Diante disso, o TG – 142 trouxe, dentre as suas recomendações, testes de controle da qualidade envolvendo *jaws* assimétricos, filtros dinâmicos e MLC.

O TG – 142 define 3 níveis de ação baseados nos valores esperados de cada teste. O primeiro nível é o denominado “ação de inspeção” e caracteriza-se pela investigação da causa de uma determinada medida ter apresentado um desvio repentino e significativo em relação ao valor esperado, porém sem exceder a tolerância definida para um determinado teste. Por se tratar de uma inspeção, este nível não interrompe a programação do tratamento. O segundo nível, o qual também não possui caráter interruptivo, trata-se da “ação programada” e deve ser aplicado no caso em que sucessivos valores do controle de qualidade se aproximam, atingem ou um único valor ultrapassa o valor esperado. O terceiro e último nível, denominado de “ação corretiva com imediata interrupção do tratamento”, como a própria

denominação já indica, possui um caráter suspensivo até que o desvio inesperado retorne aos valores definidos de tolerância.

Outro relatório cujas recomendações de testes integram o Programa de Controle da Qualidade para MLC do serviço de radioterapia da FCECON-AM é o *Report 22 of the Netherlands Commission on Radiation Dosimetry: Code of Practice for the Quality Assurance and Control for Intensity Modulated Radiotherapy*. Este relatório, elaborado em 2009, apresenta as diretrizes para a garantia da qualidade (QA) dos tratamentos de radioterapia em centros que fazem uso da técnica de modulação de intensidade (IMRT) do feixe.

Figura 19 – NCS 22

Code of Practice for the Quality Assurance and Control
for Intensity Modulated Radiotherapy

NEDERLANDSE COMMISSIE VOOR STRALINGSDOSIMETRIE

Report 22 of the Netherlands Commission on Radiation Dosimetry
June 2013



Fonte: *NEDERLANDSE COMMISSIE VOOR STRALINGSDOSIMETRIE*, 2013.

3 METODOLOGIA

Neste trabalho foram realizados cinco testes, os foram selecionados a partir dos reports TG – 142 e NCS 22, levando em consideração as condições tecnológicas e estruturais da rotina do serviço de radioterapia da FCECON-AM. Estes testes têm por finalidade a elaboração de um programa de Controle da Qualidade voltado para o sistema de colimador multilâminas do acelerador Clinac *Varian 21EX* do serviço.

O teste 1 teve por finalidade conferir o isocentro do MLC em função do *gantry* e do colimador. Já o teste 2 de verificar a precisão do posicionamento das lâminas. Como uma extensão do teste anterior, o teste 3 consistiu em observar a coincidência entre o campo planejado e o campo radioativo. O teste 4 teve o objetivo de verificar a largura dos *gaps*, a distância entre *gaps* adjacentes e o alinhamento entre as lâminas de um mesmo carro. Por fim, teste 5 teve por finalidade determinar os fatores de transmissão inter e intralâminas e comparar a sua média ao fator de transmissão comissionado no TPS.

No protocolo elaborado, cada teste de controle da qualidade de MLC estrutura-se da seguinte forma:

- a) título: identificação do teste;
- b) descrição: importância prática do teste;
- c) objetivo: a que destina-se o teste;
- d) material: material empregado na realização do teste;
- e) executor: responsáveis pela execução do teste;
- f) frequência: periodicidade com que o teste é executado;
- g) procedimento: cada etapa do teste;
- h) tolerância: desvio aceitável para um determinado parâmetro medido no teste;
- i) análise: pontos que devem ser criteriosamente interpretados no teste;
- j) planilha: formulário padronizado onde são registrados os resultados do teste (Quadro 3).

Quadro 3 - Formulário padronizado para registro dos resultados dos testes

TESTE Nº		IDENTIFICAÇÃO DO TESTE		NÍVEIS DE AÇÃO		
FOTO DO TESTE				<input type="checkbox"/> NÍVEL 1	<input type="checkbox"/> NÍVEL 2	<input type="checkbox"/> NÍVEL 3
OBJETIVO		O QUE SE DESEJA COM A REALIZAÇÃO DO TESTE.		AÇÃO DE INSPEÇÃO	AÇÃO PROGRAMADA	AÇÃO CORRETIVA COM IMEDIATA AÇÃO DE PREVENÇÃO
TOLERÂNCIA		DESVIO ADOTADO PARA A GRANDEZA MEDIDA		Discriminação dos três níveis de ação propostos pelo TG - 142		
<p style="text-align: center;">"REGIAO PERSONALIZADA PARA CADA TESTE ONDE DEVEM SER REGISTRADOS OS SEUS RESULTADOS".</p>						
<p style="text-align: center;">DATA E AS SINATURAS DO(S) EXECUTOR(ES)</p>				ANOTAÇÕES		

(a) (b)

Legenda: (a) – Frente do protocolo; (b) – Verso do protocolo..
 Fonte: O autor, 2018.

3.1 Materiais utilizados

Os materiais utilizados na execução de cada teste integrante do protocolo de controle da qualidade do sistema de colimador multilâminas seguem, abaixo:

- a) clinac *Varian 21EX*;
- b) câmara de ionização semiflex 0,125cm³ TN31010 PTW;
- c) eletrômetro *Standard Imaging CDX-2000B*;
- d) fantoma cúbico de acrílico;
- e) filme *GAFCHROMIC EBT3*;
- f) placas de água sólida;

- g) sistema de Planejamento de tratamento Eclipse;
- h) ARIA®;
- i) 4DITC;
- j) régua;
- k) tesoura;
- l) papel milimetrado;
- m) nível de bolha;
- n) digitalizadora;
- o) caneta hidrográfica;
- p) fita adesiva;
- q) beam's-eye-view (BEV) de alguns padrões de campos testes.

Figura 20 - Acelerador linear Clinac *Varian 21 EX* com duas energias de fótons (6MV e 10MV)



Fonte: O autor, 2018.

Figura 21 - Câmara de ionização semiflex 0,125cm³ TN31010 PTW



Fonte: O autor, 2018.

Figura 22 - Eletrômetro *Standard Imaging* CDX-2000B



Fonte: O autor, 2018.

Figura 23 - Fantoma cúbico de acrílico



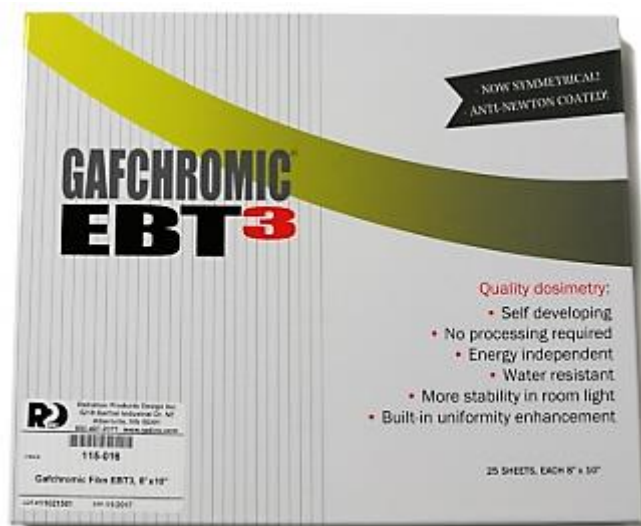
Fonte: O autor, 2018.

Figura 24 - Placas de água sólida



Fonte: O autor, 2018.

Figura 25 - Filme *GAFCHROMIC EBT3*



Fonte: O autor, 2018.

3.2 Critério de seleção dos testes

A série de testes de controle da qualidade proposta pelos TG – 142 e NCS 22 inclui aparelhos de cobaltoterapia, aceleradores lineares, sistemas de imagens (EPID, kV e Cone beam-CT), simuladores convencionais, CT simuladores, etc. Dentre todas estas opções, este trabalho ocupou-se em selecionar alguns testes

para elaboração de um programa de controle da qualidade de MLC que atendesse à realidade do serviço de radioterapia da FCECON-AM.

Embora estes testes tenham sido direcionados para a técnica de IMRT baseada em MLC e o serviço de radioterapia em questão, apesar de possuir este dispositivo, não possui, até o momento, a licença para a realização desta técnica nos seus tratamentos, alguns testes, bem como suas tolerâncias, foram adequadamente selecionados conforme às condições tecnológicas do mesmo, tais como:

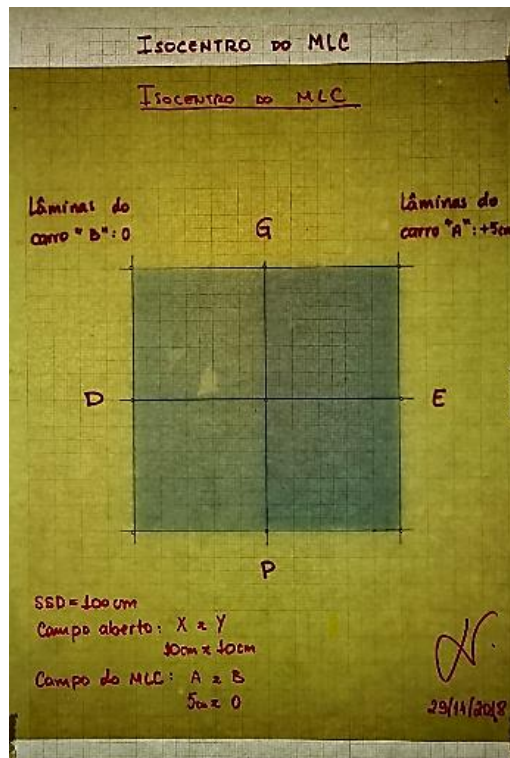
- a) teleterapia restrita às técnicas convencional (2D) e conformacional (3DCRT);
- b) carência de um conjunto dosimétrico adequado, dentre outros materiais.

3.3 Protocolo de Controle da Qualidade para o colimador multilâminas 80 *Millenium*TM MLC

3.3.1 Isocentricidade do MLC

Para garantir uma entrega de dose eficiente, sem subdosar nem sobredosar o alvo e os órgãos de risco (do inglês, OAR's) circunvizinhos, as lâminas que conformam o feixe de radiação devem ter o seu isocentro localizado num intervalo de tolerância aceitável para as diversas possibilidades de angulações do colimador, tendo em vista uma otimização de colimação.

Figura 26 - Resultado do teste 1 – ISOCENTRICIDADE DO MLC



Fonte: O autor, 2018.

3.3.1.1 Objetivo

Conferir a isocentricidade do MLC em função da rotação do *gantry* e do colimador.

3.3.1.2 Materiais utilizados

- a) acelerador linear Clinac *Varian 21 EX*;
- b) TPS Eclipse;
- c) ARIA;
- d) 4DITC;
- e) colimador multilâmina *80 MilleniumTM* MLC;
- f) placas de água sólida;
- g) papel milimetrado;

- h) caneta hidrográfica preta ou azul (ponta fina);
- i) piloto permanente de qualquer cor (ponta fina);
- j) régua;
- k) fita adesiva;
- l) digitalizador.

3.3.1.3 Executor

Físico e técnico em radioterapia.

3.3.1.4 Frequência

Mensal

3.3.1.5 Procedimento

3.3.1.5.1 Físico-médico

Passo 1: criar um “paciente teste”.

Passo 2: criar um campo simétrico de dimensão 10 x 10 cm² no sistema de planejamento com ângulos de *gantry* e colimador iguais a 0°.

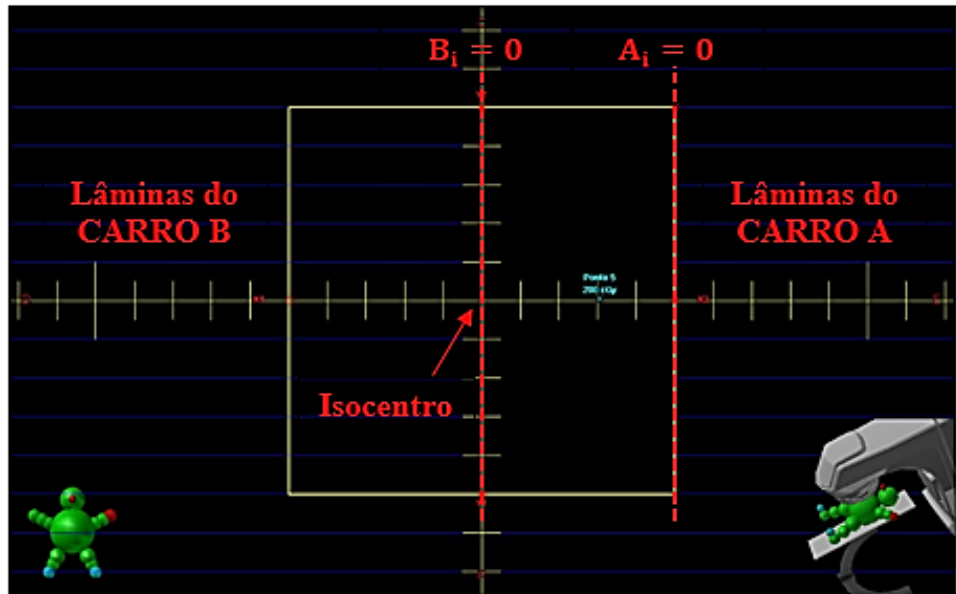
Passo 3: inserir o MLC no campo.

Passo 4: arrastar as lâminas do CARRO A para a borda ipsilateral do campo de forma que todas possuam coordenada $A_i = +5,0$ cm.

Passo 5: arrastar as lâminas do CARRO B para o centro do campo de forma que todas possuam coordenada $B_i = 0$ cm.

Após a realização dos “passos” de 1 a 5, o campo obtido deverá possuir o seguinte formato visto na Figura

Figura 27 - Formato de campo referente aos passos de 1 a 5



Fonte: O autor, 2018.

Passo 6: programar o plano no sistema de gerenciamento.

Passo 7: agendar o “paciente teste” no sistema de gerenciamento.

3.3.1.5.2 Técnico de radioterapia

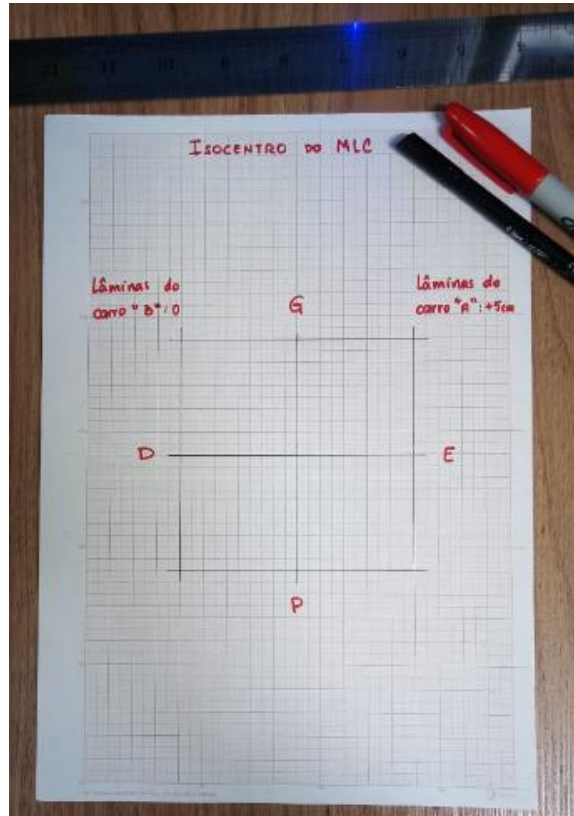
Passo 1: fixar um papel milimetrado com fita adesiva sobre uma mesa lisa.

Passo 2: desenhar no papel milimetrado, com o auxílio da régua e da caneta hidrográfica, um campo simétrico de dimensão 10 x 10 cm² bem centralizado.

Passo 3: anotar no papel milimetrado, com auxílio do piloto de tinta permanente, os seguintes parâmetros: nome do teste, lado do campo onde encontram-se as lâminas dos carros A e B, orientação do decalque na mesa do acelerador.

Seguindo os “passos” de 1 a 3, o resultado será conforme a Figura 28:

Figura 28 - Formato do campo em folha milimetrada referente aos passos de 1 a 3



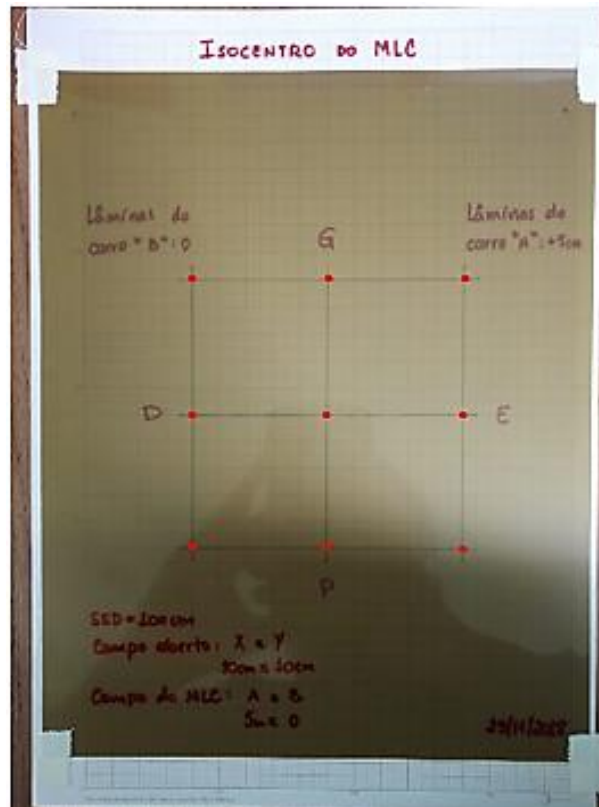
Fonte: O autor, 2018.

Passo 4: fixar, com fita adesiva, o filme *gafchromic* EBT3 sobre o papel milimetrado da Figura 28.

Passo 5: realizar pequenos furos, com o auxílio de uma agulha de seringa, no centro do campo 10 x 10 cm², nos seus 4 vértices e nos 4 pontos de intersecção entre o reticulado desse campo e os seus lados.

Passo 6: anotar no filme *gafchromic* EBT3, com auxílio do piloto de tinta permanente, o seguintes parâmetros: nome do teste, lado do campo onde encontram-se as lâminas dos carros A e B, orientação do decalque na mesa do acelerador e o *setup* (SSD, dimensões do campo aberto e do campo de MLC) (Figura 29).

Figura 29 - Delimitação do campo através de furos (pontos)



Fonte: O autor, 2018.

Após seguir os “passos” 4 a 6, o *setup* empregado neste teste deverá ser montado.

Passo 7: posicionar o *gantry* e o colimador a 0° .

Passo 8: abrir um campo simétrico de dimensão $10 \times 10 \text{ cm}^2$ (Figura 30).

Figura 30 - Campo simétrico de dimensão $10 \times 10 \text{ cm}^2$



Fonte: O autor, 2018.

Passo 9: posicionar as placas de água sólida sobre a mesa e debaixo do colimador, sobrepostas umas às outras.

Passo 10: posicionar o conjunto papel milimetrado e filme *gafchromic* EBT3 (Figura 31) sobre essas placas de água sólida.

Passo 11: ligar a luz de campo.

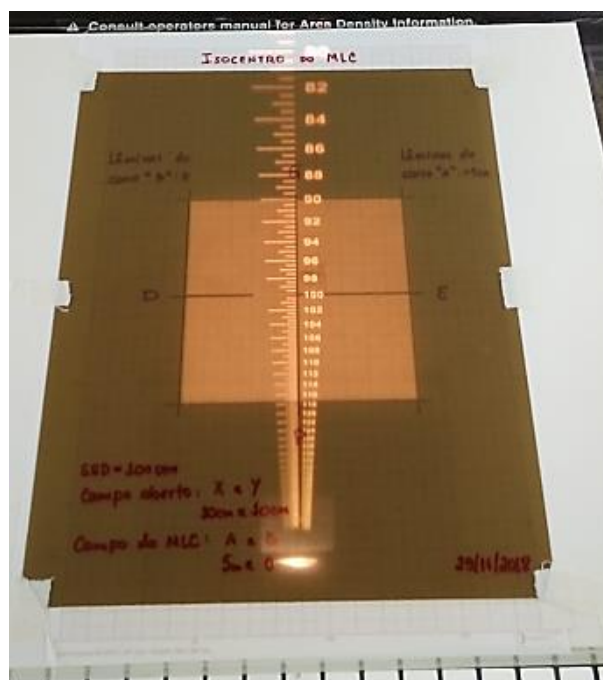
Passo 12: alinhar o centro do campo desenhado no papel milimetrado com o reticulado (cross-hair) do campo de luz.

Passo 13: fixar o papel milimetrado, com fita adesiva, à placa de água sólida.

Passo 14: posicionar o centro do campo desenhado no papel milimetrado a uma SSD = 100 cm.

Após seguir os “passos” de 6 até 14, obtêm-se o *setup* da Figura 31.

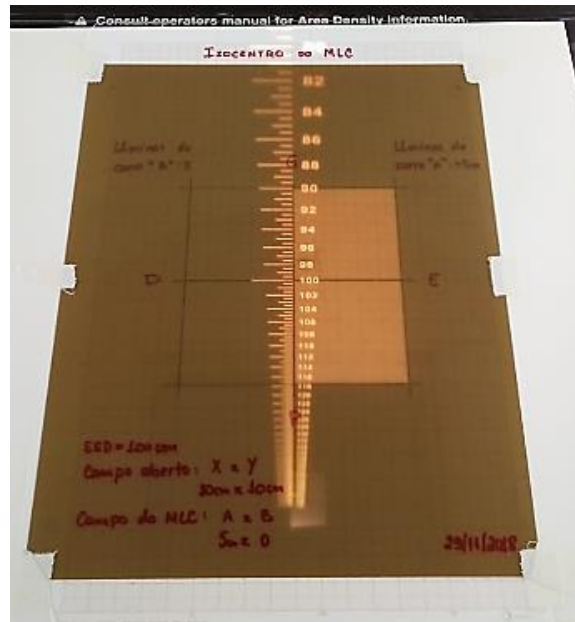
Figura 31 - *Setup* do teste referente aos passos de 6 até 14



Fonte: O autor, 2018.

Passo 15: carregar, no 4DITC, apenas a nível de verificação, o campo de MLC planejado pelo físico-médico

Figura 32 - Campo de MLC planejado pelo físico-médico

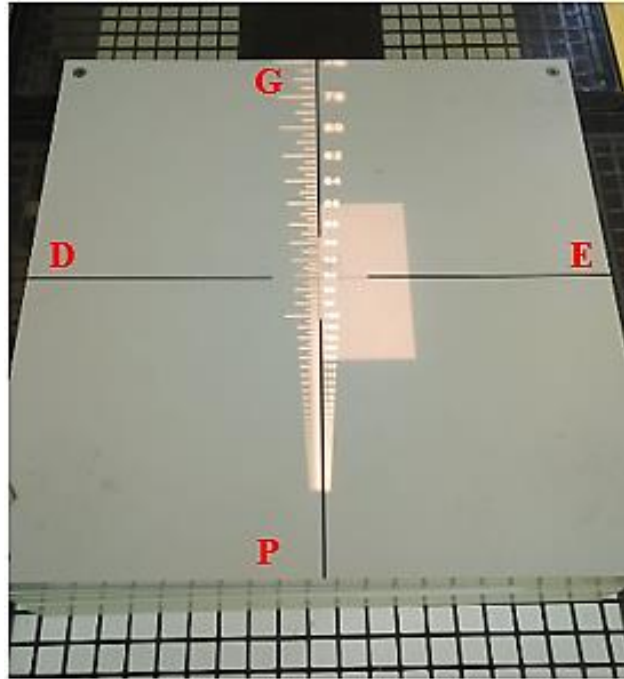


Fonte: O autor, 2018.

Passo 16: posicionar, cuidadosamente, mais 5 placas de água sólida sobre o conjunto mostrado na Figura 32.

Passo 17: alinhar, cuidadosamente, a última placa sobreposta com os lasers axial e sagital da sala de tratamento (Figura 33).

Figura 33 - Placa sobreposta com os lasers axial e sagital da sala de tratamento



Fonte: O autor, 2018.

Após seguir os “passos” 16 e 17, o *setup* estará finalizado conforme Figura 34:

Figura 34 - Setup com gantry a 0°



Fonte: O autor, 2018.

Passo 18: irradiar com 100 UM o conjunto formado pelo filme *gafchromic* EBT3 e as placas de água sólida.

Passo 19: girar o *gantry* a 180° (Figura 35).

Figura 35 - Setup com gantry a 180°



Fonte: O autor, 2018.

Figura 36 - Tamanho de campo do *gantry* a 180°



Fonte: O autor, 2018.

Passo 20: irradiar novamente com 100 UM.

Passo 21: girar o *gantry* novamente a 0° .

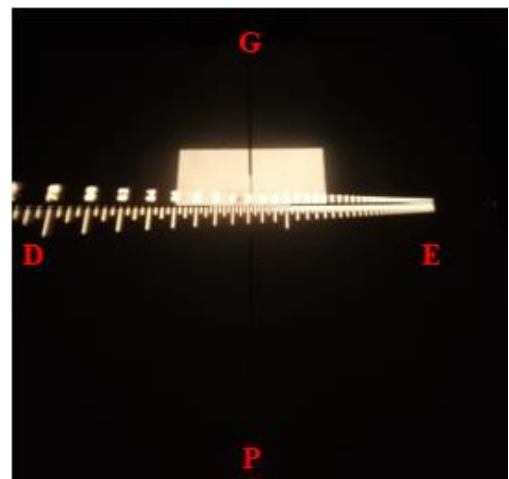
Passo 22: irradiar novamente com 100 UM.

Passo 23: girar o colimador a 90° (Figura 37).

Figura 37 - *Setup* com colimador girado a 90°



(a)



(b)

Legenda: (a) – Colimador girado a 90° ; (b) – Escala do telêmetro. .

Fonte: O autor, 2018.

Passo 24: irradiar com 100 UM.

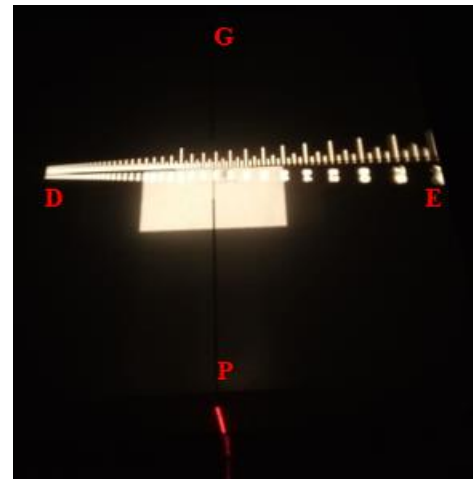
Passo 25: girar o colimador a 270° (Figura 38).

Passo 26: irradiar com 100 UM.

Figura 38 - *Setup* com colimador girado a 270°



(a)



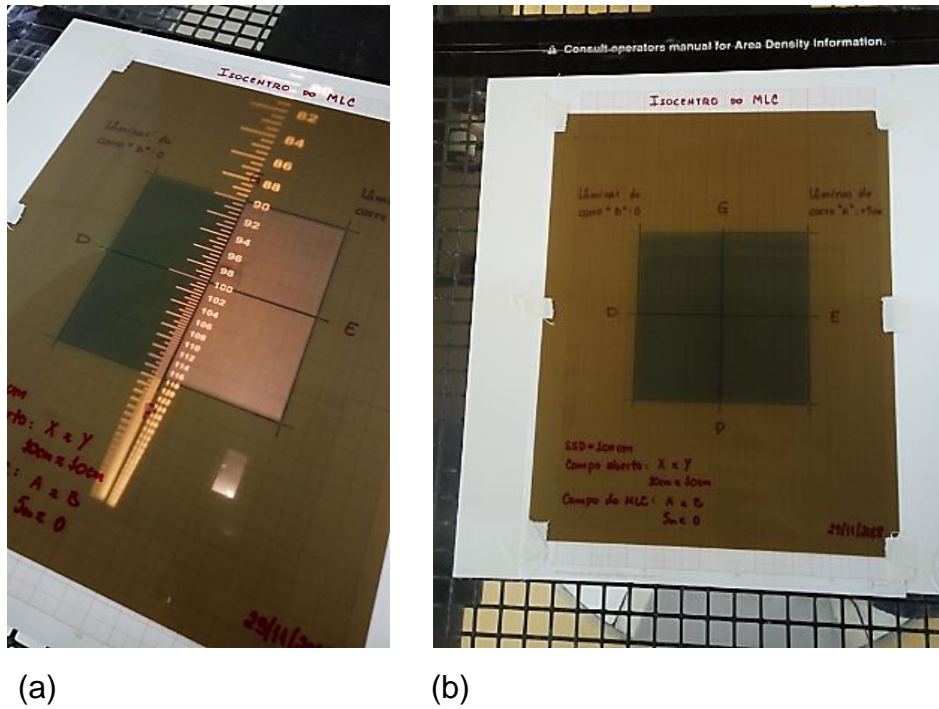
(b)

Legenda: (a) – Colimador girado a 270° ; (b) – Escala do telêmetro. .
Fonte: O autor, 2018.

Passo 27: irradiar com 100 UM.

Passo 28: retirar as placas de água sólida de cima do filme *gafchromic* EBT3 (Figura 39).

Figura 39 - Retirando as placas de água sólida de cima do filme *gafchromic* EBT3



Legenda: Filme irradiado (a) com o telêmetro ligado (SSD = 100cm); (b) sem o telêmetro.
 Fonte: O autor, 2018.

Passo 29: ligar o digitalizador.

Passo 30: fixar o filme *gafchromic* EBT3 ao digitalizador (Figura 40).

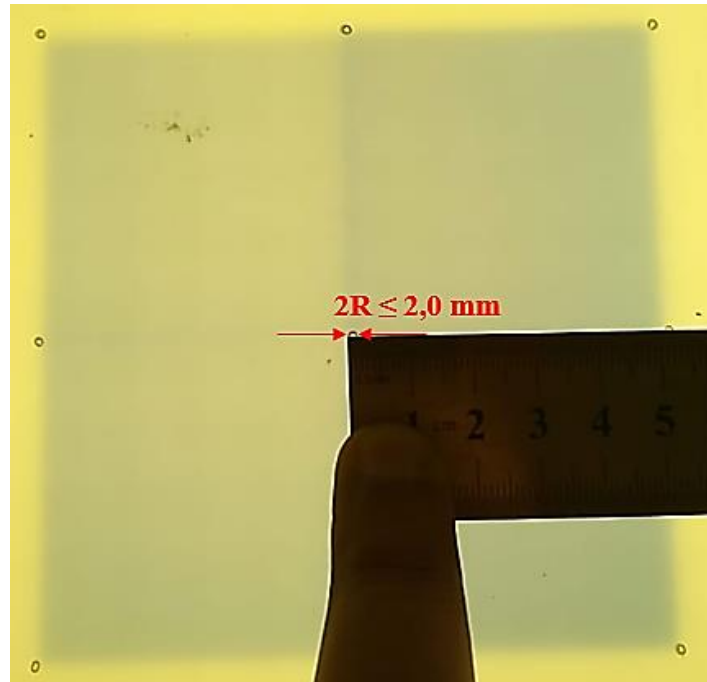
Figura 40 - Filme *gafchromic* EBT3 no digitalizador



Fonte: O autor, 2018.

Passo 31: medir a zona de superexposição ou subexposição, caso exista (Figura 41).

Figura 41 - Zona de superexposição ou subexposição no centro do campo



Fonte: O autor, 2018.

3.3.1.6 Tolerância

$$2R \leq 2 \text{ mm.}$$

3.3.1.7 Análise

Caso seja evidenciada a existência de um círculo centralizado no centro do campo $10 \times 10 \text{ cm}^2$, concretizando, desta forma, uma zona de super ou subexposição neste mesmo centro, o raio deste círculo deve ser igual a 1 mm ($R \leq 1 \text{ mm}$), no máximo.

Quadro 4 - Protocolo para o teste 1

TESTE 1		ISOCENTRO DO MLC				
OBJETIVO	Conferir a isocentricidade do MLC em função da rotação do gantry e do colimador.					
FREQUÊNCIA	Mensal					
DATA	TOLERÂNCIA	RESULTADO	SIM	NÃO	TÉC. ^a	FÍSICO MÉDICO
/Jan./2019	2R ≤ 2 mm	2R = mm				
/Fev./2019		2R = mm				
/Mar./2019		2R = mm				
/Abr./2019		2R = mm				
/Mai./2019		2R = mm				
/Jun./2019		2R = mm				
/Jul./2019		2R = mm				
/Ago./2019		2R = mm				
/Set./2019		2R = mm				
/Out./2019		2R = mm				
/Nov./2019		2R = mm				
/Dez./2019		2R = mm				

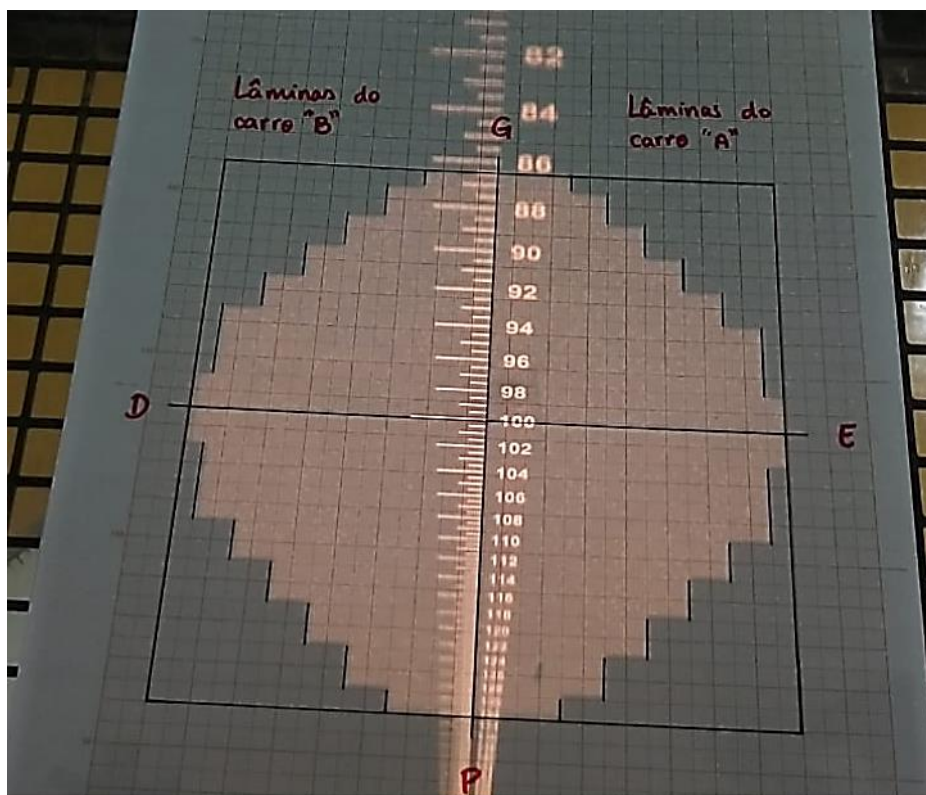
Legenda: **TÉC.^a** é a abreviação de técnico em radioterapia.

Fonte: O autor, 2018.

3.3.2 Projeção do campo luminoso

Para garantir uma entrega de dose eficiente, sem subdosar nem sobredosar o alvo e os OAR's circunvizinhos, as lâminas que modelam o feixe de radiação devem estar precisamente localizadas durante esta entrega da dose terapêutica (Figura 42).

Figura 42 - Lâminas precisamente localizadas



Fonte: O autor, 2018.

3.3.2.1 Objetivo

Observar a projeção da luz de campo das lâminas do MLC sobre o papel milimetrado, no qual fez-se um decalque do BEV do campo de referência.

3.3.2.2 Material utilizado

- a) acelerador linear Clinac *Varian 21 EX*;
- b) *BEV* do campo de referência;
- c) papel milimetrado;
- d) caneta hidrográfica preta ou azul (ponta fina);
- e) piloto permanente de qualquer cor (ponta fina);
- f) régua;
- g) fita adesiva;
- h) digitalizador.

3.3.2.3 Executor

Físico e Técnico de radioterapia

3.3.2.4 Frequência

- a) diário – até dois padrões;
- b) mensal – múltiplos padrões (ver ANEXO II).

3.3.2.5 Procedimento

3.3.2.5.1 Físico-médico

Passo 1: criar um “paciente teste”.

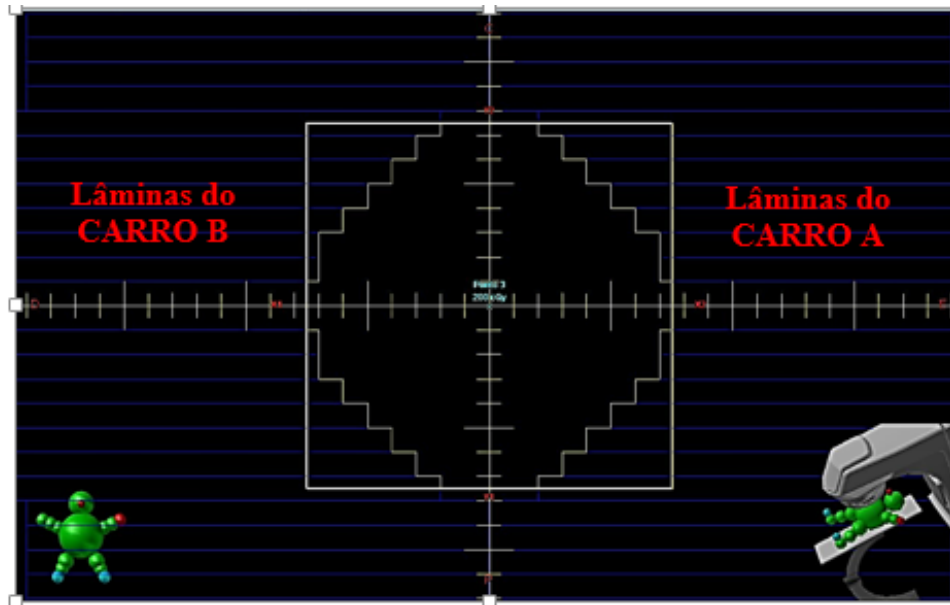
Passo 2: criar um plano contendo o formato do campo de referência no sistema de planejamento (Figura 43).

Passo 3: imprimir o BEV do campo de referência na distância SAD igual a 100 cm.

Passo 4: programar o plano no sistema de gerenciamento.

Passo 5: agendar o “paciente teste” no sistema de gerenciamento

Figura 43 - Campo de referência planejado para o teste 2



Fonte: O autor, 2018.

Quadro 5 - Propriedades do MLC para o teste 2

Propriedades - MLC			
Pares de lâminas	Tamanho do campo (cm ²)	Carro B (cm)	Carro A (cm)
28	4,0	2,0	2,0
27	6,0	3,0	3,0
26	8,0	4,0	4,0
25	10,0	5,0	5,0
24	12,0	6,0	6,0
23	14,0	7,0	7,0
22	14,0	7,0	7,0
21	15,0	7,5	7,5
20	15,0	7,5	7,5
19	14,0	7,0	7,0
18	14,0	7,0	7,0
17	12,0	6,0	6,0
16	10,0	5,0	5,0
15	8,0	4,0	4,0
14	6,0	3,0	3,0
13	4,0	2,0	2,0

Fonte: O autor, 2018.

3.3.2.5.2 Técnico

Passo 1: ligar o digitalizador.

Passo 2: fixar o BEV do campo de referência no digitalizador com fita adesiva (Figura 44).

Figura 44 - BEV do campo de referência fixado no digitalizador com fita adesiva / teste 2

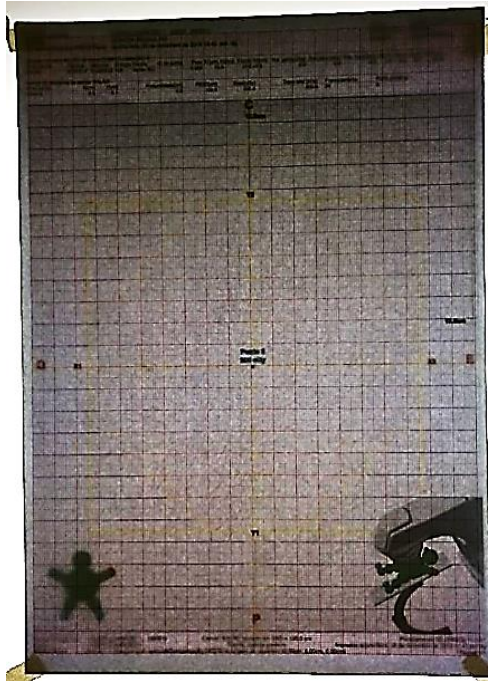


Fonte: O autor, 2018.

Passo 3: alinhar o papel milimetrado sobre o BEV do campo de referência, anteriormente fixado à digitalizadora, de forma que as linhas do papel milimetrado fiquem perfeitamente sobrepostas aos limites do campo de referência e às bordas das lâminas.

Passo 4: fixar o papel milimetrado sobre o BEV do campo de referência com fita adesiva (Figura 45).

Figura 45 - Papel milimetrado fixado sobre o BEV do campo de referência com fita adesiva / teste 2



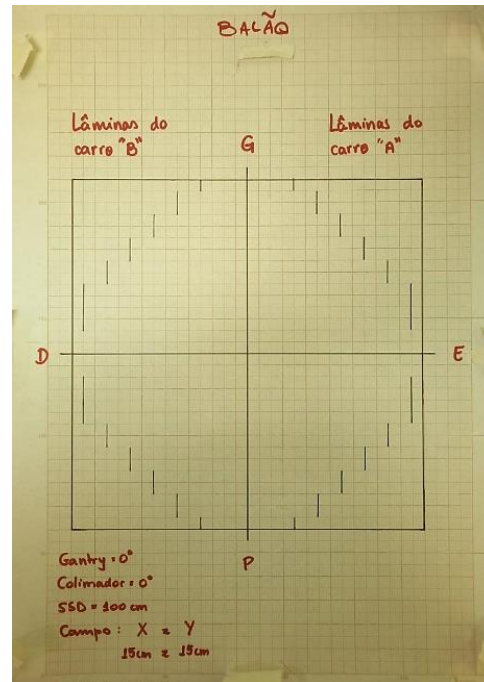
Fonte: O autor, 2018.

Passo 5: decalcar, no papel milimetrado, o BEV do campo de referência, bem como reticulado central deste campo.

Passo 6: anotar, no papel milimetrado, os seguintes parâmetros: ângulo do *gantry*, ângulo do colimador, SSD, tamanho do campo, lado do campo em que encontram-se as lâminas dos carros A e B, orientação do decalque na mesa do acelerador.

Após a realização dos Passos de 1 a 6, o campo decalcado ficará com o aspecto da Figura 46:

Figura 46 - Resultado do teste até o passo 6 / teste 2



Fonte: O autor, 2018.

A partir do **passo 7** será preparado o *setup* para este teste.

Passo 7: posicionar o *gantry* a 0° .

Passo 8: posicionar o colimador na angulação em que o campo de referência foi planejado (para este campo de referência – batizado de “BALÃO” – o ângulo de colimador é 0°).

Passo 9: posicionar a superfície da mesa no plano coronal que contém o isocentro.

Passo 10: abrir no 4DICT o plano com o campo de referência planejado.

Passo 11: carregar o campo de referência planejado.

Passo 12: ligar a luz de campo.

Passo 13: posicionar o papel milimetrado sobre a mesa e debaixo do colimador, conforme a orientação nele anotada (Figura 46).

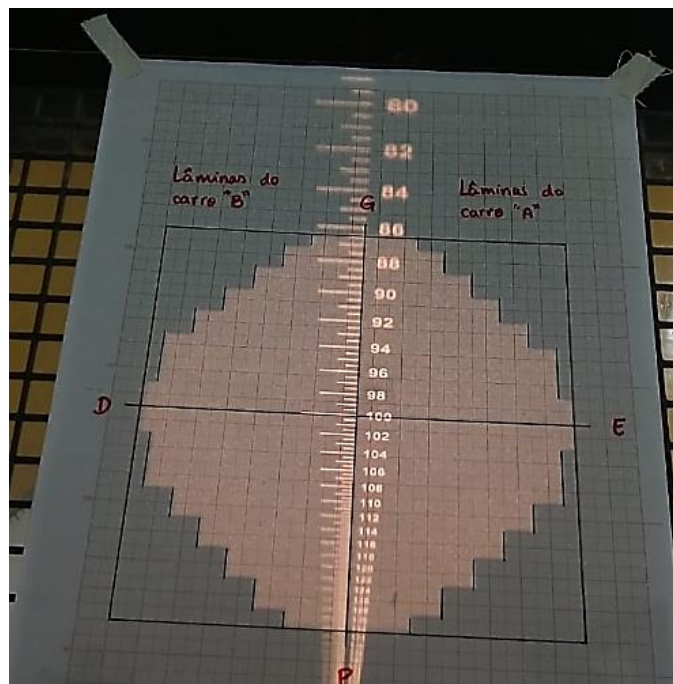
Passo 14: verificar se a SSD no centro do papel milimetrado é igual a 100 cm.

Passo 15: alinhar o campo decalcado no papel milimetrado com o reticulado (cross-hair) do campo.

Passo 16: fixar o papel milimetrado com fita adesiva.

Após seguir os passos de 7 até 16, o *setup* obtido será o da Figura 47.

Figura 47 - Resultado do teste do passo 7 ao 16 / teste 2



Fonte: O autor, 2018.

Passo 17: desligar a luz da sala de tratamento.

Passo 18: verificar a concordância entre o posicionamento da projeção da luz de campo das lâminas e a sua posição no papel milimetrado.

Passo 19: identificar a(s) lâmina(s) que, eventualmente, venha(m) estar muito próximas ou fora do limite de tolerância (ex.: A17 = 2 mm, B3 = 3 mm).

Passo 20: anotar o(s) maior(es) valor(es) de diferença(s) encontrado(s) para a(s) lâmina(s) identificada(s) no passo anterior.

Passo 21: comunicar ao físico-médico responsável pela equipe.

3.3.2.6 Tolerância

≤ 2 mm.

3.3.2.7 Análise

A diferença entre a projeção da luz de campo das lâminas do MLC e o desenho feito no papel milimetrado deve ser inferior a 2 mm. As maiores diferenças encontradas, bem como as lâminas correspondentes, devem ser registradas na planilha correspondente a este teste.

Quadro 6 - Protocolo para o teste 2

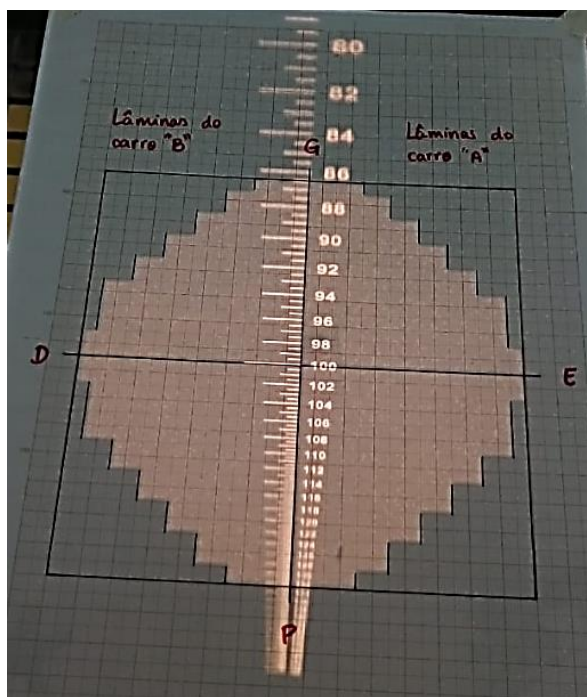
TESTE 2		Projeção do campo luminoso					
OBJETIVO		Observar a projeção da luz de campo das lâminas do MLC sobre o papel milimetrado, no qual fez-se um decalque do BEV do campo de referência.					
FREQUÊNCIA		Dária (1 padrão de campo de referência)					
		Mensal (> 1 padrão de campo de referência)					
TOLERÂNCIA		≤ 2 mm					
LÂMINAS DO CARRO B				LÂMINAS DO CARRO A			
B_{ij}	Δ_{ij} (mm)	B_{ij}	Δ_{ij} (mm)	A_{ij}	Δ_{ij} (mm)	A_{ij}	Δ_{ij} (mm)
B01		B21		A01		A21	
B02		B22		A02		A22	
B03		B23		A03		A23	
B04		B24		A04		A24	
B05		B25		A05		A25	
B06		B26		A06		A26	
B07		B27		A07		A27	
B08		B28		A08		A28	
B09		B29		A09		A29	
B10		B30		A10		A30	
B11		B31		A11		A31	
B12		B32		A12		A32	
B13		B33		A13		A33	
B14		B34		A14		A34	
B15		B35		A15		A35	
B16		B36		A16		A36	
B17		B37		A17		A37	
B18		B38		A18		A38	
B19		B39		A19		A39	
B20		B40		A20		A40	
DATA		FÍSICO-MÉDICO			TÉCNICO		
/ /							

Fonte: O autor, 2018.

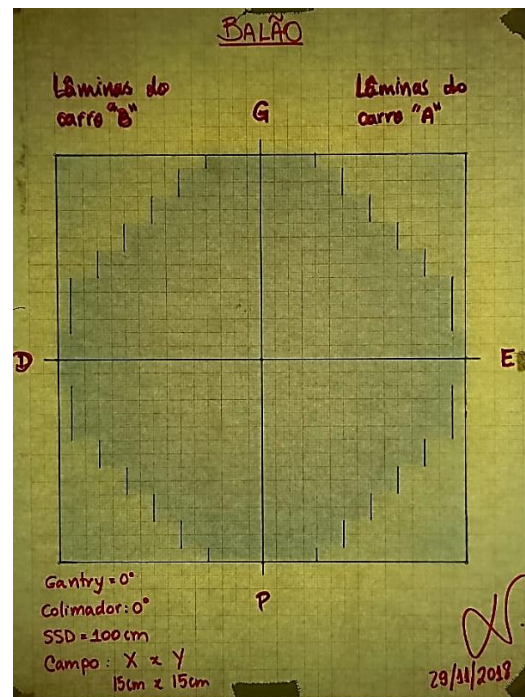
3.3.3 Coincidência entre campo radiativo e o luminoso

Para garantir uma entrega de dose eficiente, sem subdosar nem sobredosar o alvo e os OAR's circunvizinhos, as lâminas que modelam o feixe de radiação devem estar precisamente localizadas durante esta entrega da dose terapêutica. Sendo assim, como forma de garantir essa entrega precisa da dose de radiação, é necessário realizar uma inspeção do campo luminoso e do campo radioativo (Figura 48), pois deve-se ter a certeza de que o que está sendo visto (campo luminoso) é o que está sendo entregue (campo radioativo ou de radiação).

Figura 48 - Inspeção do campo luminoso e do campo radioativo



(b)



(b)

Legenda: (a) – campo luminoso; (b) – Campo radioativo.

Fonte: O autor, 2018.

3.3.3.1 Objetivo

Observar o grau de coincidência entre o campo luminoso e o radioativo.

3.3.3.2 Material utilizado

- a) acelerador linear Clinac *Varian 21 EX*;
- b) *BEV* do campo de referência;
- c) colimador multilâminas *Millennium™ 80 MLC*;
- d) placas de água sólida;
- e) papel milimetrado;
- f) caneta hidrográfica preta ou azul (ponta fina);
- g) piloto permanente de qualquer cor (ponta fina);
- h) régua;
- i) fita adesiva;
- j) digitalizador.

3.3.3.3 Executor

Físico e Técnico de radioterapia.

3.3.3.4 Frequência

Semestral.

3.3.3.5 Procedimento

3.3.3.5.1 Físico-médico

Passo 1: criar um “paciente teste”.

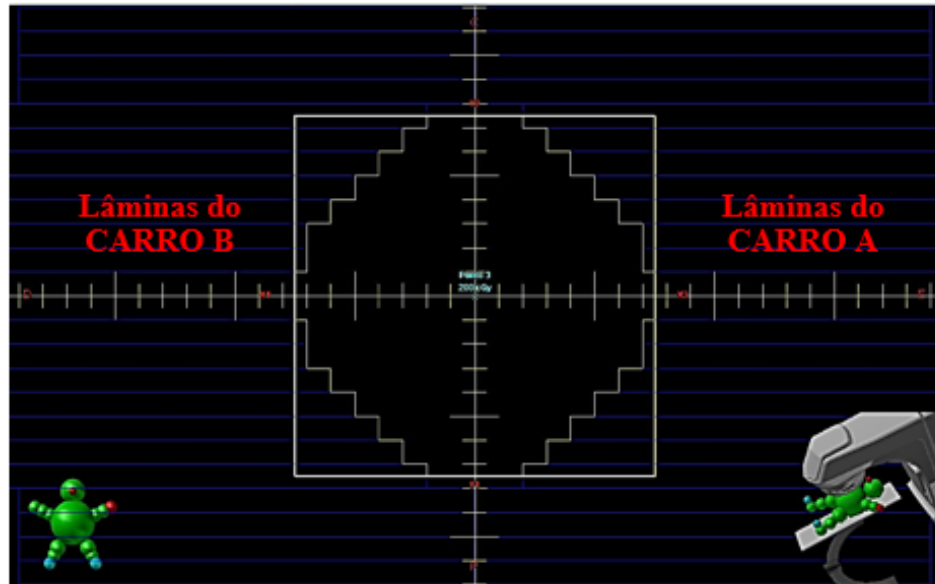
Passo 2: criar um plano contendo o formato do campo de referência no sistema de planejamento (Figura 49).

Passo 3: imprimir o BEV do campo de referência na distância SAD igual a 100 cm.

Passo 4: programar o plano no sistema de gerenciamento

Passo 5: agendar o “paciente teste” no sistema de gerenciamento

Figura 49 - Campo de referência planejado para o teste 3



Fonte: O autor, 2018.

Quadro 7 - Propriedades do MLC para o teste 3

Propriedades - MLC			
Pares de lâminas	Tamanho do campo (cm ²)	Carro B (cm)	Carro A (cm)
28	4,0	2,0	2,0
27	6,0	3,0	3,0
26	8,0	4,0	4,0
25	10,0	5,0	5,0
24	12,0	6,0	6,0
23	14,0	7,0	7,0
22	14,0	7,0	7,0
21	15,0	7,5	7,5
20	15,0	7,5	7,5
19	14,0	7,0	7,0
18	14,0	7,0	7,0
17	12,0	6,0	6,0
16	10,0	5,0	5,0
15	8,0	4,0	4,0
14	6,0	3,0	3,0
13	4,0	2,0	2,0

Fonte: O autor, 2018.

3.3.3.5.2 Técnico:

Passo 1: ligar o digitalizador.

Passo 2: fixar o BEV do campo de referência no digitalizador com fita adesiva (Figura 50).

Figura 50 - BEV do campo de referência fixado no digitalizador com fita adesiva / teste 3

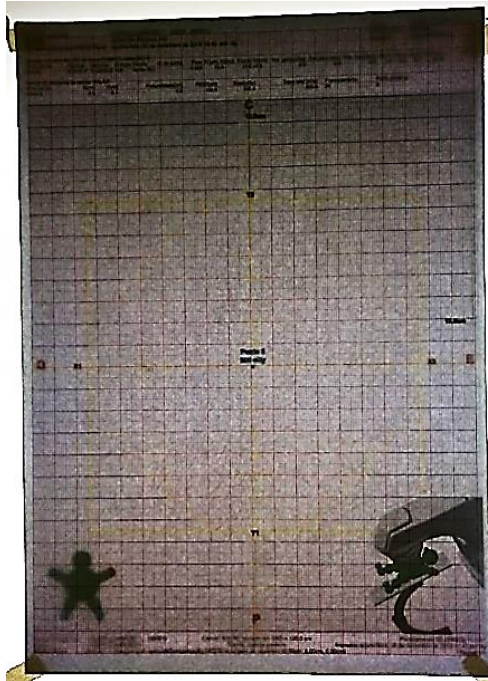


Fonte: O autor, 2018.

Passo 3: alinhar o papel milimetrado sobre o BEV do campo de referência, de forma que as linhas do papel milimetrado fiquem perfeitamente sobrepostas aos limites do campo de referência e às bordas das lâminas.

Passo 4: fixar o papel milimetrado sobre o BEV do campo de referência com fita adesiva (Figura 51).

Figura 51 - Papel milimetrado fixado sobre o BEV do campo de referência com fita adesiva / teste 3



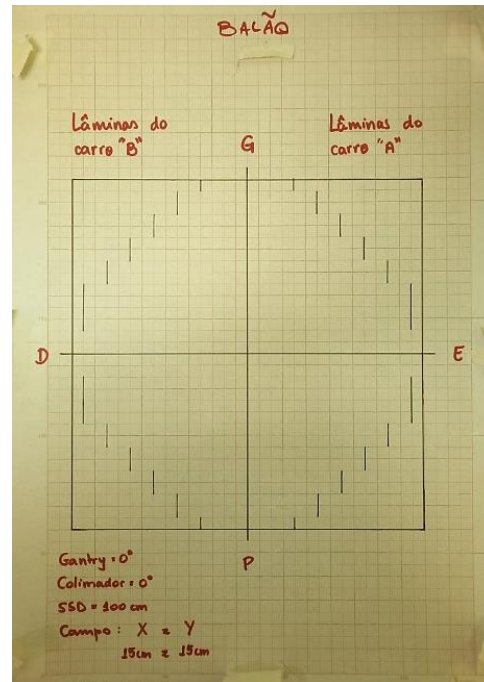
Fonte: O autor, 2018.

Passo 5: decalcar, no papel milimetrado, o BEV do campo de referência, bem como reticulado central deste campo.

Passo 6: anotar, no papel milimetrado, os seguintes parâmetros: ângulo do *gantry*, ângulo do colimador, SSD, tamanho do campo, lado do campo em que encontram-se as lâminas dos carros A e B, orientação do decalque na mesa do acelerador.

Após a realização dos “passos” de 1 a 6, o campo decalcado ficará de acordo com a Figura 52:

Figura 52 - Resultado do teste até o passo 6 / teste 3



Fonte: O autor, 2018.

A partir do passo 7 será preparado o *setup* para este teste:

Passo 7: posicionar o *gantry* a 0°.

Passo 8: posicionar o colimador na angulação em que o campo de referência foi planejado (para este campo de referência – batizado de BALÃO – o ângulo de colimador é 0°).

Passo 9: abrir um campo simétrico de dimensão 15 x 15 cm² (Figura 53).

Figura 53 - Campo simétrico de dimensão 15 x 15 cm²

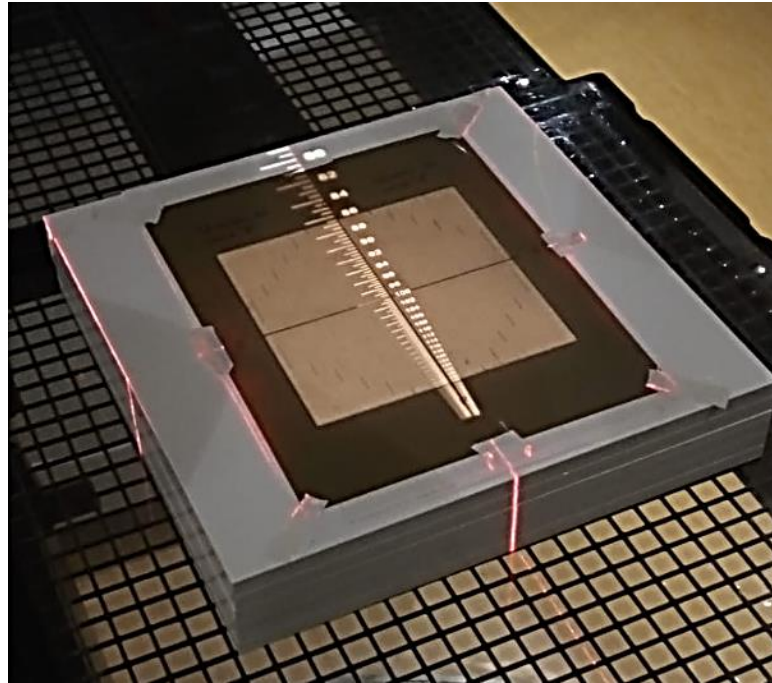


Fonte: O autor, 2018.

- Passo 10:** posicionar as placas de água sólida sobre a mesa e debaixo do colimador, sobrepostas umas às outras.
- Passo 11:** posicionar o conjunto papel milimetrado e filme *gafchromic* EBT3 (Figura 53) sobre essas placas de água sólida.
- Passo 12:** ligar a luz de campo.
- Passo 13:** alinhar o centro do campo desenhado no papel milimetrado com o reticulado (cross-hair) do campo de luz.
- Passo 14:** fixar o conjunto papel milimetrado e filme *gafchromic* EBT3, com fita adesiva, à placa de água sólida.
- Passo 15:** posicionar o centro do campo desenhado no papel milimetrado a uma SSD = 100 cm.

Após seguir os “passos” de 6 até 15, o *setup* obtido será o descrito pela Figura 54:

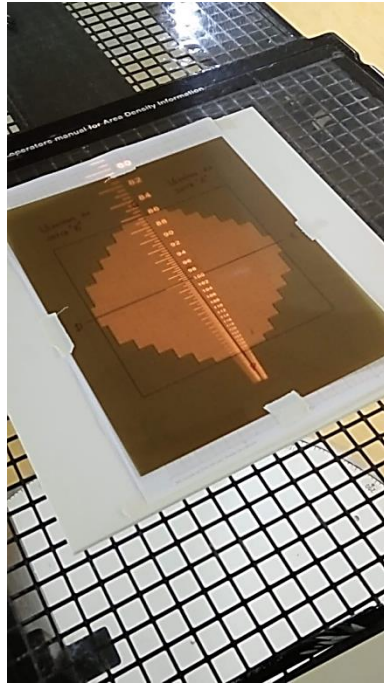
Figura 54 - Resultado do teste do passo 6 ao 15 / teste 3



Fonte: O autor, 2018.

- Passo 16:** posicionar a superfície da mesa no plano coronal que contém o isocentro.
- Passo 17:** abrir no 4DICT o plano com o campo de referência planejado.
- Passo 18:** carregar o campo de referência planejado.
- Passo 19:** ligar a luz de campo.

Figura 55 - Resultado do teste do passo 7 ao 16 / teste 3



Fonte: O autor, 2018.

- Passo 20:** desligar a luz da sala de tratamento.
- Passo 21:** irradiar o objeto dosimétrico (fantoma e filme *gafchromic* EBT3) com 500UM.
- Passo 22:** verificar a concordância entre os campos luminoso (pelas marcações feitas no filme) e radioativo (pelo enegrecimento do filme após a sua irradiação).
- Passo 23:** identificar a(s) lâmina(s) que, eventualmente, venha(m) estar muito próximas ou fora do limite de tolerância (ex.: A17 = 2 mm, B3 = 3 mm).
- Passo 24:** anotar o(s) maior(es) valor(es) de diferença(s) encontrado(s) para a(s) lâmina(s) identificada(s) no passo anterior.
- Passo 25:** comunicar ao físico-médico responsável pela equipe.

3.3.3.6 Tolerância

$$\pm 0,2 \text{ cm} = \pm 2 \text{ mm.}$$

3.3.3.7 Análise

A diferença entre a projeção da luz de campo das lâminas do MLC e o desenho feito no papel milimetrado deve ser inferior a 2 mm. As maiores diferenças encontradas, bem como as lâminas correspondentes, devem ser registradas na planilha correspondente a este teste.

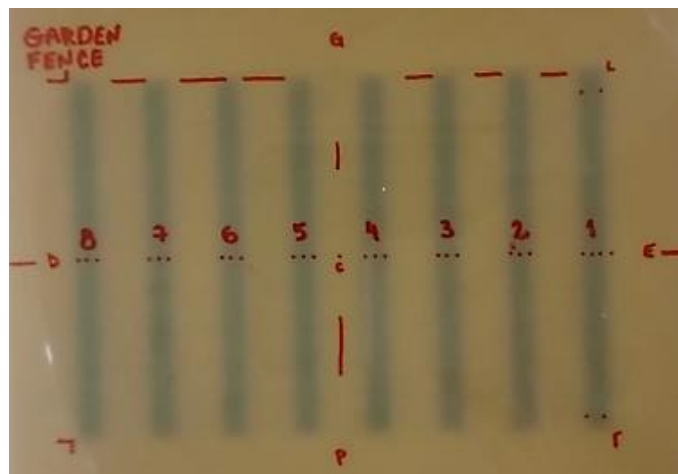
Quadro 8 - Protocolo para o teste 3

TESTE 3		Campo planejado vs campo radioativo					
OBJETIVO		Observar a coincidência entre o campo planejado (campo luminoso) e o campo radioativo.					
FREQUÊNCIA		Semestral (filme <i>gafchromic</i> EBT3)					
TOLERÂNCIA		± 2 mm					
LÂMINAS DO CARRO B				LÂMINAS DO CARRO A			
B_{ij}	Δ_{ij} (mm)	B_{ij}	Δ_{ij} (mm)	A_{ij}	Δ_{ij} (mm)	A_{ij}	Δ_{ij} (mm)
B01		B21		A01		A21	
B02		B22		A02		A22	
B03		B23		A03		A23	
B04		B24		A04		A24	
B05		B25		A05		A25	
B06		B26		A06		A26	
B07		B27		A07		A27	
B08		B28		A08		A28	
B09		B29		A09		A29	
B10		B30		A10		A30	
B11		B31		A11		A31	
B12		B32		A12		A32	
B13		B33		A13		A33	
B14		B34		A14		A34	
B15		B35		A15		A35	
B16		B36		A16		A36	
B17		B37		A17		A37	
B18		B38		A18		A38	
B19		B39		A19		A39	
B20		B40		A20		A40	
JAWs							
X1		X2		Y1		Y2	
mm		mm		mm		mm	
DATA		FÍSICO-MÉDICO			TÉCNICO		
/ /							

3.3.4 Garden fence

Para garantir uma entrega de dose eficiente, sem subdosar nem sobredosar o alvo e os OAR's circunvizinhos, as lâminas que modelam o feixe de radiação devem estar precisamente localizadas e alinhadas durante esta entrega da dose terapêutica. Sendo assim, como forma de garantir essa entrega precisa da dose de radiação, é necessário realizar uma avaliação do posicionamento de cada lâmina individualmente (A16, por exemplo), bem como o alinhamento entre lâminas de um mesmo carro (A16 até A25, por exemplo) e a largura do *gap* estabelecido entre os pares de lâminas (A16 e B25, por exemplo).

Figura 56 - Teste de Garden fence



Fonte: O autor, 2018.

3.3.4.1 Objetivo

Avaliar o posicionamento de cada lâmina individualmente (A16, por exemplo), bem como o alinhamento entre lâminas de um mesmo carro (A16 até A25, por exemplo) e a largura do *gap* estabelecido entre os pares de lâminas (A16 e B25, por exemplo).

3.3.4.2 Material utilizado

- a) acelerador linear Clinac *Varian 21 EX*;
- b) sistema de planejamento de tratamento Eclipse;
- c) sistema de gerenciamento ARIA;
- d) 4DITC;
- e) colimador multilâminas *Millennium™ 80 MLC*
- f) placas de água sólida
- g) piloto permanente de qualquer cor (ponta fina)
- h) régua
- i) fita adesiva

3.3.4.3 Executor

Físico e/ou Dosimetrista.

3.3.4.4 Frequência

Semestral.

3.3.4.5 Procedimento

3.3.4.5.1 Físico-médico

Passo 1: criar um “paciente teste”.

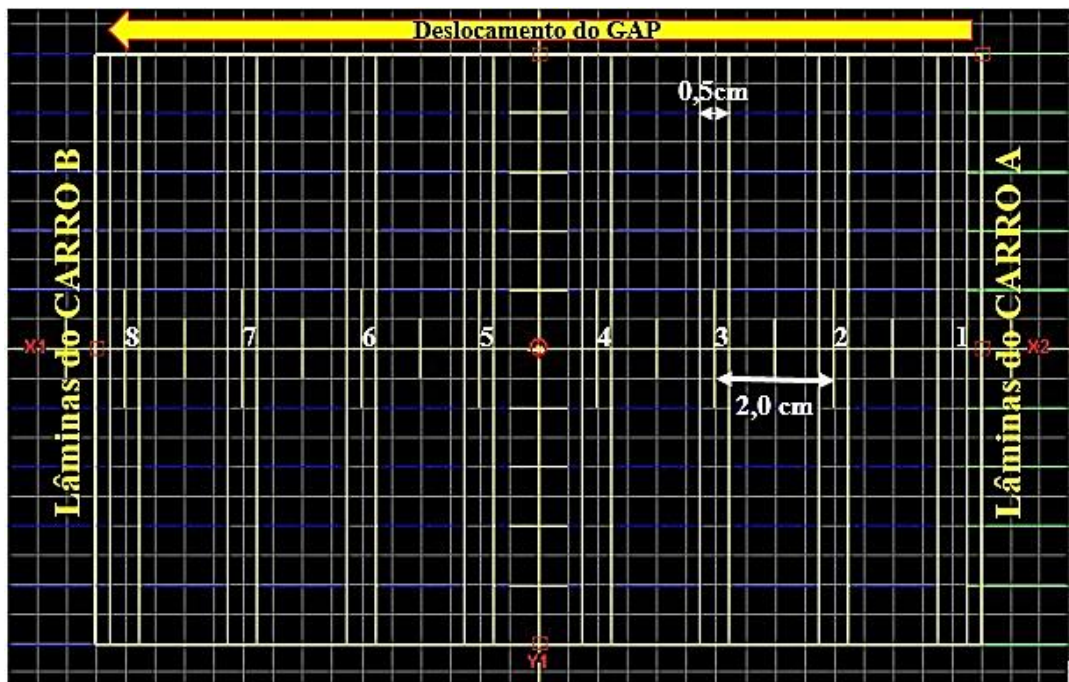
Passo 2: criar um plano que contenha um campo de dimensão 15 x 10 cm².

Passo 3: introduzir, dentro do campo criado, 8 *gaps* de 0,5 cm de largura cada e distanciados um do outro por 2 cm (contados a partir do centro de cada um) (Figura 57).

Passo 4: programar o plano no sistema de gerenciamento ARIA.

Passo 5: agendar o “paciente teste” no sistema de gerenciamento ARIA.

Figura 57 - deslocamento do GAP



Fonte: O autor, 2018.

Quadro 9 - Propriedades do MLC para o teste 4

Propriedades - MLC				
GAPS	Pares de lâminas	Tamanho do campo (cm ²)	Carro B (cm)	Carro A (cm)
GAP 1	16 até 25	0,5	- 6,75	7,25
GAP 2	16 até 25	0,5	- 4,75	5,25
GAP 3	16 até 25	0,5	-2,75	3,25
GAP 4	16 até 25	0,5	- 0,75	1,25
GAP 5	16 até 25	0,5	1,25	- 0,75
GAP 6	16 até 25	0,5	3,25	- 2,75
GAP 7	16 até 25	0,5	5,25	- 4,75
GAP 8	16 até 25	0,5	7,25	- 6,75

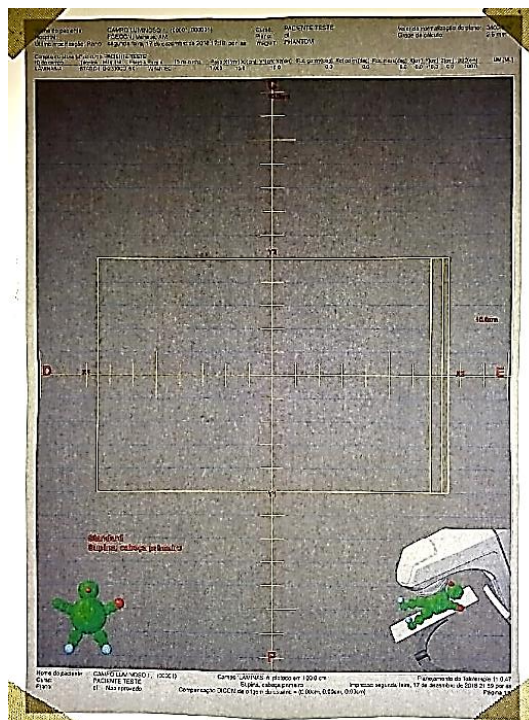
Fonte: O autor, 2018.

3.3.4.5.2 Físico e/ou Dosimetrista:

Passo 1: ligar o digitalizador.

Passo 2: fixar o BEV do campo de referência no digitalizador com fita adesiva (Figura 58).

Figura 58 - BEV do campo de referência fixado no digitalizador com fita adesiva / teste 4

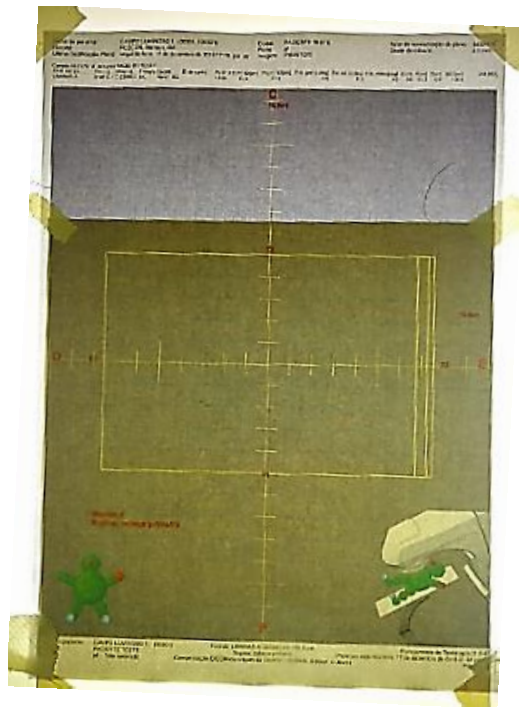


Fonte: O autor, 2018.

Passo 3: posicionar o filme *gafchromic* EBT3 sobre o BEV do campo de referência.

Passo 4: fixar o filme *gafchromic* EBT3 sobre o BEV do campo de referência com fita adesiva.

Figura 59 - Papel milimetrado fixado sobre o BEV do campo de referência com fita adesiva / teste 4



Fonte: O autor, 2018.

Passo 5: decalcar, no filme, o BEV do campo de referência, bem como reticulado central deste campo.

Passo 6: marcar o centros de cada um dos 8 *gaps*.

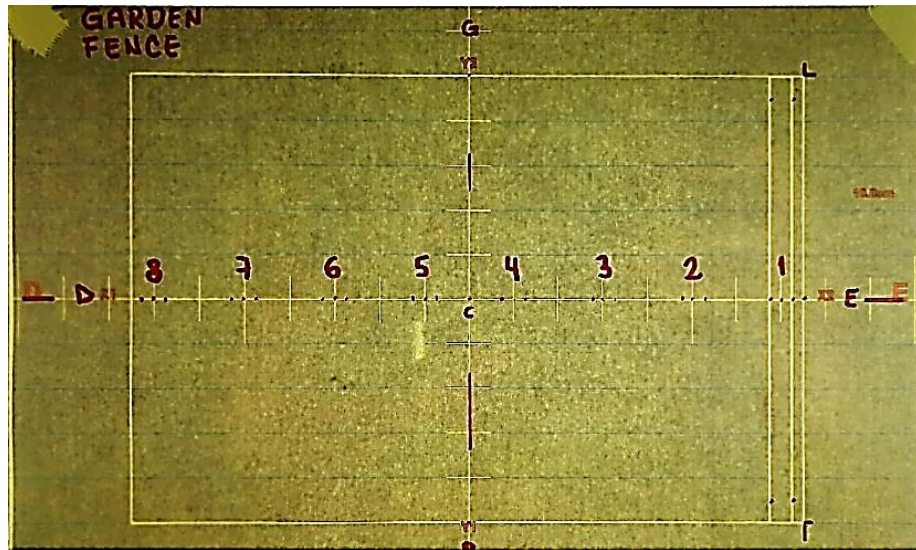
Passo 7: marcar os limites laterais dos 8 *gaps* definidos pelos pares de lâminas.

Passo 8: anotar, no filme, o seguintes parâmetros: ângulo do *gantry*, ângulo do colimador, SSD, tamanho do campo, lado do campo em que encontram-se as lâminas dos carros A e B, orientação do decalque na mesa do acelerador.

Passo 9: separar o filme do BEV do campo de referência, retirando a fita adesiva que mantinha os dois unidos.

Após a realização dos “passos” de 1 a 9, o campo decalcado ficará de acordo com a Figura 60:

Figura 60 - Resultado do teste até o passo 6 / teste 4



Fonte: O autor, 2018.

Os próximos passos conduzirão à montagem do *setup* para este teste.

- Passo 10:** posicionar o *gantry* a 0° .
- Passo 11:** posicionar o colimador a 0° .
- Passo 12:** carregar um campo simétrico e aberto de dimensão $15 \times 10 \text{ cm}^2$ (Figura 61).

Figura 61 - Campo simétrico de dimensão $15 \times 10 \text{ cm}^2$

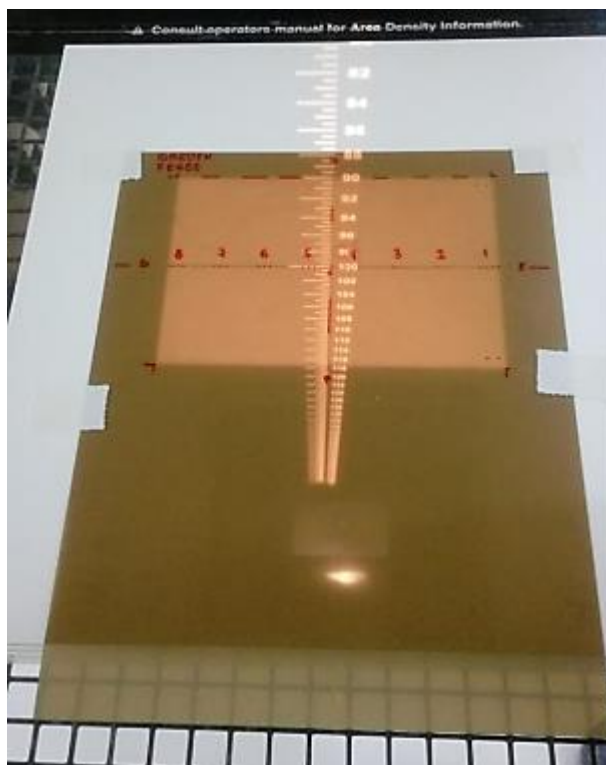


Fonte: O autor, 2018.

- Passo 13:** posicionar as placas de água sólida sobre a mesa e debaixo do colimador, sobrepostas umas às outras.
- Passo 14:** posicionar o filme *gafchromic* EBT3 sobre essas placas de água sólida.
- Passo 15:** ligar a luz de campo.
- Passo 16:** alinhar o centro do campo desenhado no filme com o reticulado (cross-hair) do campo de luz.
- Passo 17:** fixar o filme, com fita adesiva, à placa de água sólida.
- Passo 18:** posicionar o centro do campo desenhado no filme a uma SSD = 100 cm.

Após seguir os “passos” de 10 até 18, o *setup* obtido será o mostrado na Figura 62 será:

Figura 62 - Resultado do teste do passo 10 ao 18 / teste 4

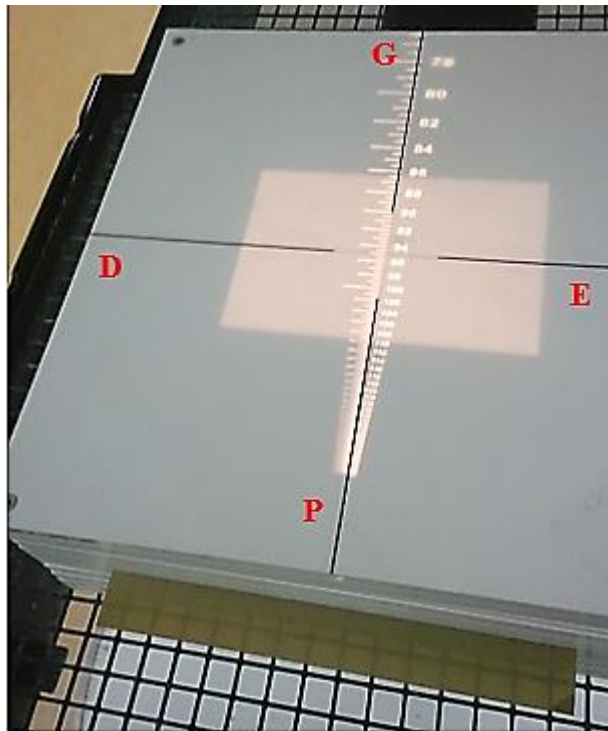


Fonte: O autor, 2018.

Passo 19: posicionar, cuidadosamente, mais 5 placas de água sólida sobre o conjunto mostrado na Figura 62.

Passo 20: alinhar, cuidadosamente, a última placa sobreposta com os lasers axial e sagital da sala de tratamento (Figura 63).

Figura 63 - Alinhamento dos lasers axial e sagital da sala de tratamento na placa



Fonte: O autor, 2018.

Após seguir os “passos” 19 e 20, o *setup* descrito pela Figura 64 será obtido:

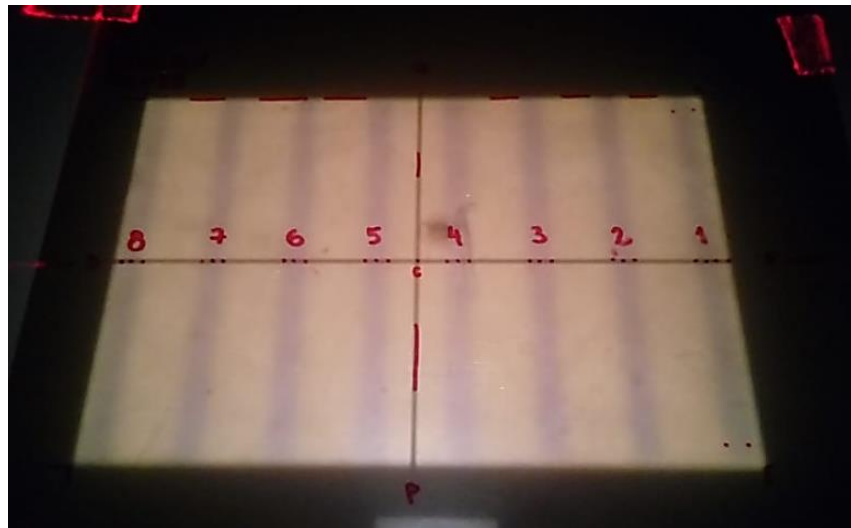
Figura 64 - Placas de água sólida posicionadas e alinhadas na sala



Fonte: O autor, 2018.

- Passo 21:** preparar o plano no 4DITC.
Passo 22: irradiar o objeto dosimétrico.
Passo 23: retirar as placas de água sólida de cima do filme (Figura 65).

Figura 65 - Retirada das placas de água sólida de cima do filme



Fonte: O autor, 2018.

Passo 24: fixar o filme *gafchromic* ao digitalizador por meio da fita adesiva.

Passo 25: ligar o digitalizador.

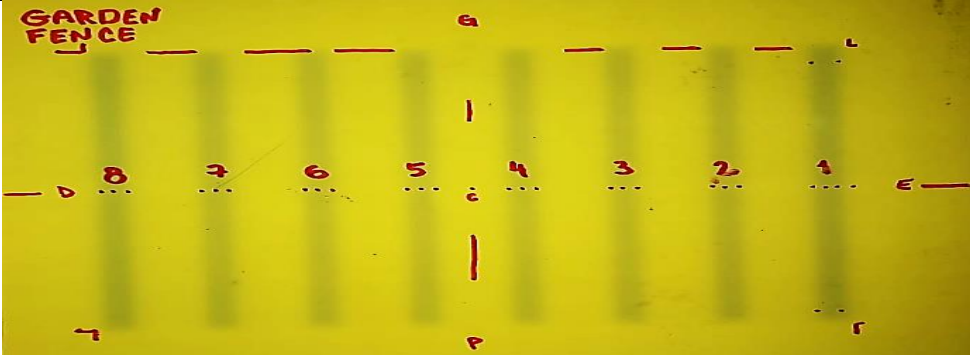
3.3.4.6 Tolerância

$$\pm 0,2 \text{ cm} = \pm 2 \text{ mm.}$$

3.3.4.7 Análise

Verificar, com auxílio da régua, possíveis variações na largura dos *gaps*; na distância entre os mesmos; no alinhamento entre lâminas de um mesmo carro e, no caso de ocorrência de lâmina(s) desalinhada(s), verificar se esta ocorrência se repete sistematicamente para a(s) mesma(s) lâmina(s).

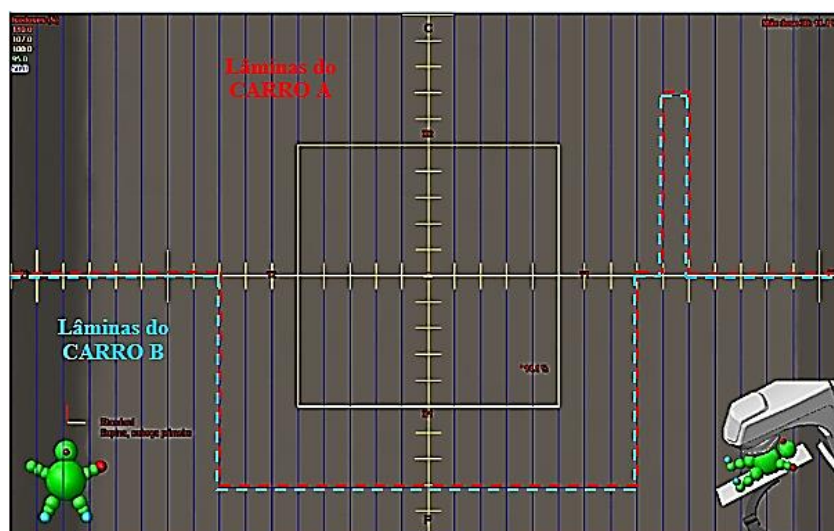
Quadro 10 - Protocolo para o teste 4

TESTE 4		GARDEN FENCE					
		<p>Verificar a largura dos <i>gaps</i>, a distância entre os mesmos; o alinhamento entre lâminas de um mesmo carro.</p>					
		Semestral (filme <i>gafchromic</i> EBT3)					
		≤ 2 mm					
		LARGURA DOS GAPS (mm)					
GAP 1	GAP 2	GAP 3	GAP 4	GAP 5	GAP 6	GAP 7	GAP 8
Y1:	Y1:	Y1:	Y1:	Y1:	Y1:	Y1:	Y1:
DISTÂNCIA ENTRE OS GAPS (cm)							
(1-2)	(2-3)	(3-4)	(4-5)	(5-6)	(6-7)	(7-8)	
DESALINHAMENTO ENTRE AS LÂMINAS?							
GAP 1 SIM / NÃO	GAP 2 SIM / NÃO	GAP 3 SIM / NÃO	GAP 4 SIM / NÃO	GAP 5 SIM / NÃO	GAP 6 SIM / NÃO	GAP 7 SIM / NÃO	GAP 8 SIM / NÃO
A16/B16	A16/B16	A16/B16	A16/B16	A16/B16	A16/B16	A16/B16	A16/B16
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
A17/B17	A17/B17	A17/B17	A17/B17	A17/B17	A17/B17	A17/B17	A17/B17
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
A18/B18	A18/B18	A18/B18	A18/B18	A18/B18	A18/B18	A18/B18	A18/B18
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
A19/B19	A19/B19	A19/B19	A19/B19	A19/B19	A19/B19	A19/B19	A19/B19
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
A20/B20	A20/B20	A20/B20	A20/B20	A20/B20	A20/B20	A20/B20	A20/B20
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
A21/B21	A21/B21	A21/B21	A21/B21	A21/B21	A21/B21	A21/B21	A21/B21
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
A22/B22	A22/B22	A22/B22	A22/B22	A22/B22	A22/B22	A22/B22	A22/B22
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
A23/B23	A23/B23	A23/B23	A23/B23	A23/B23	A23/B23	A23/B23	A23/B23
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
A24/B24	A24/B24	A24/B24	A24/B24	A24/B24	A24/B24	A24/B24	A24/B24
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
A25/B25	A25/B25	A25/B25	A25/B25	A25/B25	A25/B25	A25/B25	A25/B25
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
DATA	FÍSICO-MÉDICO			DOSIMETRISTA			
/ /							

3.3.5 Transmissão intra e interlâminas

O sistema de colimadores multilâminas (MLC) não blindada, em absoluto, o feixe de radiação utilizado nos tratamentos radioterápicos. Ao conformar o tumor, as lâminas definem uma área de deposição da dose terapêutica ao mesmo tempo em que, ao proteger os tecidos sadios localizados na vizinhança desse tumor, absorvem e transmitem um percentual desse mesmo feixe de radiação. Esse percentual transmitido pode ser composto pela da transmissão da radiação no espaço entre lâminas adjacentes (transmissão interlâminas) e através do corpo das lâminas (transmissão intralâminas) (Figura 66). Para técnicas de planejamento que fazem uso de combinações de campos e subcampos cujas lâminas adentram a área alvo (field-in-field e IMRT) é importante a caracterização desse percentual transmitido por meio de filmes, matriz de detectores ou mesmo câmaras de ionização com volume menor que a projeção da largura das lâminas no plano de medição.

Figura 66 - Transmissão intra e inter lâminas



Fonte: O autor, 2018.

3.3.5.1 Objetivo

Determinar a transmissão interlâminas e intralâminas.

3.3.5.2 Material utilizado

- a) acelerador linear Clinac *Varian 21 EX*;
- b) *BEV* do campo de referência para posicionamento da câmara de ionização;
- c) colimador multilâminas *Millennium™ 80 MLC*;
- d) eletrômetro Standard Imaging;
- e) câmara de ionização semiflex 0,125cm³;
- f) fantoma cúbico;
- g) papel milimetrado;
- h) caneta hidrográfica preta ou azul (ponta fina);
- i) régua;
- j) fita adesiva.

3.3.5.3 Executor

Físico e/ou Dosimetrista.

3.3.5.4 Frequência

Anual.

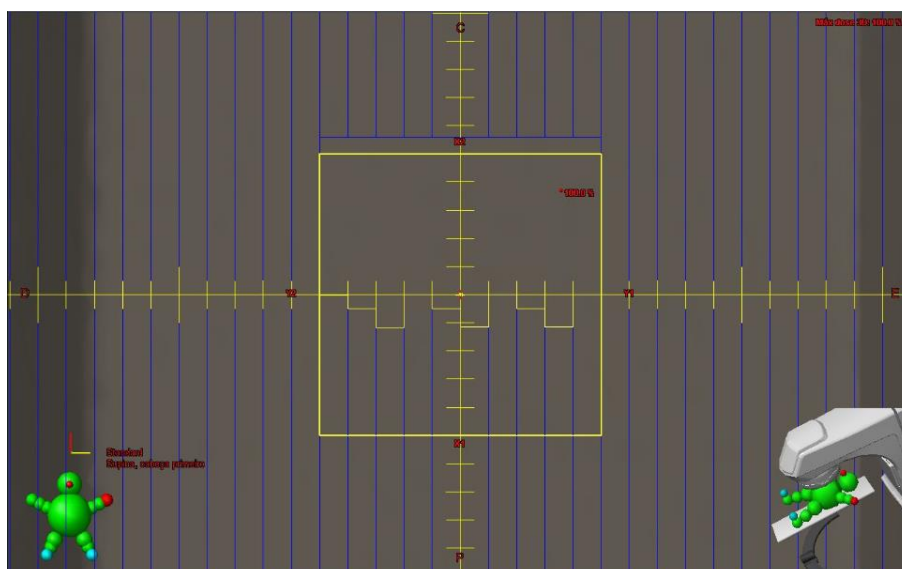
3.3.5.5 Procedimento

3.3.5.5.1 Físico-médico:

Passo 1: criar um “paciente teste”.

Passo 2: criar três planos no sistema de planejamento –

- a) o primeiro plano contendo um campo de referência $10 \times 10 \text{ cm}^2$, com as lâminas do CARRO A e do CARRO B dispostas segundo figura e tabela abaixo de modo a auxiliar nos seis posicionamentos da câmara semiflex ao longo deste campo, durante as três leituras de interlâminas e três de intralâminas;
- b) o segundo plano com as lâminas do CARRO A bloqueando completamente a abertura do campo $10 \times 10 \text{ cm}^2$ até embaixo do *jaw* oposto, tendo-se o cuidado de manter uma lâmina do conjunto retraída afim de evitar o movimento de todo o CARRO A;
- c) o terceiro plano com as lâminas do CARRO B bloqueando completamente a abertura do campo $10 \times 10 \text{ cm}^2$ até embaixo do *jaw* oposto, tendo-se o cuidado de manter uma lâmina do conjunto retraída afim de evitar o movimento de todo o CARRO B.

Figura 67 – Campo de referência 10 x 10 cm² do primeiro plano

Legenda: Lâminas dispostas de modo a auxiliar nos seis posicionamentos da câmera, durante as três leituras de interlâmina e três de intralâmina.

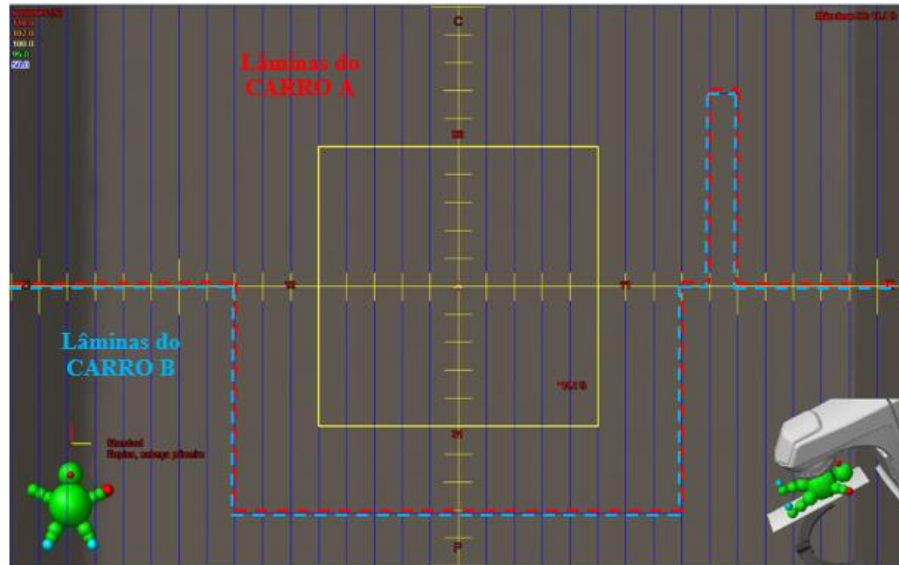
Fonte: O autor, 2018.

Quadro 11 - Propriedades do MLC para o teste 5

Propriedades - MLC			
Pares de lâminas	Tamanho do campo (cm ²)	Carro B (cm)	Carro A (cm)
16	5,8	0	+5,8
17	7,0	+1,2	+5,8
18	6,3	+0,5	+5,8
19	5,8	0	+5,8
20	7,0	+1,2	+5,8
21	6,3	+0,5	+5,8
22	5,8	0	+5,8
23	7,0	+1,2	+5,8
24	6,3	+0,5	+5,8
25	5,8	0	+5,8

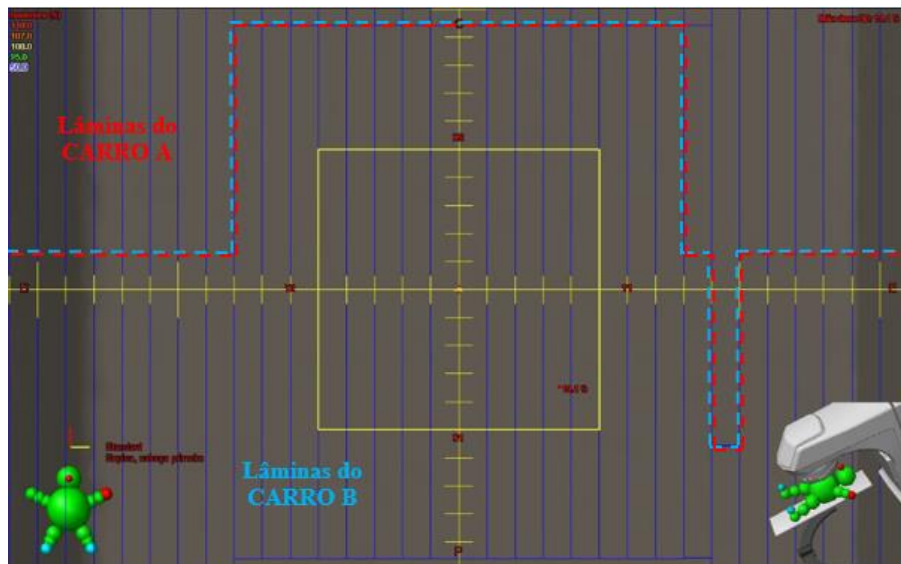
Fonte: O autor, 2018.

Figura 68 - Lâminas do CARRO A bloqueado completamente a abertura do campo 10 x 10 cm² até embaixo do *jaw* oposto, mantendo-se uma lâmina retraída



Legenda: Lâmina retraída a fim de evitar o movimento deste carro.
Fonte: O autor, 2018.

Figura 69 - Lâminas do CARRO B bloqueado completamente a abertura do campo 10 x 10 cm² até embaixo do *jaw* oposto, mantendo-se uma lâmina retraída



Legenda: Lâmina retraída a fim de evitar o movimento deste carro.
Fonte: O autor, 2018.

Passo 3: imprimir dois BEV's do primeiro plano do **Passo 2**, um BEV a SSD = 100cm e o outro BEV a uma SSD = 110cm.

Passo 4: programar os três planos no sistema de gerenciamento.

Passo 5: agendar o “paciente teste” no sistema de gerenciamento.

3.3.5.5.2 Técnico

Passo 1: posicionar o *gantry* a 0°.

Passo 2: posicionar o colimador a 90°.

Passo 3: carregar um campo aberto de dimensão 10 x 10 cm².

Figura 70 - Campo aberto de dimensão 10 x 10 cm²



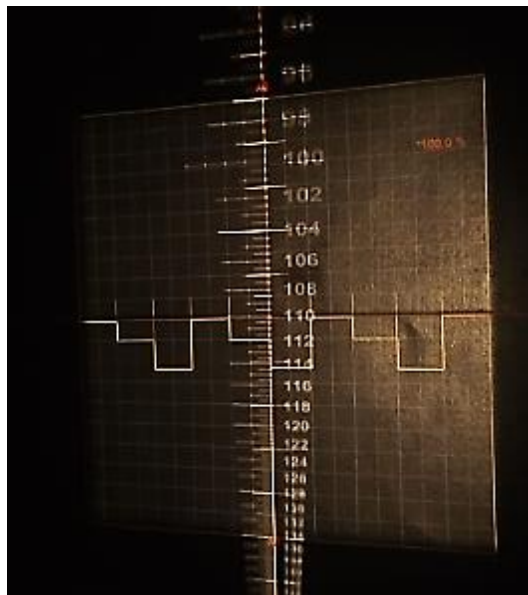
Fonte: O autor, 2018.

Passo 4: posicionar o BEV – impresso a SSD = 110 cm – sobre o tampo da mesa e abaixo do colimador, conforme orientação que consta na impressão.

Passo 5: elevar o tampo da mesa até a SSD = 110 cm.

Passo 6: alinhar os eixos longitudinal e transversal desse BEV com a projeção do reticulado do campo 10 x 10 cm² anteriormente carregado no 4DITC (Figura 71).

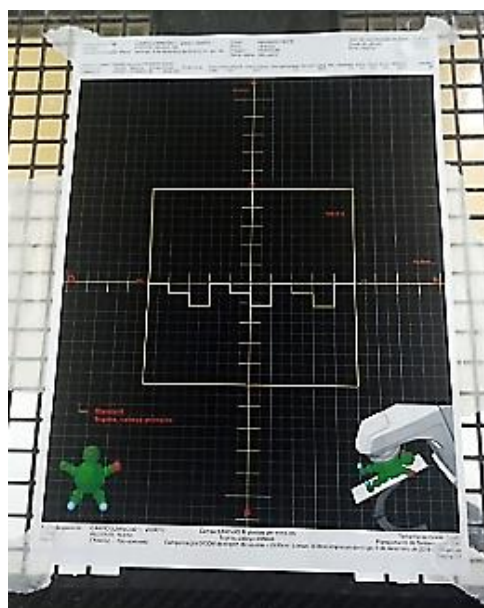
Figura 71 - Alinhamento dos eixos longitudinal e transversal desse BEV com a projeção do reticulado do campo 10 x 10 cm² anteriormente carregado no 4D



Fonte: O autor, 2018.

Passo 7: fixar essa BEV ao tampo da mesa com fita adesiva (Figura 72).

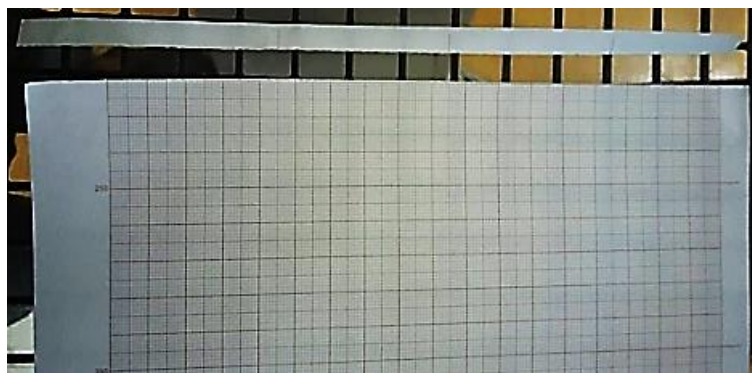
Figura 72 - BEV fixado ao tampo da mesa com fita adesiva



Fonte: O autor, 2018.

Passo 8: cortar uma borda do papel milimetrado rente à região graticulada do mesmo (Figura 73).

Figura 73 – Corte de uma borda do papel milimetrado rente à região graticulada

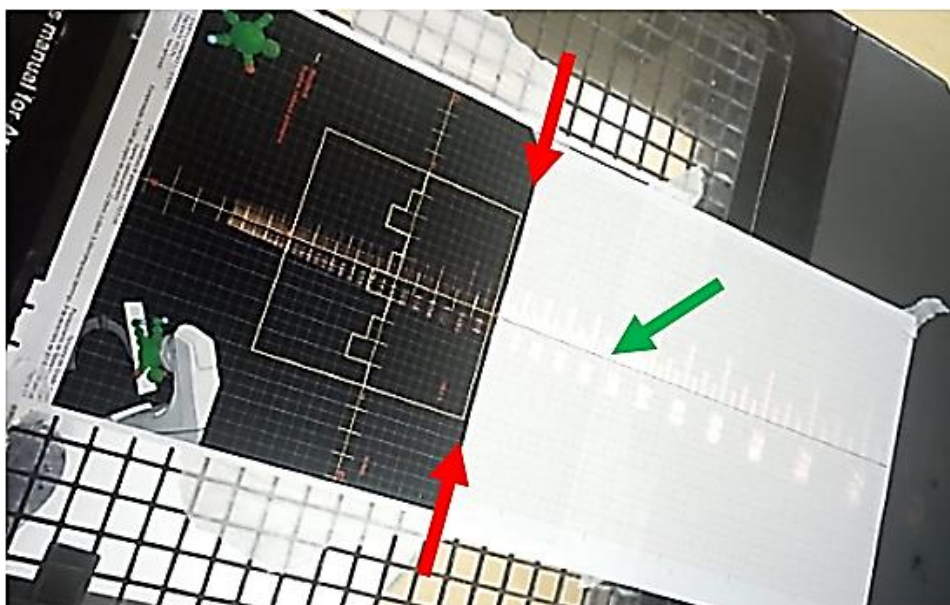


Fonte: O autor, 2018.

Passo 9: fixar o papel milimetrado ao tampo da mesa de modo que a borda cortada fique próxima à borda do campo de referência 10 x 10 cm².

Passo 10: traçar no papel milimetrado, com o auxílio de uma régua, um segmento de reta como um prolongamento do eixo longitudinal do campo (Figura 74)

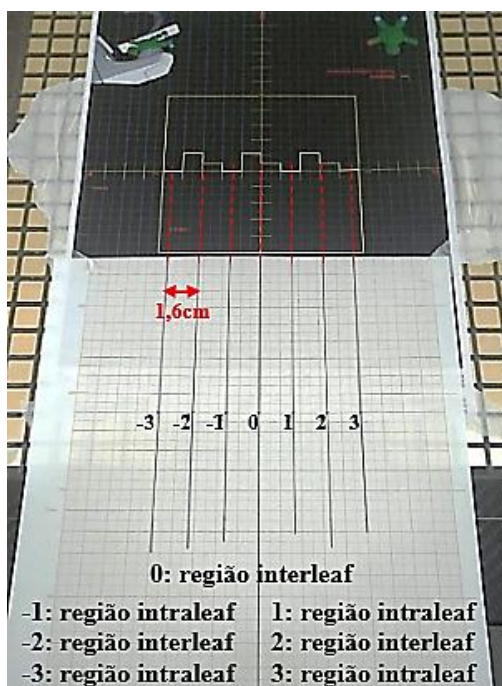
Figura 74 - Segmento de reta como um prolongamento do eixo longitudinal do campo



Fonte: O autor, 2018.

Passo 11: traçar mais seis segmentos de reta, a partir do segmento central anteriormente traçado – três segmentos deverão ser traçados à esquerda do segmento central e mais três à direita do mesmo; estes segmentos deverão ser igualmente espaçados com uma distância de 1,6 cm o que acarretará, partindo do segmento central, na alternância da intersecção desses segmentos com as regiões intralâminas e interlâminas.

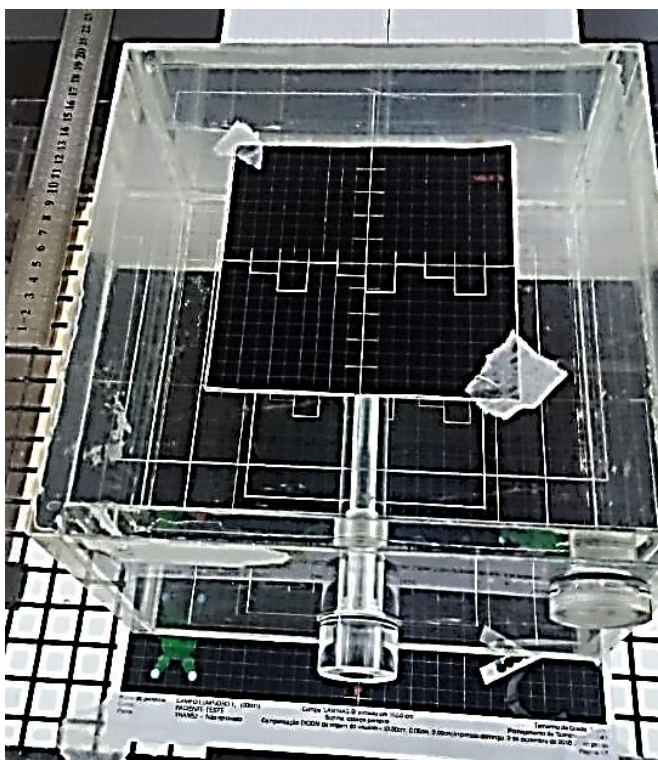
Figura 75 - Segmentos de retas igualmente espaçados com uma distância de 1,6 cm



Fonte: O autor, 2018.

Passo 12: posicionar o fantoma sobre o BEV e abaixo do colimador (Figura 76).

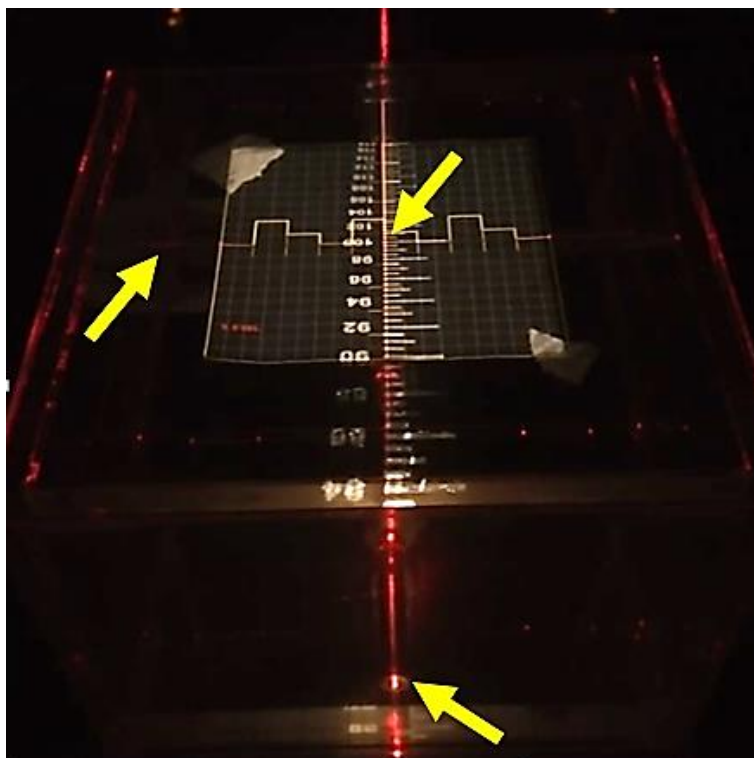
Figura 76 - Posicionamento do fantoma sobre o BEV e abaixo do colimador



Fonte: O autor, 2018.

- Passo 13:** alinhar o fantoma com o reticulado do campo 10 x 10 cm².
- Passo 14:** levar a superfície do fantoma à SSD = 100 cm (Figura 77).

Figura 77 - Alinhamento do fantoma com o reticulado do campo 10 x 10 cm² e SSD = 100 cm



Fonte: O autor, 2018.

Passo 15: posicionar o eletrômetro sobre a bancada da área de comando (Figura 78).

Figura 78 - Posicionamento do eletrômetro sobre a bancada da área de comando



Fonte: O autor, 2018.

Passo 16: desenrolar, cuidadosamente, o cabo que conectará a câmara ao eletrômetro (Figura 79) – deve-se evitar a presença de nós, pisar no cabo, imprensá-lo na porta e choques mecânicos dos seus conectores.

Figura 79 – Cabo que conectará a câmara ao eletrômetro



Fonte: O autor, 2018.

Passo 17: conectar um conector do cabo ao eletrômetro (Figura 80).

Figura 80 – Cabo conectado ao eletrômetro



Fonte: O autor, 2018.

Passo 18: abrir a caixa que contém a câmara de ionização.

Passo 19: retirar, cuidadosamente, a câmara de ionização.

Passo 20: desenrolar, cuidadosamente, o cabo da câmara de ionização – deve-se evitar a presença de nós, pisar no cabo e choques mecânicos dos seus conectores.

Passo 21: retirar a capa de build-up (Figura 81).

Figura 81 - Retirar a capa de build-up



Fonte: O autor, 2018.

Passo 22: inserir, cuidadosamente e até o limite, a câmara de ionização no seu compartimento no fantoma (Figura 82).

Figura 82 - Inserir câmara de ionização no compartimento do fantoma



Fonte: O autor, 2018.

Passo 23: conectar o conector do cabo da câmara de ionização ao outro conector do cabo que faz a ligação com o eletrômetro (Figura 83).

Figura 83 - Conector do cabo da câmara de ionização ligado ao outro conector do cabo que faz a ligação com o eletrômetro



Fonte: O autor, 2018.

Passo 24: fixar os cabos à mesa do acelerador com auxílio de fita adesiva (Figura 84).

Figura 84 - Cabos fixado à mesa do acelerador com auxílio de fita adesiva / teste 5

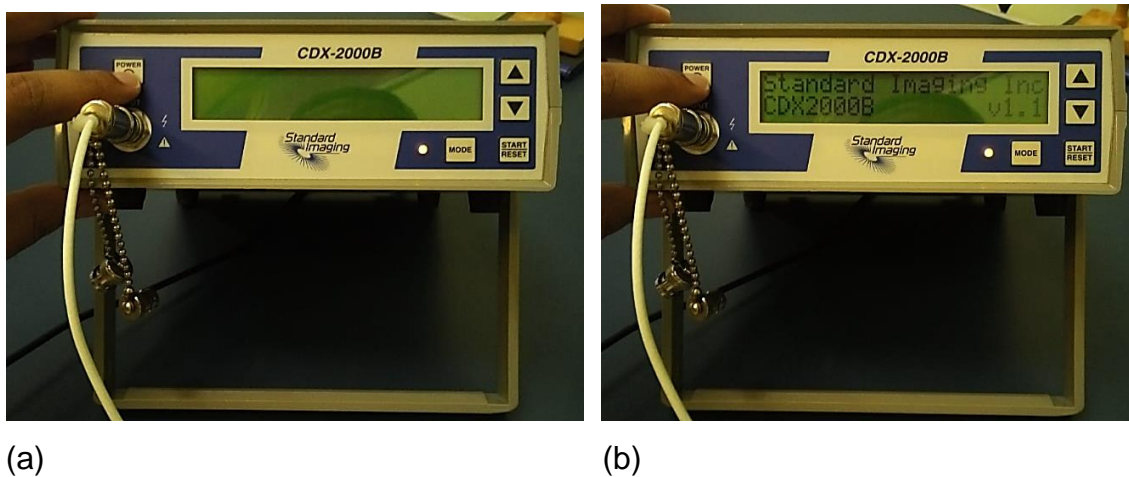


Fonte: O autor, 2018.

Passo 25: conferir todo o *setup*.

Passo 26: ligar o eletrômetro (botão *POWER*) – aparecerá no display o nome e o modelo do eletrômetro (Figura 85).

Figura 85 - Eletrômetro ligado (*POWER*)



Legenda: (a) – Eletrômetro desligado; (b) – Eletrômetro ligado (*POWER*).
Fonte: O autor, 2018.

Passo 27: esperar 15 minutos de aquecimento recomendado (botão *MODE*) (Figura 86).

Figura 86 - Esperar 15 minutos de aquecimento para o eletrômetro



Fonte: O autor, 2018.

Passo 28: apertar o botão *START/RESET* para zerar o tempo de aquecimento (Figura 87).

Figura 87 - Zerar o tempo de aquecimento do eletrômetro



Fonte: O autor, 2018.

Passo 29: selecionar a tensão de -300 V (botão SETA PARA BAIXO) (Figura 88).

Figura 88 - Eletrômetro tensão de -300 V



Fonte: O autor, 2018.

Passo 30: apertar o botão *MODE* para selecionar o modo carga (ou, do inglês, *CHARGE*) em nC (Figura 89).

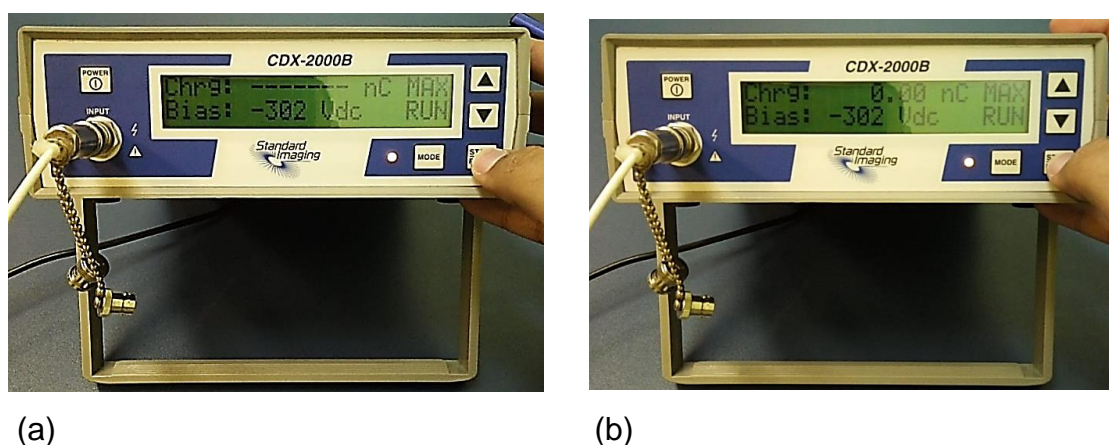
Figura 89 - Eletrômetro em modo de carga



Fonte: O autor, 2018.

Passo 31: apertar o botão *START/RESET* para resetar/zerar a leitura de carga pelo eletrômetro (Figura 90).

Figura 90 - Resetar/zerar a leitura de carga pelo eletrômetro



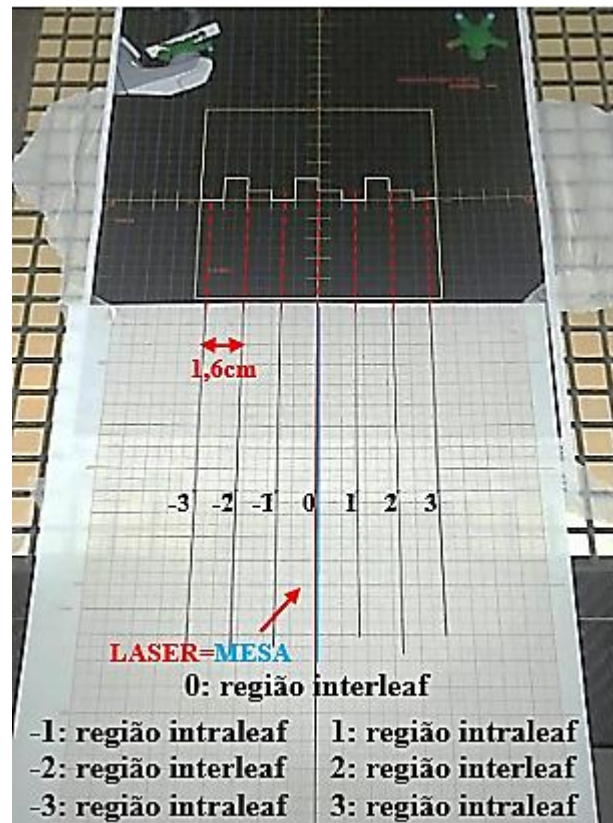
(a)

(b)

Legenda: (a) – Eletrômetro resetado; (b) – Eletrômetro zerado.
Fonte: O autor, 2018.

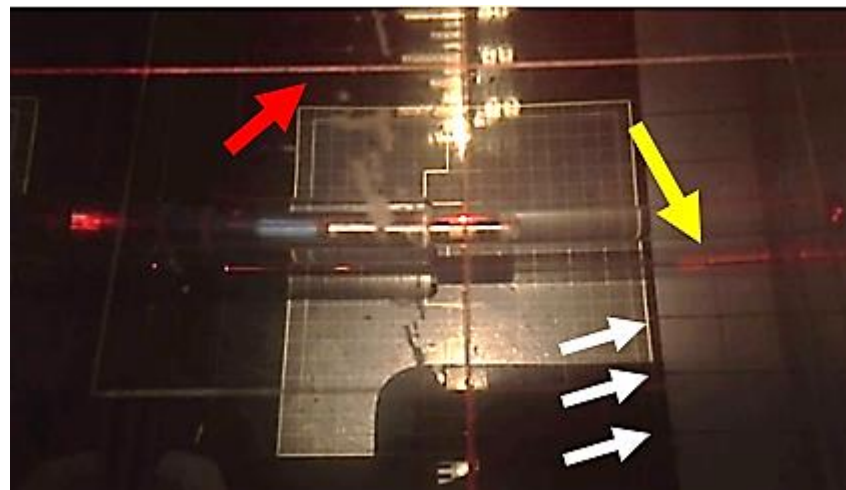
- Passo 32:** irradiar o objeto dosimétrico (fantoma e câmara de ionização) com 500UM.
- Passo 33:** anotar o valor da primeira leitura de carga (q_1) na tabela que consta na planilha deste teste.
- Passo 34:** resetar e zerar (Figura 90) a leitura de carga, em nC, para a realização de uma nova leitura.
- Passo 35:** irradiar, pela segunda vez, o objeto dosimétrico (fantoma e câmara de ionização) com 500UM.
- Passo 36:** anotar o valor da segunda leitura de carga (q_2) na tabela que consta na planilha deste teste.
- Passo 37:** resetar e zerar (Figura 90) a leitura de carga, em nC, para a realização de uma nova leitura.
- Passo 38:** irradiar, pela terceira vez, o objeto dosimétrico (fantoma e câmara de ionização) com 500UM.
- Passo 39:** anotar o valor da terceira leitura de carga (q_3) na tabela que consta na planilha deste teste.
- Passo 40:** resetar (Figura 90.a) a leitura de carga, em nC, para a realização de uma nova leitura.
- Passo 41:** calcular a média aritmética dessas 3 leituras de carga.
- Passo 42:** anotar a média aritmética dessas 3 leituras de carga na tabela que consta na planilha deste teste.
- Passo 43:** carregar o campo 10 x 10 cm² totalmente bloqueado pelas lâminas do CARRO A (Figura 68).
- Passo 44:** zerar (Figura 90.b) a leitura de carga, em nC, para a realização de uma nova leitura.
- Passo 45:** irradiar o objeto dosimétrico (fantoma e câmara de ionização) com 500UM – nesta primeira irradiação o laser sagital deve ser mantido exatamente sobre o segmento de reta central, traçado a partir do eixo longitudinal do campo (como descrito no “Passo 10”).

Figura 91 - Regiões de parada da câmara / eixo central (mesa parada)



Fonte: O autor, 2018.

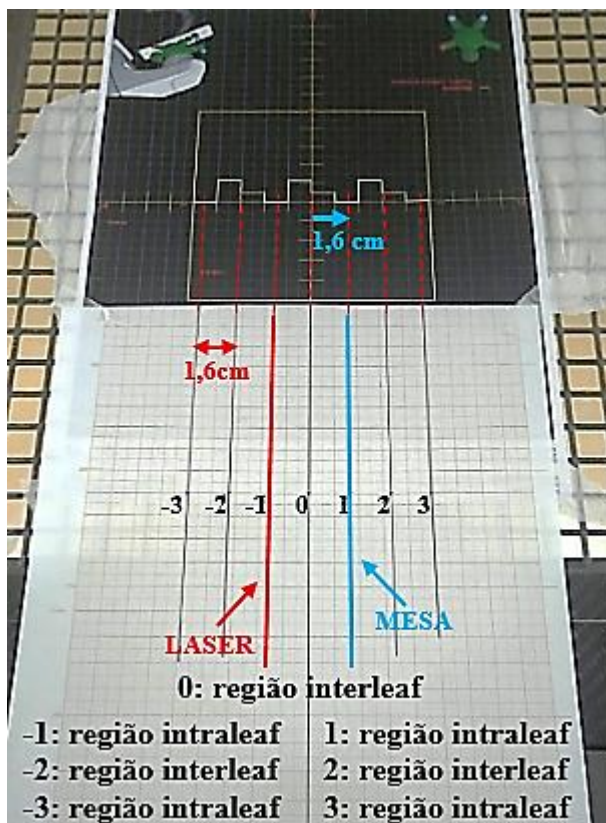
Figura 92 - Laser sagital mantido exatamente sobre o segmento de reta central



Fonte: O autor, 2018.

- Passo 46:** anotar o valor da primeira leitura de carga (q_0) na tabela que consta na planilha deste teste.
- Passo 47:** resetar (Figura 90.a) a leitura de carga, em nC, para a realização de uma nova leitura.
- Passo 48:** liberar, no próprio comando da mesa, o seu deslocamento lateral.
- Passo 49:** empurrar a mesa lateralmente 1,6 cm para direita (segundo orientação definida do “paciente teste” no BEV) – nesta segunda irradiação o laser sagital deve coincidir com o segmento de reta -1.

Figura 93 - Regiões de parada da câmara / segmento de reta 1 (mesa parada)

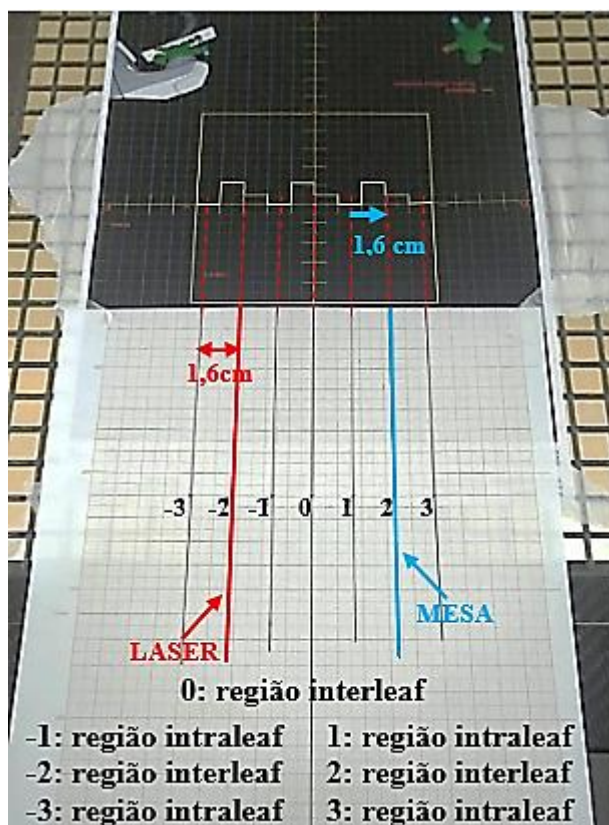


Fonte: O autor, 2018.

- Passo 50:** travar, no próprio comando da mesa, o seu deslocamento lateral.
- Passo 51:** zerar (Figura 90.b) a leitura de carga, em nC, para a realização de uma nova leitura.
- Passo 52:** irradiar o objeto dosimétrico (fantoma e câmara de ionização) com 500 UM.
- Passo 53:** anotar o valor da segunda leitura de carga (q_1) na tabela que consta na planilha deste teste.
- Passo 54:** resetar (Figura 90.a) a leitura de carga, em nC, para a realização de uma nova leitura.
- Passo 55:** liberar, no próprio comando da mesa, o seu deslocamento lateral.
- Passo 56:** empurrar a mesa lateralmente 1,6 cm para direita (segundo orientação definida do “paciente teste” no BEV) do segmento

de reta 1 ao segmento de reta 2 – nesta terceira irradiação o laser sagital deve coincidir com o segmento de reta -2.

Figura 94 - Regiões de parada da câmara / segmento de reta 2 (mesa parada)



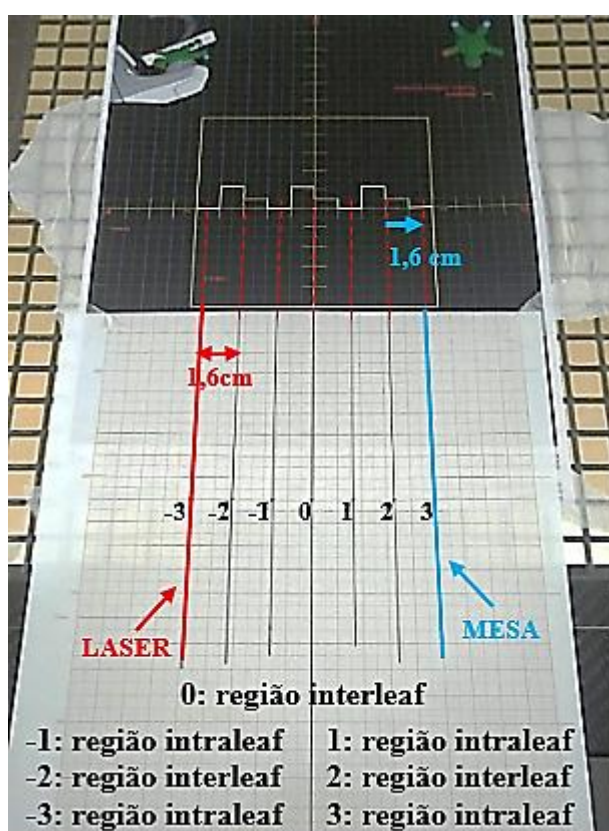
Fonte: O autor, 2018.

- Passo 57:** travar, no próprio comando da mesa, o seu deslocamento lateral.
- Passo 58:** zerar (Figura 90.b) a leitura de carga, em nC, para a realização de uma nova leitura.
- Passo 59:** irradiar o objeto dosimétrico (fantoma e câmara de ionização) com 500 UM.
- Passo 60:** anotar o valor da terceira leitura de carga (q_2) na tabela que consta na planilha deste teste.
- Passo 61:** resetar (Figura 90.a) a leitura de carga, em nC, para a realização de uma nova leitura.

Passo 62: liberar, no próprio comando da mesa, o seu deslocamento lateral.

Passo 63: empurrar a mesa lateralmente 1,6 cm para direita (segundo orientação definida do “paciente teste” no BEV) do segmento de reta 2 ao segmento de reta 3 – nesta quarta irradiação o laser sagital deve coincidir com o segmento de reta -3.

Figura 95 - Regiões de parada da câmara / segmento de reta 3 (mesa parada)



Fonte: O autor, 2018.

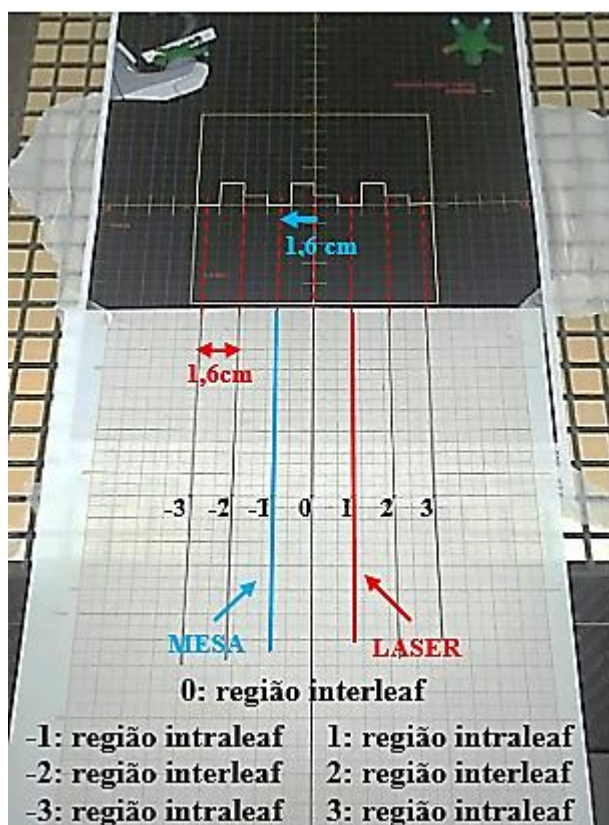
Passo 64: travar, no próprio comando da mesa, o seu deslocamento lateral.

Passo 65: zerar (Figura 90.b) a leitura de carga, em nC, para a realização de uma nova leitura.

Passo 66: irradiar o objeto dosimétrico (fantoma e câmara de ionização) com 500 UM.

- Passo 67:** anotar o valor da quarta leitura de carga (q_3) na tabela que consta na planilha deste teste.
- Passo 68:** resetar (Figura 90.a) a leitura de carga, em nC, para a realização de uma nova leitura.
- Passo 69:** liberar, no próprio comando da mesa, o seu deslocamento lateral.
- Passo 70:** voltar a mesa para a posição inicial, ou seja, segmento de reta 0.
- Passo 71:** empurrar a mesa lateralmente 1,6 cm para esquerda (segundo orientação definida do “paciente teste” no BEV) do segmento de reta 0 ao segmento de reta -1 – nesta quinta irradiação o laser sagital deve coincidir com o segmento de reta 1.

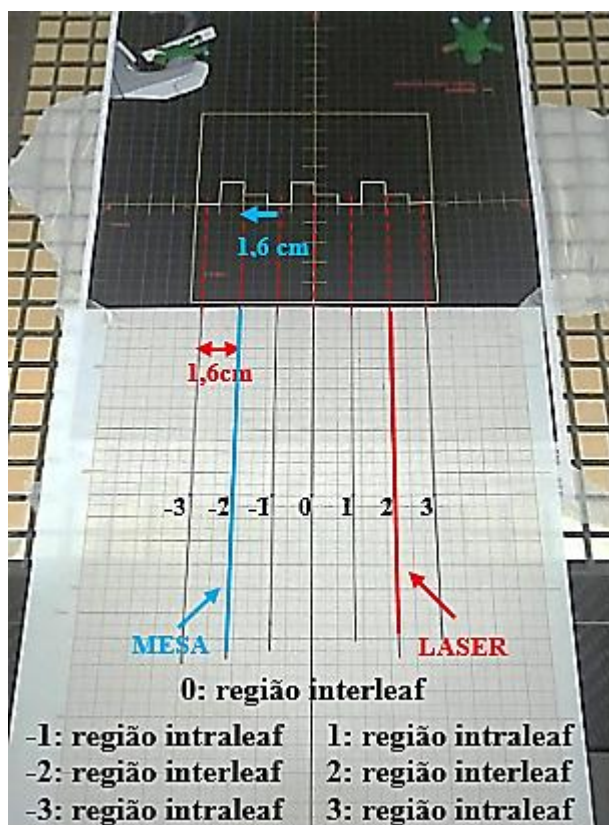
Figura 96 - Regiões de parada da câmara / segmento de reta -1 (mesa parada)



Fonte: O autor, 2018.

- Passo 72:** travar, no próprio comando da mesa, o seu deslocamento lateral.
- Passo 73:** zerar (Figura 90.b) a leitura de carga, em nC, para a realização de uma nova leitura.
- Passo 74:** irradiar o objeto dosimétrico (fantoma e câmara de ionização) com 500 UM.
- Passo 75:** anotar o valor da quinta leitura de carga (q_{-1}) na tabela que consta na planilha deste teste.
- Passo 76:** resetar (Figura 90.a) a leitura de carga, em nC, para a realização de uma nova leitura.
- Passo 77:** liberar, no próprio comando da mesa, o seu deslocamento lateral.
- Passo 78:** empurrar a mesa lateralmente 1,6 cm para esquerda (segundo orientação definida do “paciente teste” no BEV) do segmento de reta -1 ao segmento de reta -2 – nesta sexta irradiação o laser sagital deve coincidir com o segmento de reta 2.

Figura 97 - Regiões de parada da câmara / segmento de reta -2 (mesa parada)

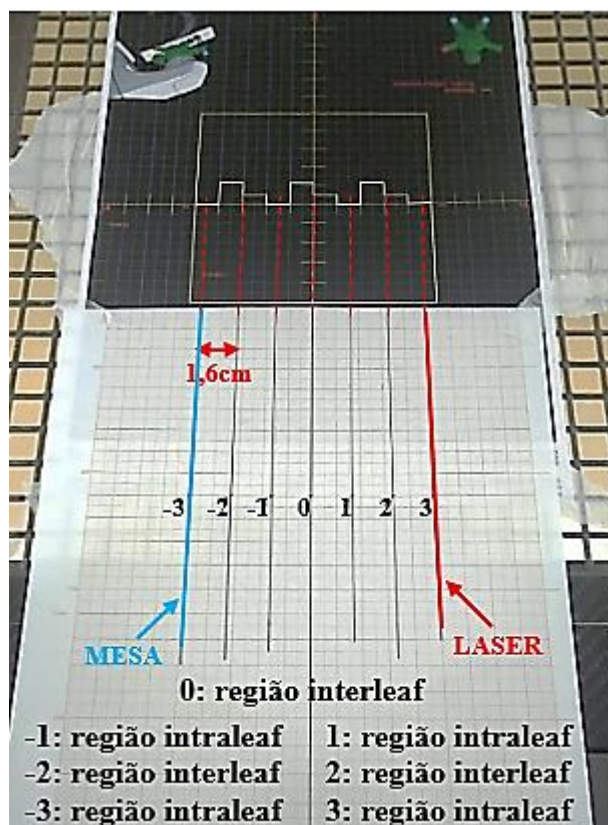


Fonte: O autor, 2018.

- Passo 79:** travar, no próprio comando da mesa, o seu deslocamento lateral.
- Passo 80:** zerar (Figura 90.b) a leitura de carga, em nC, para a realização de uma nova leitura.
- Passo 81:** irradiar o objeto dosimétrico (fantoma e câmara de ionização) com 500 UM.
- Passo 82:** anotar o valor da sexta leitura de carga (q_2) na tabela que consta na planilha deste teste.
- Passo 83:** resetar (Figura 90.a) a leitura de carga, em nC, para a realização de uma nova leitura.
- Passo 84:** liberar, no próprio comando da mesa, o seu deslocamento lateral.
- Passo 85:** empurrar a mesa lateralmente 1,6 cm para esquerda (segundo orientação definida do “paciente teste” no BEV) do segmento

de reta -2 ao segmento de reta -3 – nesta sétima irradiação o laser sagital deve coincidir com o segmento de reta 3.

Figura 98 - Regiões de parada da câmara / segmento de reta -3 (mesa parada)



Fonte: O autor, 2018.

- Passo 86:** travar, no próprio comando da mesa, o seu deslocamento lateral.
- Passo 87:** zerar (Figura 90.b) a leitura de carga, em nC, para a realização de uma nova leitura.
- Passo 88:** irradiar o objeto dosimétrico (fantoma e câmara de ionização) com 500 UM.
- Passo 89:** anotar o valor da sétima leitura de carga (q_{-3}) na tabela que consta na planilha deste teste.
- Passo 90:** resetar (Figura 90.a) a leitura de carga, em nC, para a realização de uma nova leitura.

- Passo 91:** calcular a média aritmética das leituras de carga q_0 , q_2 e q_2 .
- Passo 92:** anotar a média aritmética dessas 3 leituras de carga na tabela que consta na planilha deste teste.
- Passo 93:** calcular o fator de transmissão interlâminas (FT_{inter}) das lâminas do CARRO A – basta dividir a média aritmética calculada no “passo 92” pela média aritmética calculada no “passo 41”.
- Passo 94:** calcular a média aritmética das leituras de carga q_1 , q_1 e q_3 .
- Passo 95:** anotar a média aritmética dessas 3 leituras de carga na tabela que consta na planilha deste teste.
- Passo 96:** calcular o fator de transmissão intralâminas (FT_{intra}) das lâminas do CARRO A – basta dividir a média aritmética calculada no “passo 95” pela média aritmética calculada no “passo 41”.
- Passo 97:** carregar o campo 10 x 10 cm² totalmente bloqueado pelas lâminas do CARRO B (Figura 69).

Para as leituras de cargas e a determinação dos fatores de transmissão interlâminas (FT_{inter}) e intralâminas (FT_{intra}) envolvendo as lâminas do CARRO B, deve-se repetir fidedignamente todo o passo-a-passo desde o passo 44 até o passo 97, atentando-se continuamente na preservação do *setup*.

Quadro 12 - Protocolo para o teste 5

TESTE 5		TRANSMISSÃO INTER E INTRALEAF							
OBJETIVO		Determinar os fatores de transmissão da radiação que passa entre as lâminas (FT_{inter}) e através das lâminas (FT_{intra}) dos carros A e B, comparando-os com o do TPS.							
FREQUÊNCIA		Anual							
TOLERÂNCIA		$\leq 2,0\%$							
FT_{TPS} (Fator de transmissão no tps)		1,6%							
CAMPO ABERTO (10 x 10) cm ²		LÂMINAS DO CARRO A (10 x 10) cm ²				LÂMINAS DO CARRO B (10 x 10) cm ²			
q (10x10) cm ²		q_A				q_B			
		inter		intra		inter		intra	
q_1	nC	q_0	nC	q_1	nC	q_0	nC	q_1	nC
q_2	nC	q_2	nC	q_3	nC	q_2	nC	q_3	nC
q_3	nC	q_{-2}	nC	q_{-3}	nC	q_{-2}	nC	q_{-3}	nC
\bar{q} (10x10)cm ²	nC	\bar{q}_{inter}	nC	\bar{q}_{intra}	nC	\bar{q}_{inter}	nC	\bar{q}_{inter}	nC
FATORES DE TRANSMISSÃO (FT)									
q_A					q_B				
$FT_{inter} = \frac{\bar{q}_{inter}}{\bar{q}_{10cm^2}} 100\%$		$FT_{intra} = \frac{q_{intra}}{\bar{q}_{10cm^2}} 100\%$			$FT_{inter} = \frac{\bar{q}_{inter}}{\bar{q}_{10cm^2}} 100\%$		$FT_{intra} = \frac{q_{intra}}{\bar{q}_{10cm^2}} 100\%$		
%		%			%		%		
FT_{MEDIDO} (média das transmissões inter e intraleaf para os CARROS A e B)									
%									
DIFERENÇA ENTRE FT_{MEDIDO} E FT_{TPS} (%)									
< 2,0 %			= 2,0 %				> 2,0 %		
DATA		FÍSICO-MÉDICO				DOSIMETRISTA			
/ /									

Fonte: O autor, 2018.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS E DISCUSSÃO

Anteriormente foram apresentados os cinco testes que integram o Programa de Controle da Qualidade do MLC, instalado no acelerador linear do serviço de radioterapia da FCECON/AM, bem como os materiais utilizados na execução de cada um destes testes.

Neste capítulo são apresentados os resultados de cada teste a partir de planilhas específicas contendo os parâmetros analisados com suas tolerâncias correspondentes.

4.1 Resultado do teste isocentricidade do MLC (Teste 1)

A Figura 99 apresenta o resultado obtido para a isocentricidade do MLC em função da rotação do *gantry* e do colimador.

Figura 99 - Resultado obtido para o teste 1

TESTE 1		ISOCENTRO DO MLC				
OBJETIVO	Conferir a isocentricidade do MLC em função da rotação do gantry e do colimador.					
FREQUÊNCIA	Mensal					
DATA	TOLERÂNCIA	RESULTADO	SIM	NÃO	TÉC. ^a	FÍSICO MÉDICO
/Jan/2019	2R ≤ 2 mm	2R = <u>1</u> mm	✗			
/Fev/2019		2R = mm				
/Mar/2019		2R = mm				
/Abr/2019		2R = mm				
/Mai/2019		2R = mm				
/Jun/2019		2R = mm				
/Jul/2019		2R = mm				
/Ago/2019		2R = mm				
/Set/2019		2R = mm				
/Out/2019		2R = mm				
/Nov/2019		2R = mm				
/Dez/2019		2R = mm				

a: TÉC. é a abreviatura para técnico em radioterapia.

Fonte: O autor, 2018.

Para o resultado obtido neste teste, analisou-se a existência de um círculo concêntrico ao campo 10 x 10 cm² (figura do filme irradiado) evidenciando uma zona de super ou subexposição nesta mesma região. De acordo com as recomendações

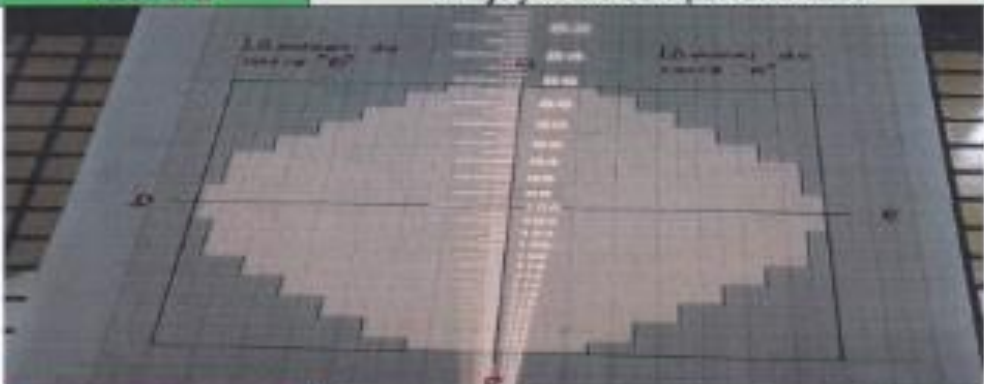


do TG – 142 e do NCS 22, o diâmetro desse círculo não deve exceder 2 mm (ou seja, $2R \leq 2$ mm).

Como mostrado na planilha, o valor obtido ($2R = 1$ mm) para o parâmetro analisado (diâmetro do círculo concêntrico ao campo 10×10 cm²) encontra-se dentro dos níveis de tolerâncias recomendados e, portanto, o TESTE 1 – Isocentricidade do MLC pode ser avaliado como conforme.

4.2 Resultado do teste projeção do campo luminoso (Teste 2)

A Figura 100 apresenta os resultados obtidos para os posicionamentos dos pares de lâminas a partir da projeção do campo luminoso, definido por eles, sobre um papel milimetrado.

Figura 100 - Resultado obtido para o teste 2

TESTE 2		Projeção do campo luminoso					
							
OBJETIVO	Observar a projeção da luz de campo das lâminas do MLC sobre o papel milimetrado, no qual fez-se um decalque do BEV do campo de referência.						
FREQUÊNCIA	Diária (1 padrão de campo de referência)						
	Mensal (> 1 padrão de campo de referência)						
TOLERÂNCIA	± 2 mm						
LÂMINAS DO CARRO B				LÂMINAS DO CARRO A			
B_i	Δq (mm)	B_i	Δq (mm)	A_i	Δq (mm)	A_i	Δq (mm)
B01		B21	○	A01		A21	○
B02		B22	○	A02		A22	○
B03		B23	○	A03		A23	○
B04		B24	○	A04		A24	○
B05		B25	○	A05		A25	○
B06		B26	○	A06		A26	○
B07		B27	○	A07		A27	○
B08		B28	○	A08		A28	○
B09		B29		A09		A29	
B10		B30		A10		A30	
B11		B31		A11		A31	
B12		B32		A12		A32	
B13	○	B33		A13	○	A33	
B14	○	B34		A14	○	A34	
B15	○	B35		A15	○	A35	
B16	○	B36		A16	○	A36	
B17	○	B37		A17	○	A37	
B18	○	B38		A18	○	A38	
B19	○	B39		A19	○	A39	
B20	○	B40		A20	○	A40	
DATA	FISICO-MEDICO			TÉCNICO			
/ /							

Para os resultados obtidos neste teste, analisou-se a diferença entre a projeção da luz de campo dos pares de lâminas do MLC e o desenho feito no papel milimetrado. De acordo com as recomendações do TG – 142 e do NCS 22, a diferença entre a projeção e o desenho não deve ultrapassar os 2 mm.

Como mostrado na planilha, não foi constatado qualquer desvio no posicionamento dos pares de lâminas (parâmetro analisado) de forma que o Teste 2 – projeção do campo luminoso pode ser avaliado como conforme.

4.3 Resultado do teste coincidência entre campo radiativo e o luminoso (Teste 3)

A Figura 101 apresenta os resultados obtidos para a coincidência entre o campo planejado e o campo radioativo.

Figura 101 - Resultado obtido para o teste 3

TESTE 3		Campo planejado vs campo radioativo					
		Observar a coincidência entre o campo planejado (campo luminoso) e o campo radioativo.					
OBJETIVO		Semestral (filme gafchromic EBT3)					
FREQUÊNCIA		± 2 mm					
TOLERÂNCIA		LÂMINAS DO CARRO B					
B_i	Δ_i (mm)	B_i	Δ_i (mm)	A_i	Δ_i (mm)	A_i	Δ_i (mm)
B01		B21	0	A01		A21	0
B02		B22	0	A02		A22	0
B03		B23	0	A03		A23	0
B04		B24	0	A04		A24	0
B05		B25	0	A05		A25	0,5
B06		B26	0	A06		A26	0
B07		B27	0,5	A07		A27	0
B08		B28	0	A08		A28	0
B09		B29		A09		A29	
B10		B30		A10		A30	
B11		B31		A11		A31	
B12		B32		A12		A32	
B13	0	B33		A13	0	A33	
B14	0	B34		A14	0	A34	
B15	0	B35		A15	0	A35	
B16	0	B36		A16	0	A36	
B17	0	B37		A17	0	A37	
B18	0	B38		A18	0	A38	
B19	0	B39		A19	0	A39	
B20	0	B40		A20	0	A40	
JAWS							
X1		X2		Y1		Y2	
0 mm		0 mm		0,5 mm		0,5 mm	
DATA		FÍSICO-MÉDICO			TÉCNICO		
29/11/2018							

Fonte: O autor, 2018.

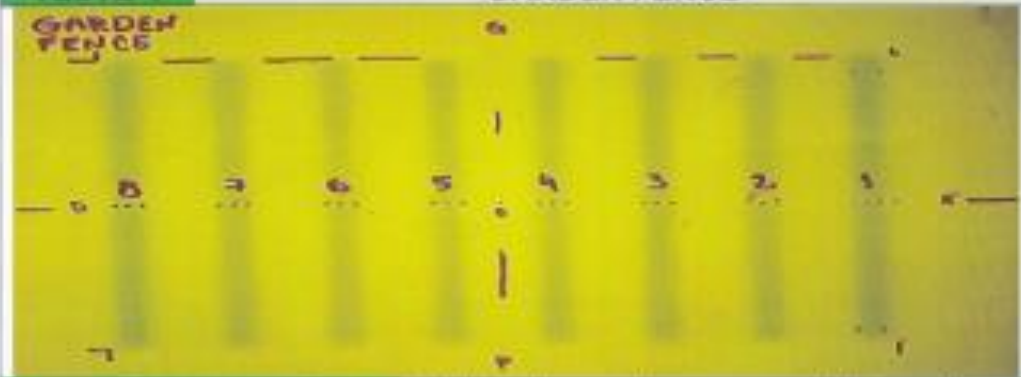
Para os resultados obtidos neste teste, analisou-se a diferença entre o campo radioativo e o planejado, ou seja, o desvio entre os posicionamentos das bordas de cada par de lâminas (de A13 até A28 e B13 até B28, como grifado na planilha) que ficou marcado no filme após a sua irradiação e a projeção dessas bordas marcadas no papel milimetrado fixado ao filme. De acordo com as recomendações do TG – 142 e do NCS 22, a discrepância entre o campo radioativo e o campo luminoso não deve ultrapassar os 2 mm.

Como mostrado na planilha, o maior valor constatado de desvio entre os posicionamentos das bordas das lâminas do campo radioativo e do planejado ocorreu com as lâminas A25 e B27, bem como com os *jaws* Y1 e Y2, apresentando um valor equivalente a 0,5 mm. Diante disto, o parâmetro analisado encontra-se dentro dos níveis de tolerâncias recomendados de forma que o Teste 3 – Coincidência entre campo radiativo e o luminoso pode ser avaliado como conforme.

4.4 Resultado do teste *Garden fence* (Teste 4)

A Figura 102 apresenta os resultados obtidos para a largura dos *gaps*, distância entre eles e o desalinhamento entre as lâminas no teste 4.

Figura 102 - Resultado obtido para o teste 4

TESTE 4		GARDEN FENCE							
									
OBJETIVO		Verificar a largura dos gaps, o paralelismo entre os mesmos; o alinhamento entre lâminas de um mesmo carro.							
FREQUÊNCIA		Semestral (filme gafchromic EBT3)							
TOLERÂNCIA		≤ 2 mm							
LARGURA DOS GAPS (mm)									
GAP 1	GAP 2	GAP 3	GAP 4	GAP 5	GAP 6	GAP 7	GAP 8		
5,0	5,0	5,0	5,5	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	
DISTÂNCIA ENTRE OS GAPS (cm)									
(1-2) 2,0	(2-3) 2,0	(3-4) 2,0	(4-5) 2,0	(5-6) 2,0	(6-7) 2,0	(7-8) 2,0			
DESALINHAMENTO ENTRE AS LÂMINAS?									
GAP 1 SIM/NÃO	GAP 2 SIM/NÃO	GAP 3 SIM/NÃO	GAP 4 SIM/NÃO	GAP 5 SIM/NÃO	GAP 6 SIM/NÃO	GAP 7 SIM/NÃO	GAP 8 SIM/NÃO		
A16/B16	A16/B16	A16/B16	A16/B16	A16/B16	A16/B16	A16/B16	A16/B16	A16/B16	
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
A17/B17	A17/B17	A17/B17	A17/B17	A17/B17	A17/B17	A17/B17	A17/B17	A17/B17	
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
A18/B18	A18/B18	A18/B18	A18/B18	A18/B18	A18/B18	A18/B18	A18/B18	A18/B18	
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
A19/B19	A19/B19	A19/B19	A19/B19	A19/B19	A19/B19	A19/B19	A19/B19	A19/B19	
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
A20/B20	A20/B20	A20/B20	A20/B20	A20/B20	A20/B20	A20/B20	A20/B20	A20/B20	
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
A21/B21	A21/B21	A21/B21	A21/B21	A21/B21	A21/B21	A21/B21	A21/B21	A21/B21	
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
A22/B22	A22/B22	A22/B22	A22/B22	A22/B22	A22/B22	A22/B22	A22/B22	A22/B22	
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
A23/B23	A23/B23	A23/B23	A23/B23	A23/B23	A23/B23	A23/B23	A23/B23	A23/B23	
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
A24/B24	A24/B24	A24/B24	A24/B24	A24/B24	A24/B24	A24/B24	A24/B24	A24/B24	
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
A25/B25	A25/B25	A25/B25	A25/B25	A25/B25	A25/B25	A25/B25	A25/B25	A25/B25	
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
DATA		FISICO-MEDICO				DOSIMETRISTA			
15/12/2018						Ruffina Eugênia da Silva			
						FARMACIA FÍSICA DE RADIOLÓGIA			
						FARMACIA FÍSICA DE RADIOLÓGIA			
						FARMACIA FÍSICA DE RADIOLÓGIA			
						FARMACIA FÍSICA DE RADIOLÓGIA			

Para os resultados obtidos neste teste, analisou-se os desvios na largura dos *gaps*, na distância entre eles e no alinhamento entre as lâminas comparando-se o filme irradiado com a impressão do BEV do campo planejado (Figura 57). De acordo com as recomendações do TG – 142 e do NCS 22, a tolerância fica por conta de uma inspeção visual. Porém, aqui, adotou-se como valor de tolerância 2 mm.

Como mostrado na planilha, para a largura dos *gaps*, o maior valor de desvio constatado envolveu o *gap* 4, sendo equivalente a 0,5 mm. Portanto, um valor dentro do nível de tolerância aqui adotado. Já para a distância entre os *gaps* adjacentes e para o desalinhamento entre as lâminas, não foi constatado nenhum desvio a partir do valor de referência. Diante disto, o Teste 4 – *Garden fence* pode ser avaliado como conforme.

4.5 Resultado do teste de transmissão inter e intralâminas (Teste 5)

A Figura 103 apresenta os resultados obtidos para a os fatores de transmissão interlâminas e intralâminas das lâminas dos CARROS A e B, bem como a diferença entre o fator de transmissão medido (FT_{MEDIDO}) e o fator de transmissão de referência no TPS (FT_{TPS}).

Figura 103 - Resultado obtido para o teste 5

TESTE 5		TRANSMISSÃO INTER E INTRALEAF			
OBJETIVO		Determinar os fatores de transmissão da radiação que passa entre as lâminas (FT_{inter}) e através das lâminas (FT_{intra}) dos carros A e B, comparando-os com o do TPS.			
FREQUÊNCIA		Anual			
TOLERÂNCIA		≤ 2,0%			
FT_{TPS} (fator de transmissão no tps)		1,6%			
CAMPO ABERTO (10 x 10) cm ²	LÂMINAS DO CARRO A (10 x 10) cm ²		LÂMINAS DO CARRO B (10 x 10) cm ²		
$I_{(10x10)cm^2}$	I_A		I_B		
	inter	- intra	inter	intra	
q_1	11,06 nC	q_0 0,18 nC	q_1 0,17 nC	q_0 0,19 nC	q_1 0,17 nC
q_2	11,06 nC	q_2 0,18 nC	q_2 0,17 nC	q_2 0,18 nC	q_2 0,17 nC
q_3	11,07 nC	q_3 0,18 nC	q_3 0,17 nC	q_3 0,18 nC	q_3 0,16 nC
$\bar{q}_{(10x10)cm^2}$	11,06 nC	\bar{q}_{inter} 0,18 nC	\bar{q}_{intra} 0,17 nC	\bar{q}_{inter} 0,18 nC	\bar{q}_{intra} 0,17 nC
FATORES DE TRANSMISSÃO (FT)					
I_A		I_B			
$FT_{inter} = \frac{q_{inter}}{q_{inter}} \cdot 100\%$	$FT_{intra} = \frac{q_{intra}}{q_{intra}} \cdot 100\%$	$FT_{inter} = \frac{q_{inter}}{q_{inter}} \cdot 100\%$	$FT_{intra} = \frac{q_{intra}}{q_{intra}} \cdot 100\%$		
1,63 %	1,54 %	1,63 %	1,54 %		
$FT_{médio}$ (média das transmissões inter e intraleaf para os CARROS A e B)					
1,58 %					
DIFFERENÇA ENTRE $FT_{médio}$ E FT_{TPS} (%)					
< 2,0 %		= 2,0 %		> 2,0 %	
DATA	FÍSICO-MÉDICO		DOSIMETRISTA		
/ /					

Fonte: O autor, 2018.

Para os resultados obtidos neste teste, comparou-se a média das transmissões interlâminas e intralâminas das lâminas dos CARROS A e B com o fator de transmissão de referência no TPS, a partir da expressão abaixo:

$$\delta_{FT} = \frac{|FT_{MEDIDO} - FT_{TPS}|}{FT_{MEDIDO}} 100\% \quad (1)$$

De acordo com as recomendações da literatura essa diferença (δ_{FT}) não deve ultrapassar os 2%. Calculada a partir da substituição das grandezas FT_{MEDIDO} e FT_{TPS} , apresentadas na planilha, essa diferença foi de 1,26%. Portanto, esse valor encontra-se dentro do nível de tolerância recomendado e o TESTE 5 – TRANSMISSÃO INTER E INTRALEAF pode ser avaliado como conforme.

Medidas mais precisas para os fatores de transmissão poderiam ser obtidas com a utilização de filmes radiográficos, radiocrômicos, matriz de detectores ou câmaras de ionização de volume inferior ao da câmara utilizada. No entanto, pelo fato do sistema de multilâminas ser uma aquisição recente, o serviço de radioterapia da FCECON-AM ainda não dispõe desses materiais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A execução dos cinco testes propostos neste trabalho, seguindo fidedignamente todo o passo-a-passo apresentado no protocolo de controle da qualidade voltado ao colimador multilâminas *80 MilleniumTM* MLC, resultou em medidas cujos valores obedeceram aos níveis de tolerância recomendados pelos reports internacionais, TG – 142 e NCS 22.

No Brasil, e no mundo, a falta de cultura de segurança em toda a complexa rede da radioterapia ainda é uma realidade, mesmo com uma variedade de publicações que trazem casos de acidentes e incidentes relacionados ou não a fatores humanos. Elaborar, implantar e implementar um Programa de Controle da Qualidade como forma de prevenção a esses casos é uma tarefa árdua que requer, por parte do grupo executor, educação, verificação, documentação e comunicação. Portanto, é importante ter em mente que nenhuma máquina ou componente empregado na radioterapia é infalível. Um funcionamento defeituoso, um dano mecânico, um acidente físico, uma falha ou troca de componentes e alterações graduais causadas pelo tempo podem afetar o seu desempenho.

Indo de encontro a essa falta de cultura de segurança geral e aproveitando o momento de inovação que o serviço de radioterapia da FCECON/AM experimentou durante todo o ano de 2018 – com a aquisição da nova braquiterapia de HDR, do novo acelerador linear e do sistema de colimador multilâmina *80 MilleniumTM* MLC, em substituição aos blocos de *cerrobend* utilizados no Clinac *Varian 21 EX* já existente – o programa, elaborado neste trabalho e implementado no serviço em questão, pode servir como parâmetro para outras instituições que ainda não tenham um protocolo próprio voltado para o controle da qualidade do seu sistema de MLC.

A perspectiva é a de que este trabalho seja o ponto de partida para a elaboração de mais protocolos de controle da qualidade voltados ao TPS, ao acelerador linear, à bomba de cobalto, à braquiterapia, ao simulador convencional e ao conjunto dosimétrico que estruturam o serviço de radioterapia da FCECON/AM.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C. E. D. Bases Físicas de um Programa da Garantia da Qualidade em IMRT. Rio de Janeiro: UERJ, 2012.

AMERICAN ASSOCIATION OF PHYSICISTS IN MEDICINE. Basic Applications of Multileaf Collimators. Alexandria: AAPM, 2001.

AMERICAN ASSOCIATION OF PHYSICISTS IN MEDICINE. Task Group 142 report: Quality assurance of medical accelerators. Alexandria: AAPM, 2009.

BREWSTER, L. et al. THREE DIMENSIONAL CONFORMAL TREATMENT PLANNING WITH MULTILEAF COLLIMATORS. International Journal of Radiation Oncology Biological Physics, San Diego CA, 21 July 1995. 1081-1089.

FUNDAÇÃO CENTRO DE CONTROLE DE ONCOLOGIA DO ESTADO DO AMAZONAS. RELATÓRIO ANUAL DE GESTÃO: prestação de contas ordinária anual - 2017. FCECON. Manaus, p. 121. 2018.

FURNARI, L. Controle de qualidade em radioterapia. Revista Brasileira de Física Médica, p. 77-90, 2009.

FURNARI, L. Controle da qualidade em radioterapia. 1. ed. São Paulo: Miró, 2012.

HELYER, S. J.; HEISIG, S. Multileaf collimation versus conventional shielding blocks: a time and motion study of beam shaping in radiotherapy. Radiotherapy and Oncology, 31 July 1995. 61-64.

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIATION UNITS AND MEASUREMENTS. Prescribing, Recording, and Reporting Photon Beam Therapy. Report n° 50, Bethesda. USA: ICRU, 1993.

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIATION UNITS AND MEASUREMENTS. Prescribing, Recording and Reporting Photon Beam Therapy (Supplement to ICRU Report 50). Report n° 62, Bethesda. USA: ICRU, 1999.

JERAJ, M.; ROBAR, V. Multileaf Collimator in radiotherapy. Zaloska: Radiology and Oncology, 2004.

KHAN, F. M.. The Physics of Radiation Therapy. 5. ed. Minneapolis: Lippincott Williams & Wilkins, 2014.

NEDERLANDSE COMMISSIE VOOR STRALINGSDOSIMETRIE. Report 22: Code of Practice for the Quality Assurance and Control. [S.I.]: NCS, 2013.

NICIDA, L. R. D. A.; SCHWEICKARDT, J. C. Fundação Centro de Controle de Oncologia: uma Abordagem da História da Política de Controle do Câncer no Amazonas. Revista Brasileira de Cancerologia, Manaus, p. 189-197, nov. 2017.

NICIDA, L. R. D. A. HISTÓRIA DA POLÍTICA DE PREVENÇÃO E CONTROLE DO CÂNCER NO AMAZONAS, 1974-2011. Manaus: UFAM, 2015.

VARIAN MEDICAL SYSTEMS. Eclipse - Treatment Planning Systems. Palo Alto, p. 4. 2014.

FURNARI, L; MATTOS, F.R. ESTUDOS PRELIMINARES PARA IMPLEMENTAÇÃO DE UM CONTROLE DE QUALIDADE DE MLC COM O USO DO EPID (PORTAL DOSIMETRY). XXI Congresso Brasileiro de Física-Médica, Florianópolis SC, 24 de Agosto de 2016. 1 - 5.

VARIAN MEDICAL SYSTEMS. Unique – Tratamento Completo para Radioterapia. Palo Alto, p. 4. 2014.

ANEXO A - Ficha de tratamento da primeira paciente tratada no serviço de radioterapia do CECON-AM no ano de 1978

CENTRO DE CONTROLE DE ONCOLOGIA - CECON
Rua Francisco Orellana s/n. - D. Pedro I
Manaus - Amazonas

NOME _____			Nº MATRÍCULA 8733		
SEÇÃO Rxot.	ENFERMARIA	LEITO	CATEGORIA	DATA INTERNAÇÃO / / 19	

DIAGNÓSTICO Bl. colorat. já irradiad. metast. Supra clavicular Esq.	INTENÇÃO	RD	CR	OT
	<input type="checkbox"/> RADICAL	PRE		
	<input checked="" type="checkbox"/> PALIATIVA	POS		
	<input type="checkbox"/>	INTER		

MEDIDAS Grav dose	APARELHO E MÉTODO Theratron 780 Co 60
DURAÇÃO PROPOSTA E INTERVALO 1x semanal.	PLANEJADO POR Abelton e Valoir DATA 03/04/1978

APLICADOR	D.F.P.	CAMPO	TUMOR		PELE	OBSERVAÇÕES
			DOSE POR CAMPO	% DP DOSE	DOSE MAX.	
12x15	80	Supra-Infr Esq.		60		Fará o campo 1 diariamente

SUMÁRIO: DURAÇÃO _____ DIAS	DOSE TOTAL NO TUMOR _____	= DOSE MAX. NA PELE _____
Nº DE VEZES _____	APLICAÇÕES DE 03/04/78	KV 060 FILTRO NF C.H.R. 11 amp REND. APAR 78,3

ASSINATURA DO TÉCNICO	DATA / / 19	ASSINATURA DO CHEFE DA SEÇÃO
-----------------------	--------------------	------------------------------

AM - 50/66 **ROENTGENTERAPIA**

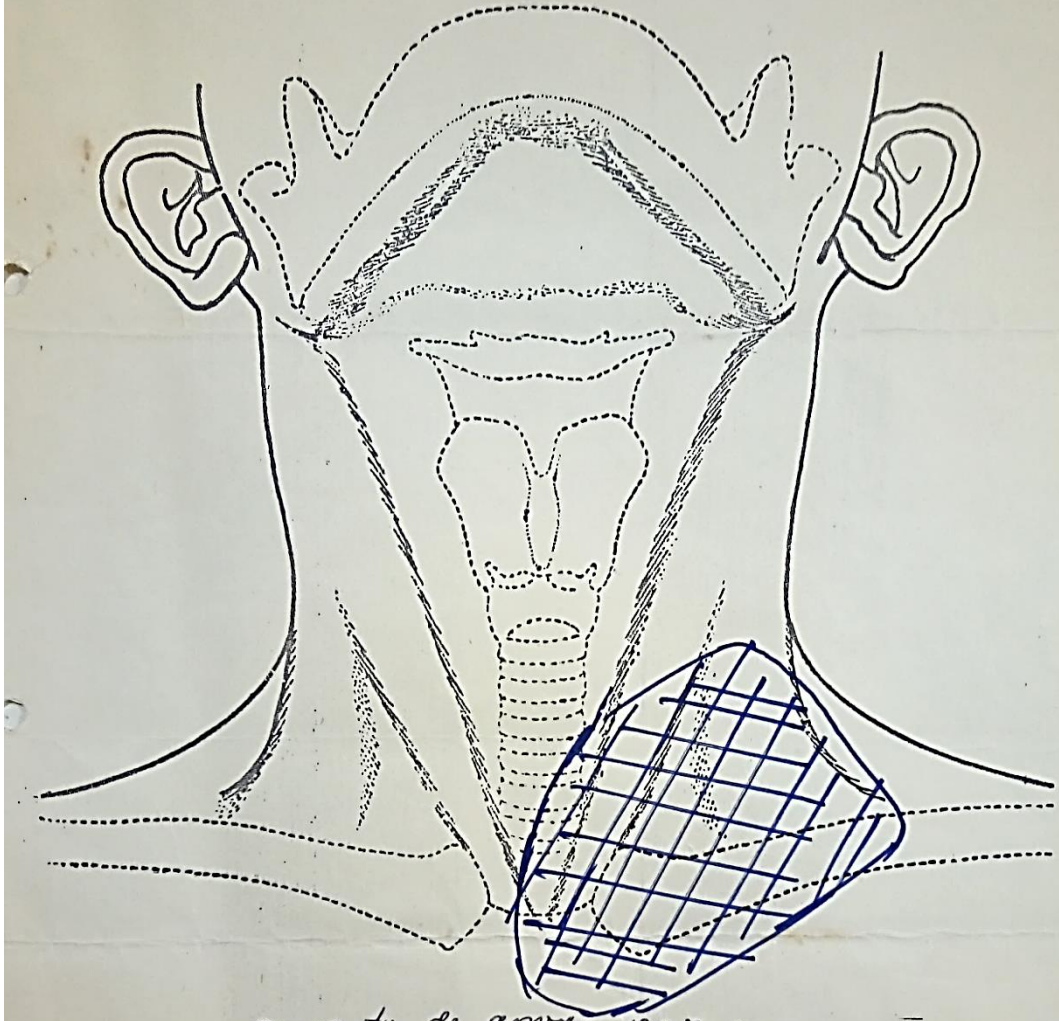
DOSE TUMOR / DIA		DURAÇÃO		Nº DE APLICAÇÕES		DATA DO TERMINO										
220		INDETERMINADA				/ / 19										
OBSERVAÇÕES		CAMPO		I Superf. Int. Esq.		<div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 5px; display: inline-block;"> 9,5 x 13 12 x 93 </div>										
		APLICADOR, ETC!		12x15												
		DOSE TOTAL														
		DOSE POR APLICAÇÃO		220												
		REND. APROX.		78,7												
		TEMPO DE APLICAÇÃO		2'48"												
CALCULADO POR		Abelardo & Valois														
CONF. POR																
FILTRO N°																
DATA	SEM	OT	PRP	ESUM	RESLAD	AC.V.	M.A	TEMPO	APLICAR.	SOMA	TEMPO	APLICAR.	SOMA	TEMPO	APLICAR.	SOMA
03/04/78								2'48"	220							
04/04/78								2'48"	440							
05/04/78								2'48"	660							
06/04/78								2'48"	880							
07/04/78	I							2'48"	1100							
10/04/78								2'48"	1320							
11/04/78								2'48"	1540							
12/04/78								2'48"	1760							
13/04/78								2'48"	1980							
14/04/78	II							2'48"	2200							
* 17/04/78								3'22"	250	2450						
18/04/78								3'22"	250	2700						
19/04/78								3'22"	250	2950						
20/04/78								3'22"	250	3200						
24/04/78								3'22"	250	3450						
25/04/78								3'22"	250	3700						
26/04/78								3'22"	250	3950						
10 12/05/78								3'50"	250	4200	10x10					
15/05/78								3'22"	250	4450						
16/05/78								3'22"	250	4700						
<hr style="border: 1px solid red; width: 50%; margin: 0 auto;"/>										Visão Abelardo						
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-end;"> <div style="text-align: center;"> 4450 250 <hr style="width: 50px; margin: 0 auto;"/>4700 </div> <div style="text-align: right;"> 25 5 <hr style="width: 50px; margin: 0 auto;"/>1250 </div> </div>																

CENTRO DE CONTROLE DE ONCOLOGIA — CECON

Rua Francisco Orellana s/n. — D. Pedro I

Manaus — Amazonas

Nº de Registro 8733



Mancha de aprox. 10×7 cm em seu vértice
 consistindo de uma massa dura, fixa aos planos profundos
 não aderente à pele.
 Axila (-) bilateralmente.

03/04/78

H. Almeida

ANEXO B - Múltiplos padrões para os testes 2 e 3