

Desenvolvimento de software através do Pylinac para automatização da análise do Winston-Lutz em EPID e dos testes do isocentro radiativo.

Software development through Pylinac to automate the analysis of Winston-Lutz in EPID and the radioactive isocenter tests

André L. S. Mattesco, Diego C. S. A. da Silva, Gustavo D. Fioravante, André V. de Camargo

Departamento de radioterapia, Fundação Pio XII – Hospital de Amor de Barretos, Barretos, São Paulo, Brasil

Resumo

A radiocirurgia estereotáxica vem sendo utilizada cada vez mais por se tratar de uma técnica precisa para tratamentos cerebrais, na qual uma alta dose de radiação é depositada no volume alvo. Para que seja possível utilizar esta técnica de tratamento é recomendado que a verificação da isocentricidade de radiação seja feita sempre que a técnica for utilizada. Um dos testes que são empregados para essa verificação é o *Winston-Lutz*, no qual é possível, através de imagens, identificar se o isocentro radiativo está dentro dos limites de tolerância estipulados por um equipamento habilitado para realização de técnicas especiais, assim como a radiocirurgia. Além desse, outros testes podem ser feitos para essa verificação. Um deles é o modelo *star shot*, no qual, através de diferentes disposições de *setup*, é possível verificar os isocentros dos principais componentes do acelerador: *Gantry*, colimador e mesa. Apesar das análises dos testes poderem ser realizados de forma manual, existe a possibilidade da influência do operador no momento da análise. O objetivo deste trabalho foi desenvolver um *software* através da biblioteca *Pylinac* para que as análises realizadas pelo usuário sejam feitas com agilidade e operador independente. Por se tratar de um programa *open-source* e sem vínculo comercial a sua aquisição é acessível para todos usuários que necessitam realizar os testes e análises dos testes *Winston-Lutz* e *Star shot*. Entretanto, para garantir a eficácia e aplicabilidade de *software* desenvolvido é de extrema importância realizar uma validação com algum *software* comercialmente disponível ou com análises manuais realizadas por usuários diferentes. A validação foi realizada para o teste *Winston-Lutz* utilizando o *software MyQA* e foi encontrada uma concordância estatisticamente significativa entre os dois programas.

Palavras-chave: Garantia de qualidade; isocentro; *Winston-Lutz*; *Star shot*; *software*; *python*.

Abstract

Stereotatic radiosurgery has been used increasingly because it is a very precise technique for brain treatments, which a large amount of dose is deposited on the target volume. To be able to use this treatment technique it is recommended that the verification of the radiation isocentricity is checked when the technique will be performed. One of the tests that are used for this validation is the Winston-Lutz test, which is possible, through images, to identify if the radioactive isocenter is within the tolerance limits established by equipment enabled to perform special techniques as radiosurgery. Besides this, other tests can be done for this verification. One of them is the star shot model, in which, through different setup arrangements, it is possible to check the isocenters of the main accelerator components: Gantry, collimator, and couch. Although the analysis of the tests can be performed manually, there is a possibility of the user's influence at the moment of analyses. The purpose of the paper was to develop software through the Pylinac library so that the analyzes carried out by user are performed with agility and independent operator, since it is an open source program with no commercial link, the acquisition is accessible to all users who execute the tests and analyses of the Winston-Lutz and star shot tests. However, to ensure the effectiveness and applicability of the software developed, it must be validated with commercially available software or with a comparison of the manual analyses of expert users in the area. The evaluation was performed for Winston-Lutz test using MyQA software and it was found an expressive statistical agreement between both of them.

Keywords: Quality assurance; isocenter; *Winston-Lutz*; *star shot*; *software*; *python*.

1. Introdução

Durante o desenvolvimento computacional novas tecnologias começaram a ser inseridas na área médica. Com isso, a radioterapia conseguiu evoluir significativamente no decorrer dos anos. A radiocirurgia estereotáxica é uma técnica muito utilizada nos casos em que a cirurgia convencional não consegue ser eficiente, devido aos danos irreparáveis que pode causar durante o procedimento. Com a radiação ionizante, porém, é possível tratar lesões pequenas alcançando controle tumoral sem grandes efeitos colaterais (1,2).

O acelerador linear (AL) que realiza esse tipo de técnica deve possuir um programa de garantia de

qualidade abrangente e ter a isocentricidade de radiação verificada sempre em que a técnica for utilizada, o que torna esse tipo de análise relevante, porém árdua e trabalhosa. Algumas metodologias foram elaboradas para possibilitar a realização dos testes do isocentro radiativo. Um dos testes mais importante e utilizado é o *Winston-Lutz* (WL), no qual realiza a verificação da isocentricidade radiativa dos componentes do AL: *Gantry*, colimador e mesa, além de realizar uma comparação entre o isocentro radiativo e o isocentro mecânico. O teste de WL apresenta uma dimensão para o isocentro radiativo do AL (já que a avaliação pode ser mecânica e radiativa) (3,4).

Existem, entretanto, outras formas de se realizar o teste mencionado anteriormente. Uma delas é conhecida por seu padrão estrelado como *star shot* (5). Essa metodologia tem como base o mesmo princípio do WL, onde diferentes imagens são realizadas com diferentes *setups* e a composição dessas imagens gera uma intersecção dos feixes de radiação. O diâmetro da circunferência que intercepta as projeções do feixe de radiação possibilita a análise da dimensão do isocentro (6,7).

O WL pode ser irradiado com diferentes métodos de aquisição de imagens, utilizando-se filmes radiocrômicos ou através de dispositivo de imagem portal eletrônico (EPID) quando disponível no AL (4,8). O desafio está na metodologia de análise do teste. É possível realiza-lo através de *softwares* específicos, porém os programas disponíveis no mercado possuem um custo elevado de aquisição. As análises também podem ser realizadas de forma manual, no qual se mostra operador dependente, oneroso e demorado.

Com o avanço tecnológico, muitas tarefas realizadas de forma visual e manual podem ser substituídas por uma análise computacional e automatizada, garantindo precisão dos resultados e padronização na metodologia de análise.

O *Python* é uma linguagem de programação que atualmente está ganhando espaço no mercado, principalmente por se tratar de uma linguagem de alto nível, interpretada por *script* e orientada em objetos. É comumente utilizada em diversos *softwares* computacionais. Além disso há uma comunidade ampla, onde através da plataforma *GitHub* usuários que se interessam pelo assunto podem desenvolver bibliotecas auxiliares, conseguindo compactar ainda mais o *script* do programa.

O *Pylinac* é uma biblioteca que foi desenvolvida recentemente e nela é possível identificar funções que auxiliam na metodologia e análise de testes executados no AL (9,10). Por ter como base o *Task Group 142* (TG-142), as suas ferramentas buscam alta efetividade fazendo com que os *scripts* executados corretamente não precisem de diversas linhas de código (11).

O objetivo deste estudo é desenvolver um *software* através da biblioteca *Pylinac* para análise do *Winston-Lutz* em EPID, e dos testes de isocentro radiativo do *gantry*, colimador e mesa.

2. Materiais e Métodos

Para o desenvolvimento do *software* foi utilizada a linguagem de programação *Python* versão 3.8.5, explorando as bibliotecas *PyQT5* versão 5.10 (biblioteca para a interface gráfica) e *Pylinac* versão 2.4 (biblioteca responsável por realizar as análises dos testes).

2.1. Winston-Lutz

Para realizar o teste de WL utilizamos o AL Varian TrueBeam STX 2.7 (Varian®, Palo Alto, EUA) utilizando-se da energia de fótons de 6 MV. Apesar do mesmo possuir outros métodos de realização e análises de Controle de Qualidade como o *Machine*

Performance Check (MPC), o TrueBeam é, atualmente, o único AL habilitado a realizar a técnica de radiocirurgia no departamento de radioterapia de Barretos, no qual possui um EPID em sua versão Varian As2100 (Varian®, Palo Alto, EUA) (12).

O teste WL é executado com o dispositivo *Winston-Lutz BrainLab* (BrainLab®, Munich, Germany), associado ao extensor de mesa e o *BrainLab Couchmount* (BrainLab®, Munich, Germany). Deve-se alinhar a poiteira do dispositivo *Winston-Lutz* corretamente no isocentro a partir dos *lasers* e executar o plano predefinido que é responsável por gerar as imagens que serão analisadas futuramente. O plano é composto por 12 campos de radiação, que distinguem entre si: 4 ângulos de *gantry* (0°, 270°, 90° e 180°), 4 de colimador (90°, 270°, 190° e 170°) e 4 de mesa (270°, 315°, 45° e 90°). O plano predefinido para executar o teste WL foi realizado a partir do sistema de planejamento Eclipse versão 15.6.

Após adquiridas as 12 imagens, deve-se realizar a exportação dos arquivos em formato DICOM através do sistema de planejamento para uma pasta conhecida. Em seguida as imagens são importadas pelo *software* desenvolvido que realizará sua execução e análise.

2.2. Star Shot

Para o teste *star shot* o AL escolhido para realizá-lo foi o Varian Clinac 600C/D (Varian®, Palo Alto, EUA) que possui energia de fótons de 6 MV. Os planos predefinidos que são executados na máquina para realizar o teste foram gerados no sistema de planejamento já mencionado anteriormente. O plano consiste em variações do ângulo de *gantry* (0°, 45° 90° e 135°), de colimador (0°, 45° 90° e 135°) e mesa (0°, 45° 90° e 135°) respectivamente para cada teste, essas variações são realizadas a fim de gerar uma irradiação planar no padrão estrela.

A execução dos testes de isocentro radiativo é realizada em um cassete de radiografia computadorizada IP CASSETE TYPE PC, FUJIFILM®. Deve-se posicionar o cassete alinhado com os *lasers* da sala, de forma que o isocentro fique no volume sensível do aparato. Executam-se então, os planos predefinidos, lembrando que para cada componente do acelerador (*gantry*, colimador e mesa), um cassete limpo deve ser utilizado. Após irradiados, os cassetes são processados na leitora FCR CAPSULA XL juntamente com o *software* CR-IR-348-CL versão 8.3 e as imagens são incorporadas ao sistema de imagens do departamento *PixViewer* versão 20.9. A imagem obtida de cada isocentro deve ter a forma conhecida como *star shot* apresentada na Figura 1.

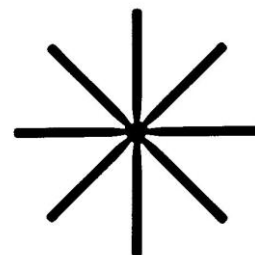


Figura 1. Ilustração modelo *Star Shot*.

As imagens devem ser exportadas para uma pasta conhecida, nas quais podem estar em diferentes tipos de formatos como jpeg, png e tiff, e então poderão ser importadas pelo software. Com a imagem aberta no programa, seleciona-se uma região de interesse na qual deve englobar a interseção das retas para que o sistema possa executar a análise do teste.

Após realizado a execução das análises, os resultados podem ser obtidos através de um relatório gerado pelo software, indicando o tamanho da circunferência e, portanto, o tamanho do isocentro de cada um dos testes verificados.

2.3. Validação do Software.

A validação do software foi feita inicialmente somente para o teste WL. Para realizar essa validação foi necessário executar e analisar os testes de WL com um software independente. Para isso escolheu-se utilizar o software já disponível no mercado e bem consolidado, MyQA versão 2019-001 2.11 (IBA® Dosimetry Schwarzenbruck, Germany). Foram analisadas 45 imagens em ambos softwares e comparado seus resultados. Os dados foram descritos por meio de medidas de tendência central e dispersão e posteriormente foi realizado o teste de correlação intraclasse. Os dados foram analisados utilizando o software SPSS versão 27 adotando um nível de significância de 5%.

3. Resultados

3.1. Winston-Lutz.

Para o teste do Winston-Lutz, o software desenvolvido gera um relatório que permite interpretar os resultados de três maneiras distintas.

Primeiramente é apresentado um resumo dos principais resultados que a análise obteve. Um exemplo de um teste executado pode ser observado na Figura 2. O *maximum 2D CAX → BB (Ball Bearing) distance* representa a máxima distância entre o eixo central e o centro da esfera da ponteira considerando todas as imagens analisadas. A *Median 2D CAX → BB distance* representa a mediana das distâncias encontradas entre o eixo central e o centro da esfera da ponteira. O item *shift to iso: facing gantry, move BB* representa os valores no qual a ponteira deve ser deslocada para ser posicionada no isocentro do gantry. O *gantry 3D isocenter diameter* indica o diâmetro do isocentro encontrado para o gantry. O *Maximum gantry rms deviation* indica, através da análise *root mean square* (RMS), qual foi o desvio máximo encontrado para o gantry. Já o *gantry + collimator 3D isocenter diameter* utiliza das imagens combinadas do gantry e do colimador para realizar uma verificação em 3D, e indica o seu valor composto. O restante dos resultados é similar ao que já foi descrito, entretanto são relacionados aos outros componentes: colimador, mesa e EPID.

Em seguida, são apresentados 4 gráficos nos quais é possível observar os deslocamentos de cada componente testado (*gantry*, colimador, mesa e EPID) nos diferentes ângulos irradiados. Nesses gráficos é possível observar as curvas relacionadas aos deslocamentos em y, e a decomposição dos

eixos x e z, e o RMS. Os deslocamentos obtidos do gantry e do colimador dos diferentes ângulos de um teste realizado no AL TrueBeam (Varian®, Palo Alto, EUA) foram analisados e são ilustrados na figura 3. Nela observa-se os gráficos gerados no relatório a partir do script executado com Pylinac. No eixo Y encontra-se a variação em mm, no eixo X encontra-se a variação no ângulo para (a) gantry e (b) para colimador.

```

Winston-Lutz Analysis
=====
Number of images: 12
Maximum 2D CAX->BB distance: 1.00mm
Median 2D CAX->BB distance: 0.43mm
Shift to iso: facing gantry, move BB: LEFT 0.47mm; IN 0.07mm; DOWN 0.14mm
Gantry 3D isocenter diameter: 0.45mm (4/12 images considered)
Maximum Gantry RMS deviation (mm): 0.32mm
Maximum EPID RMS deviation (mm): 0.83mm
Gantry+Collimator 3D isocenter diameter: 1.14mm (8/12 images considered)
Collimator 2D isocenter diameter: 0.69mm (5/12 images considered)
Maximum Collimator RMS deviation (mm): 1.00
Couch 2D isocenter diameter: 0.91mm (5/12 images considered)
Maximum Couch RMS deviation (mm): 0.64
    
```

Figura 2. Relatório inicial gerado a partir do script executado com Pylinac

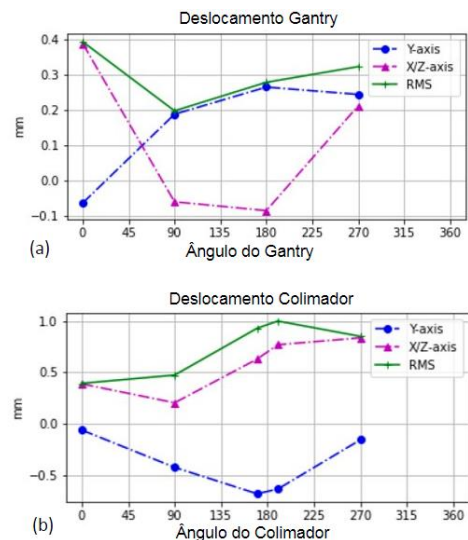


Figura 3. Deslocamentos obtidos do gantry e do colimador dos diferentes ângulos de um teste realizado no AL TrueBeam (Varian®, Palo Alto, EUA).

Os deslocamentos do portal eletrônico e da mesa podem ser observados na figura 4. Imagem (a) para o EPID e (b) para a mesa.

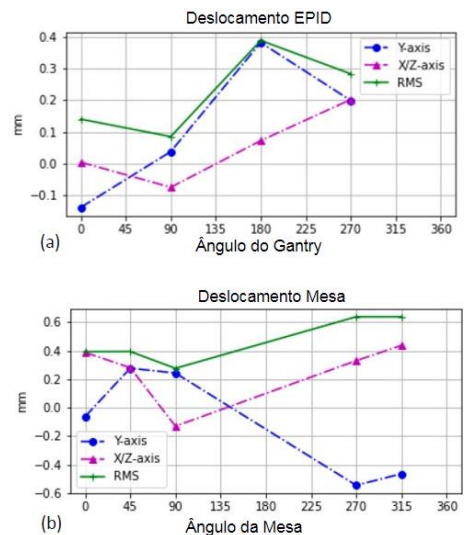


Figura 4. Deslocamentos do portal eletrônico e da mesa.

Por último, são apresentadas as imagens obtidas com o centro da ponteira, o eixo central e o centro da imagem. Um exemplo pode ser verificado na figura 5.

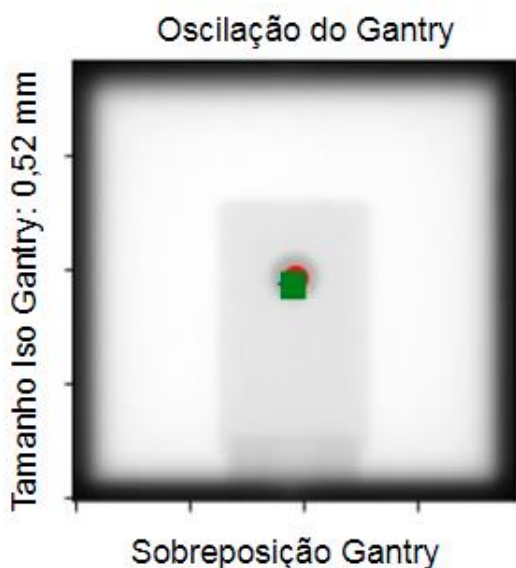


Figura 5. Imagem obtida com o centro da ponteira, o eixo central e o centro da imagem.

3.2. Star Shot

Para os testes de isocentro radiativo através do modelo *star shot*, é gerado um relatório que contém a imagem analisada com todas as retas traçadas pelo programa e uma imagem com a circunferência tangenciando essas retas. O *software* também fornece o valor do diâmetro dessa circunferência, no qual será utilizado para definição do tamanho do isocentro de cada componente.

As imagens geradas a partir da análise do *software* para o gantry, colimador e mesa são apresentadas nas figuras 6, 7 e 8.

Os valores dos diâmetros das circunferências obtidas nos testes apresentados nas figuras de 6, 7 e 8 são: 0,17 mm para o *gantry*, 0,31 mm para o colimador e 0,40 mm para a mesa.

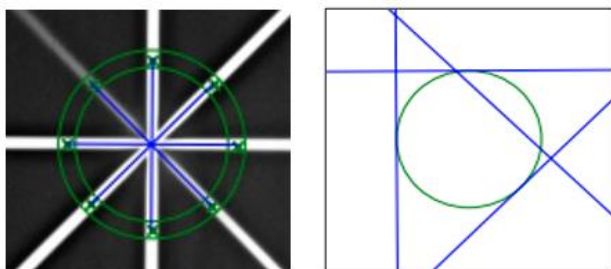


Figura 6. Imagem gerada a partir da análise do *software* (gantry).

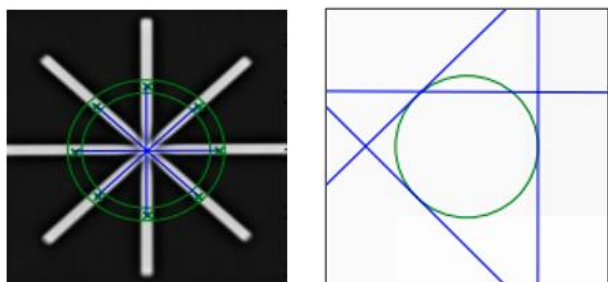


Figura 7. Imagem gerada a partir da análise do *software* (colimador).

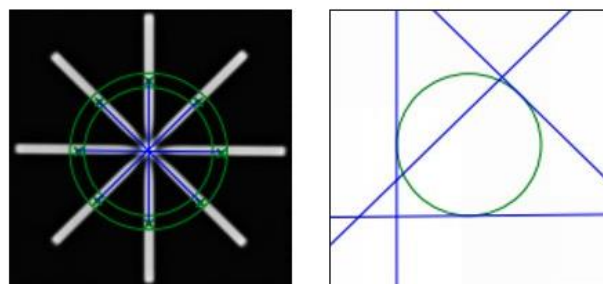


Figura 8. Imagem gerada a partir da análise do *software* (mesa).

3.3. Validação do *software*

A média dos diâmetros calculados pelo *software* desenvolvido e pelo *myQA* são apresentados na tabela 1.

Tabela 1 - A média dos diâmetros calculados pelo *software* desenvolvido e pelo *myQA* para o teste WL

Software	Média (cm)	Desvio padrão (cm)
Desenvolvido	0,061	0,028
myQA	0,058	0,027

O valor obtido para o coeficiente de correlação intraclasse foi de 0,951 com significância estatística. Este valor indica uma correlação forte entre os dados calculados pelo *software* desenvolvido e o *myQA*.

4. Discussão

O relatório gerado a partir da análise pode ser interpretado verificando-se o seu resultado final. Segundo os *Guidelines* 8.a e 9.a da *American Association of Physicists in Medicine* (AAPM), existem tolerâncias definidas para que os testes sejam aceitos como satisfatórios (13, 14). Os guias fazem a recomendação que para os aceleradores que utilizam a técnica de radiocirurgia, o teste de isocentricidade de radiação deve ser feito sempre que a técnica for utilizada, aceitando uma tolerância de até 1 mm para a radiocirurgia e 1,5 mm para técnica de radioterapia corporal ablativa. Isso significa que o deslocamento entre o isocentro identificado nas imagens e o centro da BB (para o WL) não deve ultrapassar esses limites (15).

4.1. Winston-Lutz

Analisando os resultados do teste WL na figura 2 é possível observar que os valores encontrados pela análise do *software* estão dentro do esperado, uma vez que os desvios encontrados foram de 0,32 mm para o *gantry*, 1,00 mm para o colimador e 0,64 mm para a mesa.

4.2. Star Shot

O resultado fornecido pelo programa para o teste de isocentricidade utilizando o método *star shot* também se mostrou dentro dos limites de tolerância apesar da máquina não ser habilitada para realizar radiocirurgia. Os resultados ficaram inferiores a 1mm conforme pode ser visto nas Figuras 6, 7 e 8.

Além disso, nota-se também que o *software* apresenta uma vantagem com relação à análise

manual para os testes de isocentro radiativo, uma vez que independe do operador na geração das retas e da circunferência bem como otimiza o tempo de análise pelo usuário.

4.3. Validação Software

O *software* se mostrou confiável para a análise do teste *Winston-Lutz*, uma vez que os resultados dos dois softwares se mostraram ter uma correlação forte.

5. Conclusões

O *software* apresentou valores quantitativos confiáveis e independente do operador. Além disso, o programa se mostrou rápido e prático na execução dos testes, com facilidade na análise de seus resultados.

Agradecimentos

Agradeço ao departamento da radioterapia do Hospital de Amor de Barretos.

Referências

1. Kristin J. Redmond, Chengcheng Gui, et al. "Tumor Control probability of radiosurgery and Fractionated Stereotactic radiosurgery for Brain Metastases. International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics.
2. Leksell L (1951) The stereotaxic method and radiosurgery of the brain. Acta Chir Scand 102:316–319.
3. W. Lutz, K. Winston, and N. Maleki, "A system for stereotactic radiosurgery with a linear accelerator," International Journal of Radiation Oncology, pp. 373-381, 1988.
4. Paul B. Ravindran. A study of Winston-Lutz test on two different electronic portal imaging devices and with low energy imaging. Australas Phys Eng Sci Med. 2016. 39:677-685.
5. Tom Depuydt, Rudi Penne, et al. Computer-aided analysis of star shot films for high-accuracy radiation therapy treatment units. Physics in Medicine and Biology. 2012. 2997-3011.
6. A González, I. Castro, and J. A. Martínez. A procedure to determine the radiation isocenter size in a linear accelerator. Med. Phys. 2004. 31(6).
7. Liu Ke, Bian Xin, How Lixin, Zhou Xin. Study on Star Shot Analysis for Physics Quality Assurance in Radiotherapy. Applied Mechanics and Materials Vols. 541-542.
8. Guilherme Giacomini, Victor Augusto Bertotti Ribeiro. "Detecção automática do teste de Winston Lutz em filmes radiocrômicos". Revista Brasileira de Física Médica, 2020, 14:515.
9. J. Kerns, "Pylinac Winston-Lutz module documentation," Pylinac, 2021. [Online]. Available: https://pylinac.readthedocs.io/en/stable/winston_lutz.html [Accessed 2, 2021].
10. J.Kerns, "Starshot module documentation", Pylinac, 2021 [Online] Available: https://pylinac.readthedocs.io/en/stable/starshot_docs.html [Accessed 2,2021].
11. Klein et al.: Task Group 142 Report: QA of Medical Accelerators. Med. Phys. 36, 9, September 2009.
12. Michael P Banes, Pter B Greer. Evaluation of the truebeam machine performance check (MPC) geometric checks for daily IGRT geometric accuracy quality assurance. J. Appl. Clin. Med. Phys 2017; 18:3:200-206.
13. Koren Smith, Peter Balter, John Duhon, et al. AAPM Medical Physics Practice Guideline 8.a.: Linear Accelerator performance tests. J. Appl. Clin. Med. Phys 2017; 18:4:23-39.
14. Per. H. Halvorsen, Eileen Cirino, et al. AAPM-RSS Medical Physics Practice Guideline 9.a. for SRS-SBRT. J Appl. Clin Med Phys 2017; 18:5:10-21.

Contato:

André Luís Secco Mattesco
 Fundação Pio XII – Hospital de Amor de Barretos
 R. Antenor Duarte Viléla, 1331 – Dr. Paulo Prata,
 Barretos – SP, 14784-400
 E-mail: andre.mattesco@alumni.usp.br