

ANÁLISES DE PROTOCOLOS TELETERÁPICOS DE CONTROLE DE QUALIDADE DE ALGUNS SERVIÇOS LOCAIS, BASEADOS NO TG40 E ARCAL XXX*

Carmen S. Guzmán Calcina^{1,2}, Luciana P. de Lima¹, Rodrigo A. Rubo¹, Eduardo Ferraz¹, Adelaide de Almeida¹

Resumo Considerando a importância da garantia da qualidade nos serviços de radioterapia, este trabalho tem como primeiro objetivo fazer uma avaliação dos testes propostos pelos protocolos oficiais internacionais TG40 e ARCAL XXX para os equipamentos de cobalto, acelerador linear e simulador. O segundo objetivo consistiu em se fazer uma avaliação dos testes que atualmente são realizados por alguns serviços de radioterapia nacionais e da América Latina, comparando-os com os apresentados nos protocolos citados. Dos resultados obtidos, observou-se que embora o TG40 apresente os testes básicos necessários para um controle de qualidade adequado, o ARCAL ainda sugere testes complementares. Dos resultados e discussões, concluiu-se que é necessário que os serviços de radioterapia implementem os testes de controle de qualidade básicos e indispensáveis aos seus equipamentos, e que os demais testes sejam implementados de acordo com as suas necessidades e disponibilidades. Como produto deste estudo, sugestões de protocolos são apresentadas para o trabalho de rotina, provenientes da fusão dos protocolos analisados.

Unitermos: Teleterapia. Protocolos. Controle de qualidade.

Abstract Routine teletherapy quality control protocols based on TG40 and ARCAL XXX. In view of the great importance of quality control in radiotherapy services, this paper aimed primarily to evaluate the tests recommended by international protocols TG40 and ARCAL XXX for teletherapeutic equipments (cobalt, linear accelerator and simulator). A second objective was to evaluate the tests currently used in some radiotherapy services in Brazil and Latin America and to compare these tests with the ones recommended by the international protocols. Our results suggest that ARCAL is more complete than TG40, although the latter includes all the essential basic tests. We concluded that radiotherapy services should implement all basic quality control tests and that all other complementary tests should be implemented according to the need of each service. Finally, suggestions of protocols are presented, elaborated from the official and routine protocols used.

Key words: Teletherapy. Protocols. Quality control.

INTRODUÇÃO

A garantia de qualidade (GQ) em radioterapia é definida como: “Todas as ações que garantem a consistência entre a prescrição clínica da dose e sua administração uniforme e exata ao paciente, com relação ao volume alvo, às limitações da dose ao tecido sadio, às exposições mínimas ao pessoal envolvido no trabalho e às verificações das dosimetrias nos pacientes, para

melhorar os resultados do tratamento e reduzir os acidentes no serviço”⁽¹⁻³⁾.

Um programa de GQ, para um serviço de radioterapia, consiste da monitoração sistemática de medidas e de procedimentos, visando à qualidade e ao cuidado apropriado ao paciente. Este programa deve ser abrangente, incluindo os aspectos administrativos, clínicos, físicos e técnicos; logo, uma equipe multidisciplinar deve ser formada, com um representante de cada categoria, que definirá critérios gerais ou padrões de qualidade que deverão ser seguidos pela instituição.

Para realizar um programa de GQ, os testes cumprem a função da avaliação do comportamento funcional dos equipamentos de teleterapia e os de medida, os quais podem variar devido a defeitos eletrônicos e/ou falhas mecânicas. Portanto, as seguintes ações são necessárias: a) medidas de controle de qualidade (CQ), queaju-

dem a recuperar, manter e/ou melhorar a qualidade dos tratamentos; b) monitoração sistemática, com o objetivo de garantir as características funcionais, tanto dos equipamentos de terapia quanto dos de medida.

Existem numerosas publicações internacionais que discutem diferentes aspectos da GQ em radioterapia. Dentre elas, a publicação da AAPM Task Group 40 (TG-40)⁽⁴⁾ era a contribuição mais importante a partir de 1994. Em 1999, a partir da publicação do ARCAL XXX⁽⁵⁾, que vem a ser uma otimização do TG40, algumas instituições passaram a utilizá-lo como protocolo de referência.

Dos estudos realizados com os protocolos citados e também da análise dos protocolos de serviços locais nacionais e da América Latina, foi observado que estas instituições desenvolveram um CQ de acordo com a sua disponibilidade de recursos instrumentais, humanos e ainda de

* Trabalho realizado no Departamento de Física e Matemática da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto (FFCLRP) da Universidade de São Paulo (USP), Ribeirão Preto, SP.

1. Departamento de Física e Matemática da FFCLRP-USP.

2. Departamento de Radioterapia, Instituto de Enfermidades Neoplásicas, Lima, Peru.

Endereço para correspondência: Dra. Adelaide de Almeida. Departamento de Física e Matemática, FFCLRP-USP. Avenida Bandeirantes, 3900. Ribeirão Preto, SP, 14040-901. E-mail: dalmeida@dfm.ffclrp.usp.br

Recebido para publicação em 6/12/2000. Aceito, após revisão, em 3/9/2001.

tempo. Concluiu-se que um programa de CQ deverá ser estabelecido para todos os procedimentos e equipamentos num serviço de radioterapia, dando ênfase à frequência e tolerância de cada teste.

O trabalho proposto surgiu da idéia de se avaliar quais eram os tipos de testes sugeridos pelos protocolos de GQ mais utilizados, o TG40 e o ARCAL XXX, além das diferentes publicações, como o Report Series 277^(6,7) e o ICRU-24⁽⁸⁾, necessárias para um melhor entendimento dos tipos de testes citados nesses protocolos.

MATERIAIS E MÉTODOS

O protocolo TG40 apresenta um programa geral de GQ em radioterapia que

atualiza e agrupa as recomendações mais importantes da publicação TG45⁽⁹⁾.

O protocolo ARCAL XXX proporciona, basicamente, as recomendações para os aspectos físicos da GQ na radioterapia, que serão normalmente implementados por profissionais da área da física médica. Embora alguns aspectos clínicos também sejam incluídos nesse protocolo, estes são tratados de maneira superficial, somente para esclarecer certas pautas e atuações.

Protocolos de serviços de radioterapia também foram utilizados, sendo nove de instituições da América Latina, e quatro destes de instituições nacionais. Estes serviços, embora todos tenham cedido suas informações, se reservaram no direito do sigilo quanto às suas identificações.

Foi feita avaliação (em termos de classificação e comparação) dos tipos de testes propostos pelos protocolos oficiais de referência para os equipamentos de teleterapia já citados. Foram avaliados, também, os tipos de testes a serem realizados pelos serviços analisados, comparando-os com os referidos nos protocolos oficiais. Dessas avaliações foram obtidos protocolos, resultado da fusão dos tipos de testes existentes em todos os protocolos estudados.

RESULTADOS

Os resultados são mostrados em formas de tabelas, as quais poderiam, como sugestão, auxiliar no trabalho de rotina de serviços radioterápicos.

Tabela 1 Teste de garantia de qualidade das unidades de cobalto-60.

Protocolos			Testes	Tolerância
(2) PO	(1) I	(3) N	I.1. Diários	
			I.1.1. Segurança	
1	0	1	I.1.1.1. Indicador da posição da fonte no painel	Funcionando
1	0	1	I.1.1.2. Indicador da posição da fonte no equipamento	Funcionando
1	0	1	I.1.1.3. Indicador da posição da fonte na porta	Funcionando
1	0	1	I.1.1.4. Indicador da posição da fonte no monitor (alarme) de radiações	Funcionando
0	1	0	I.1.1.5. Painel (luzes, chaves de segurança lig./deslig.)	Funcionando
0	1	0	I.1.1.6. Movimento do cabeçote, da maca, do colimador e das travas	Funcionando
0	1	0	I.1.1.7. Sistema de emergência da maca	Funcionando
1	1	2	I.1.1.8. Intertravamento da porta	Funcionando
1	0	0	I.1.1.9. Monitor (alarme de radiação na sala de tratamento)	Funcionando
0	1	0	I.1.1.10. Luz de perigo	Funcionando
2	1	0	I.1.1.11. Sistema de visualização – câmara de vídeo, intercomunicador	Funcionando
1	0	0	I.1.1.12. Sistema de parada de emergência	Funcionando
0	0	1	I.1.1.13. Simetria do campo luminoso com o reticulado no isocentro	2 mm
1	0	0	I.1.1.14. Sistema de retorno manual da fonte	Disponível
1	0	0	I.1.1.15. Reprodutibilidade do relógio	1%
0	1	0	I.1.1.16. Relógio	Funcionando
0	0	1	I.1.1.17. Sistema de proteção contra colisão	Funcionando
0	0	1	I.1.1.18. Monitor de dose em relação ao medidor de dose de teste	± 5%
0	1	1	I.1.1.19. Monitor audiovisual	Funcionando
0	0	1	I.1.1.20. Intensidade do campo luminoso	Funcionando
0	1	0	I.1.1.21. Sinal de emergência no painel	Funcionando
0	1	0	I.1.1.22. Sinal de emergência na maca	Funcionando
			I.1.2. Mecânico	
2	1	2	I.1.2.1. Coincidência dos lasers com o isocentro	2 mm
2	1	3	I.1.2.2. Coincidência do escalômetro (escala óptica) com o indicador de distância	2 mm a distância foco-superfície
1	0	2	I.1.2.3. Tamanho do campo (10 × 10 cm)	2 mm
1	0	0	I.1.2.4. Centro do retículo	2 mm de diâmetro
0	1	0	I.1.2.5. Condições físicas do ambiente	Adequadas
0	1	0	I.1.2.6. Angulímetro de mama	—
0	1	0	I.1.2.7. Jogo de protetores e filtros	—
0	1	0	I.1.2.8. Espessômetro, régua, suporte e ventilador	—

PO, protocolo oficial; I, internacional; N, nacional.

(continua na página 33)

Tabela 1 Teste de garantia de qualidade das unidades de cobalto-60. (continuação)

Protocolos			Testes	Tolerância
(2) PO	(1) I	(3) N	I.2. Semanal	
			I.2.1. Mecânico	
0	0	1	I.2.1.1. Monitor de dose	2%
0	0	3	I.2.1.2. Coincidência dos campos de luz e radiação	2 mm
0	0	1	I.2.1.3. Coincidência do escalômetro (escala óptica) com o isocentro mecânico (“pointer”)	2 mm de diâmetro
0	1	0	I.2.1.4. Centro do retículo	2 mm de diâmetro
2	0	0	I.2.1.5. Verificação da posição da fonte	3 mm
0	1	0	I.2.1.6. Coincidência de campo e luz (com régua)	2 mm
0	0	1	I.2.1.7. Movimento do aparelho: braço, cabeçote e painel	Funcionando
0	0	1	I.2.1.8. Movimento da maca (lateral, vertical, longitudinal e rotacional)	Funcionando
0	0	1	I.2.1.9. Movimento dos colimadores	Funcionando
0	0	1	I.2.1.10. Laser	± 2 mm
0	0	1	I.2.1.11. Indicação de tamanho de campo em relação ao campo luminoso 15 × 15 cm com o isocentro	± 2 mm
0	0	1	I.2.1.12. Profundidade de dose (10/20 cm) – feixe de fótons	2%
0	0	1	I.2.1.13. Simetria de campo 15 × 15 cm a 5 cm fora do eixo	± 2%
0	0	1	I.2.1.14. Sistema de teste de dosimetria diária	—
0	0	1	I.2.1.15. Fixação dos acessórios (bandeja e filtro)	Funcionando
0	0	1	I.2.1.16. Rotação do equipamento	—
0	1	0	I.2.1.17. Reprodutibilidade do relógio	1 segundo
0	1	0	I.2.1.18. Coincidência de distância foco–superfície mecânica e óptica	2 mm
			I.2.2. Segurança	
0	0	1	I.2.2.1. Botões de emergência	Funcionando
0	0	1	I.2.2.2. Sistema luminoso	Funcionando
			I.2.3. Dosimétrico	
0	1	0	I.2.3.1. Cálculo de RMM*	1%
			I.3. Mensal	
			I.3.1. Segurança	
1	0	1	I.3.1.1. Verificação da fixação e códigos dos acessórios (filtros, bandeja, etc.)	Funcionando
1	0	0	I.3.1.2. Pulsadores de cortes de energia elétrica	Funcionando
1	0	0	I.3.1.3. Verificação dos limites da maca	—
0	0	1	I.3.1.4. Coincidência do campo luminoso com o radioativo	2 mm
0	0	1	I.3.1.5. Profundidade de dose (10/20 cm) – feixe de fótons	2%
0	0	2	I.3.1.6. Simetria do campo 15 × 15 cm a 5 cm fora do eixo	± 2%
0	0	1	I.3.1.7. Sistema de testes de dosimetria diária	± 2%
1	0	0	I.3.1.8. Campo permitido para os filtros (computadorizados)	Funcionando
			I.3.2. Mecânicos	
2	1	1	I.3.2.1. Verificação da rotação do cabeçote	1 grau
2	1	1	I.3.2.2. Verificação da rotação do colimador	1 grau
1	0	1	I.3.2.3. Escalômetro	2 mm a distância foco–superfície
2	0	1	I.3.2.4. Centro do retículo	2 mm de diâmetro
1	0	1	I.3.2.5. Simetria, paralelismo, ortogonalidade do campo luminoso	2 mm
1	0	0	I.3.2.6. Verticalidade do eixo luminoso (90°)	2 mm
2	1	3	I.3.2.7. Indicador do tamanho do campo em relação ao campo luminoso 15 × 15 cm no isocentro	2 mm
1	0	0	I.3.2.8. Isocentro mecânico	2 mm de diâmetro
1	1	1	I.3.2.9. Horizontalidade da maca	2 mm no intervalo de uso
2	0	2	I.3.2.10. Coincidência dos campos de luz e radiação	2 mm
1	0	0	I.3.2.11. Posição dos filtros	2 mm (ou 2% no fator de transmissão)
1	0	0	I.3.2.12. Posição da bandeja	2 mm
2	0	0	I.3.2.13. Travas dos filtros e bandeja	Funcionando

PO, protocolo oficial; I, internacional; N, nacional. *Roentgen por metro por minuto — taxa de dose.

(continua na página 34)

Análises de protocolos teleterápicos de controle de qualidade, baseados no TG40 e ARCAL XXX

Tabela 1 Teste de garantia de qualidade das unidades de cobalto-60. (continuação)

Protocolos			Testes	Tolerância
(2) PO	(1) I	(3) N		
1	0	0	I.3.2.14. Escalas da maca	2 mm (vertical/horizontal) 1 grau (rotação)
1	0	0	I.3.2.15. Intensidade do campo de luz	Funcionando
1	0	0	I.3.2.16. Posição efetiva (virtual) da fonte	3 mm
0	1	0	I.3.2.17. Tempo de saída e entrada da fonte	—
0	1	0	I.3.2.18. Cálculo de RMM*	1%
0	0	1	I.3.2.19. Verificação do marcador de tempo × cronômetro	1%
0	0	1	I.3.2.20. Indicador de distância (“pointer”)	2 mm
0	0	1	I.3.2.21. Indicador de distância óptica no isocentro 200 mm mais perto e mais longe	± 3 mm
0	0	1	I.3.2.22. Indicador de ângulo do braço e do colimador	1 grau
0	1	0	I.3.2.23. Verificação do campo luminoso com o indicador	2 mm
0	1	0	I.3.2.24. Reprodutibilidade do relógio	1 segundo
0	1	0	I.3.2.25. Coincidência do retículo com o colimador	2 mm
0	1	0	I.3.2.26. Coincidência de distância foco-superfície mecânica e óptica	2 mm
			I.3.3. Dosimétrico	
1	0	0	I.3.3.1. Constância das doses de referência	2%
1	0	0	I.3.3.2. Constância da simetria e planura	2%
1	0	0	I.3.3.3. Constância da saída da fonte (“output”)	2%
0	0	1	I.3.3.4. Constância da taxa de dose	2%
0	0	1	I.3.3.5. Tempo de posicionamento da fonte	—
0	0	1	I.3.3.6. Verificação da homogeneidade e simetria	—
			I.4. Anual	
			I.4.1. Segurança	
1	0	0	I.4.1.1. Verificação da fixação (de acordo com especificações do fabricante)	Funcionando
1	0	0	I.4.1.2. Verificação da radiação de fundo (fuga) e contaminação – Taxa de kerma no ar a 5 cm da fonte; – Taxa de kerma no ar a 1 m da fonte.	200 µGy/h 20 µGy/h
1	0	0	I.4.1.3. Contaminação do colimador	18,5 Bq
			I.4.2. Mecânico	
2	1	1	I.4.2.1. Verificação do isocentro de rotação do colimador	2 mm de diâmetro
2	1	1	I.4.2.2. Verificação do isocentro de rotação do braço	2 mm de diâmetro
2	1	1	I.4.2.3. Verificação do isocentro de rotação da maca	2 mm de diâmetro
2	0	1	I.4.2.4. Coincidência dos eixos colimador, braço e da maca com o isocentro	2 mm de diâmetro
2	0	0	I.4.2.5. Deslizamento vertical da maca	2 mm
1	0	0	I.4.2.6. Verificação do movimento crânio-ventral da maca (“top sag”)	Funcionando
1	0	1	I.4.2.7. Coincidência do isocentro mecânico com o de radiação	2 mm
1	0	0	I.4.2.8. Intensidade do campo luminoso	Funcionando
			I.4.3. Dosimétrico	
2	0	0	I.4.3.1. Constância da dose de referência	2%
1	0	0	I.4.3.2. Dependência do tamanho do campo para a dose de referência	—
1	0	0	I.4.3.3. Reprodutibilidade das doses de referência	1%
1	0	0	I.4.3.4. Constância do fator campo	2%
2	1	1	I.4.3.5. Constância dos fatores de transmissão de todos os acessórios (bandejas, etc.)	2%
2	1	1	I.4.3.6. Constância do fator filtro	2%
1	0	0	I.4.3.7. Reprodutibilidade do relógio	0,5%
2	0	0	I.4.3.8. Linearidade do relógio	1%
1	0	0	I.4.3.9. Correção por tempo efetivo de irradiação para o relógio	2 segundos ou (2%)
2	0	1	I.4.3.10. Constância da dose de referência com a angulação do braço	2%
2	0	1	I.4.3.11. Uniformidade do feixe de rotação do “gantry”	3%

PO, protocolo oficial; I, internacional; N, nacional. *Roentgen por metro por minuto — taxa de dose.

(continua na página 35)

Tabela 1 Teste de garantia de qualidade das unidades de cobalto-60. (continuação)

Protocolos			Testes	Tolerância
(2) PO	(1) I	(3) N		
1	0	0	I.4.3.12. Modo rotacional (segundo especificações do fabricante): fixo – 90°, arco – 180° e rotacional 360°	Funcionando
0	1	1	I.4.3.13. Avaliação dos valores de fora do eixo (“off axis”)	2%
0	0	1	I.4.3.14. Intercomparação do sistema de referência/rotina	2%
0	0	1	I.4.3.15. Verificação do sistema de vedação da câmara	—
0	0	1	I.4.3.16. Levantamento das linhas decrementais	—
0	0	1	I.4.3.17. Verificação da linearidade do dosímetro	1%
1	0	0	I.4.3.18. Parâmetro de dosimetria do eixo central (PDP/TAR)*	2%
0	0	1	I.4.3.19. Determinação de dose absorvida para vários tamanhos de campos	2%
0	0	1	I.4.3.20. Determinação do fator abertura do colimador	2%
0	1	0	I.4.3.21. Determinação da posição virtual da fonte	—
0	1	0	I.4.3.22. Avaliações dos fatores de campo	—
0	1	0	I.4.3.23. Verificação da integridade das fontes de ⁹⁰ Sr	—
0	1	0	I.4.3.24. Erro da linearidade do “timer”	—
0	1	0	I.4.3.25. Radiografia dos localizadores e tubos	—
0	1	0	I.4.3.26. Verificação da integridade dos localizadores	—
0	1	0	I.4.3.27. Calibração dos medidores ambientais	—
0	0	1	I.4.3.28. “Output” de ângulo do braço	2%

PO, protocolo oficial; I, internacional; N, nacional. *Porcentagem de dose profunda/razão tecido-ar.

Tabela 2 Teste de garantia de qualidade das unidades de aceleradores lineares.

Protocolos			Testes	Tolerância
(2) PO	(3) N	(5) I		
			II.1. Diários	
			II.1.1. Segurança	
1	0	3	II.1.1.1. Luzes (lig./deslig.)	Funcionando
1	0	2	II.1.1.2. Luzes do painel de controle	Funcionando
1	3	2	II.1.1.3. Trava da porta	Funcionando
1	2	3	II.1.1.4. Luzes de irradiação	Funcionando
2	2	1	II.1.1.5. Sistema de visualização (câmara de vídeo)	Funcionando
1	1	2	II.1.1.6. Sistema de anticolisão	Funcionando
1	1	5	II.1.1.7. Interruptor de radiação de emergência	Funcionando
1	2	4	II.1.1.8. Interruptor de radiação no painel de controle	Funcionando
1	1	3	II.1.1.9. Programação	Funcionando
1	1	3	II.1.1.10. Interruptor por unidade monitor (UM)	Funcionando
1	1	3	II.1.1.11. Verificação de ambos os monitores	Coincidentes
			II.1.2. Mecânico	
2	2	4	II.1.2.1. Laser	2 mm
2	2	3	II.1.2.2. Escalômetro	2 mm a distância foco-superfície
1	2	2	II.1.2.3. Tamanho de campo (10 × 10 cm)	2 mm
1	1	2	II.1.2.4. Centro do retículo	2 mm de diâmetro
1	2	2	II.1.2.5. Centro do campo de luz	2 mm
			II.1.3. Dosimétricos	
2	3	2	II.1.3.1. Constância das doses de referência (fótons e elétrons)	3%
			II.2. Mensal	
			II.2.1. Segurança	
1	1	2	II.2.1.1. Verificação dos limites da maca e sua posição horizontal	2 mm no limite uso
1	0	2	II.2.1.2. Verificação de horas e códigos dos acessórios (modos de irradiação, aplicadores, filtros, etc.)	Funcionando
1	0	0	II.2.1.3. Interruptor de emergência	Funcionando

PO, protocolo oficial; I, internacional; N, nacional.

(continua na página 36)

Tabela 2 Teste de garantia de qualidade das unidades de aceleradores lineares. (continuação)

Protocolos			Testes	Tolerância
(2) PO	(3) N	(5) I		
1	0	1	II.2.1.4. Pulsadores de corte de carga elétrica (“no break”)	Funcionando
2	1	1	II.2.1.5. Verificação das posições dos colimadores de fótons, cone de elétrons e filtros	Coincidente com a indicação do fabricante
1	0	0	II.2.1.6. Campos permitidos para filtros	Funcionando
1	1	0	II.2.1.7. Verificação das travas	Funcionando
			II.2.2. Mecânicos	
2	3	5	II.2.2.1. Indicadores angulares do braço e colimador	1 grau (cada)
2	3	4	II.2.2.2. Escalômetro	2 mm limite de uso
2	2	1	II.2.2.3. Centro do retículo	2 mm de diâmetro
1	1	1	II.2.2.4. Simetria, paralelismo e ortogonalidade de campo luminoso	2 mm
1	1	4	II.2.2.5. Indicadores de tamanho de campo	2 mm
1	2	2	II.2.2.6. Isocentro mecânico	2 mm de diâmetro
2	2	4	II.2.2.7. Coincidência do campo de luz com o de radiação	2 mm (ou 1% em cada lado)
2	1	3	II.2.2.8. Posição dos filtros e bandeja	2 mm (ou 2% no f. de transmissão)
2	2	3	II.2.2.9. Travas dos filtros e bandeja	Funcionando
1	0	2	II.2.2.10. Posição dos cones (aplicados)	2 mm
1	0	1	II.2.2.11. Centro dos cones	2 mm
1	0	1	II.2.2.12. Verticalidade do eixo luminoso	2 mm
2	1	1	II.2.2.13. Intensidade do campo de luz	Funcionando
			II.2.3. Dosimétricos	
2	0	1	II.2.3.1. Constância do monitor secundário	2%
2	1	2	II.2.3.2. Constância de qualidade do feixe – fótons (PDP* _{20,10} ou RTP [§] _{20,10}) – PDP de elétrons (ou J1/J2) [†]	2% 2 mm (4%), região terapêutica
2	2	2	II.2.3.3. Constância de: planura: – fótons – elétrons	2% 3%
2	1	1	II.2.3.4. Simetria (fótons e elétrons)	3%
			II.3. Anual	
			II.3.1. Segurança	
2	0	1	II.3.1.1. Comprovação de todas as travas (segundo especificação do fabricante)	2 mm
			II.3.2. Mecânicos	
2	2	2	II.3.2.1. Isocentro de rotação do colimador, braço e maca	2 mm de diâmetro
2	2	1	II.3.2.2. Coincidência dos eixos do colimador, braço e maca com o isocentro	2 mm de diâmetro
2	2	1	II.3.2.3. Coincidência do isocentro mecânico com o de radiação	2 mm de diâmetro
			II.3.3. Dosimétricos	
1	0	2	II.3.3.1. Reprodutibilidade das doses de referência	1%
1	1	3	II.3.3.2. Constância dos fatores de campo	2%
2	1	2	II.3.3.3. Constância de parâmetros sobre o eixo do feixe (PDR, TAR [‡] , etc.)	2%
2	2	1	II.3.3.4. Constância de fatores fora do eixo do feixe (“off axis”)	2%
2	1	3	II.3.3.5. Constância dos fatores de transmissão de todos os acessórios (bandeja, etc.)	2%
2	0	1	II.3.3.6. Constância fator filtro	2%
2	1	1	II.3.3.7. Linearidade das respostas de câmaras, monitores (detectores)	1%
2	0	1	II.3.3.8. Dependência da dose de referência ou da taxa de dose	1%
2	2	2	II.3.3.9. Constância da dose de referência com a angulação do braço (fótons e elétrons)	2%
2	2	1	II.3.3.10. Constância dos fatores fora do eixo com a angulação do braço	2%
2	0	1	II.3.3.11. Modo rotacional	Funcionando
1	1	0	II.3.3.12. Constância do fator de referência para aplicação de elétrons	2%

PO, protocolo oficial; I, internacional; N, nacional. *Porcentagem de dose profunda. [§]Relação tecido-meio (“phantom”). [†]Para se verificar a constância do feixe de elétrons deve-se medir o quociente e ionizações (J1 e J2) em duas profundidades diferentes: J1 será a profundidade de máximo e J2 uma profundidade correspondente a aproximadamente 50% do valor máximo. As variações desse quociente (J1/J2) deve estar dentro de 4%. [‡]Razão tecido-ar.

Tabela 3 Teste de garantia de qualidade dos simuladores.

Protocolos	Testes	Tolerância
(2) PO	III.1. Diário	
	III.1.1. Segurança	
1	III.1.1.1. Interruptor de radiação do acesso à sala do simulador	Funcionando
1	III.1.1.2. Interruptor de emergência	Funcionando
	III.1.2. Mecânico	
1	III.1.2.1. Sistema anticolisão	Funcionando
1	III.1.2.2. Distância do indicador ("pointer")	2 mm
2	III.1.2.3. Lasers	2 mm
1	III.1.2.4. Escalômetro	2 mm a distância foco-superfície
1	III.1.2.5. Tamanho do campo (10 × 10 cm)	2 mm
1	III.1.2.6. Centro do retículo	2 mm de diâmetro
	III.2. Mensal	
	III.2.1. Mecânico	
2	III.2.1.1. Indicadores angulares do braço e colimadores	1 grau
2	III.2.1.2. Indicador de distância foco-isocentro	2 mm
1	III.2.1.3. Escalômetro	2 mm no limite de uso
2	III.2.1.4. Centro do retículo	2 mm de diâmetro
2	III.2.1.5. Indicadores do tamanho de campo	2 mm
1	III.2.1.6. Simetria, paralelismo e ortogonalidade de campo luminoso	2 mm
1	III.2.1.7. Isocentro mecânico ("pointer")	2 mm de diâmetro
1	III.2.1.8. Horizontalidade da maca	2 mm no limite de uso
1	III.2.1.9. Congruência entre o ponto focal e o eixo	2 mm
2	III.2.1.10. Qualidade da imagem fluoroscópica	Nível de referência
1	III.2.1.11. Sistema anticolisão	Funcionando
2	III.2.1.12. Coincidência do campo de luz e radiação	2 mm ou 1%
1	III.2.1.13. Indicador de distância foco-filme	3 mm
1	III.2.1.14. Verificação dos acessórios (bandeja, suporte, etc.)	2 mm
1	III.2.1.15. Verticalidade do eixo luminoso	2 mm
1	III.2.1.16. Sensitometria da processadora do filme	Nível de referência
1	III.2.1.17. Escalas da maca	2 mm e 1 grau
1	III.2.1.18. Intensidade do campo de luz	Funcionando
	III.3. Anual	
	III.3.1. Mecânicos	
1	III.3.1.1. Isocentro de rotação do colimador	2 mm de diâmetro
2	III.3.1.2. Isocentro de rotação do braço	2 mm de diâmetro
2	III.3.1.3. Isocentro de rotação da maca	2 mm de diâmetro
2	III.3.1.4. Coincidência dos eixos do colimador, braço, maca e isocentro	2 mm de diâmetro
2	III.3.1.5. Deslizamento vertical da maca	2 mm
2	III.3.1.6. Limite da maca	2 mm
	III.3.2. Radiográficos	
2	III.3.2.1. Taxa de exposição radiográfica	Nível de referência
2	III.3.2.2. Taxa de exposição (fluoroscópica)	Nível de referência
2	III.3.2.3. Calibração em kV e mA	Nível de referência
2	III.3.2.4. Resolução de alto nível e baixo contraste	Nível de referência

PO, protocolo oficial.

DISCUSSÃO

As análises a seguir foram desenvolvidas a partir dos tipos de testes apresentados pelos protocolos, para os equipamentos de teleterapia.

Unidade de cobalto-60

Analisando-se os tipos de testes provenientes dos protocolos oficiais para a unidade de cobalto, que são apresentados na Tabela 1, observou-se que dos 131 tipos

de testes citados, 33 aparecem somente no ARCAL XXX e oito somente no TG40, sendo que em ambos os protocolos coincidem 21 tipos de testes e outros 69 testes são apresentados somente pelas instituições consideradas.

Tabela 4 Intercomparação dos testes, dos protocolos oficiais, para a unidade de cobalto.

	TG40	ARCAL XXX		TG40 ARCAL XXX	
Diário	I.1.1.8 I.1.1.9	I.1.1.1 I.1.1.2 I.1.1.3 I.1.1.4 I.1.1.12	I.1.1.14 I.1.1.15 I.1.2.3 I.1.2.4	I.1.1.11 I.1.2.1 I.1.2.2	
Semanal				I.2.1.5	
Mensal	I.3.2.11 I.3.3.3	I.3.1.1 I.3.1.2 I.3.1.3 I.3.1.9 I.3.2.3 I.3.2.5 I.3.2.6 I.3.2.8	I.3.2.9 I.3.2.12 I.3.2.14 I.3.2.15 I.3.2.16 I.3.3.1 I.3.3.2	I.3.1.2 I.3.2.1 I.3.2.4 I.3.2.7 I.3.2.10 I.3.2.13	
Anual	I.4.2.6 I.4.2.8 I.4.3.2 I.4.3.18	I.4.1.1 I.4.1.2 I.4.1.3 I.4.2.7 I.4.3.3 I.4.3.4 I.4.3.7	I.4.3.9 I.4.3.12	I.4.2.1 I.4.2.2 I.4.2.3 I.4.2.4 I.4.2.5 I.4.3.1 I.4.3.5	
				I.4.3.6 I.4.3.8 I.4.3.10 I.4.3.11	

Tabela 5 Intercomparação dos testes, dos protocolos oficiais, para o acelerador linear.

	TG40	ARCAL XXX		TG40 ARCAL XXX	
Diário	II.1.1.3	II.1.1.1 II.1.1.2 II.1.1.4 II.1.1.6 II.1.1.7 II.1.1.8	II.1.1.9 II.1.1.10 II.1.1.11 II.1.2.3 II.1.2.4 II.1.2.5	II.1.1.5 II.1.2.1 II.1.2.2 II.1.3.1	
Mensal	II.2.1.3 II.2.1.7 II.2.2.6	II.2.1.1 II.2.1.2 II.2.1.4 II.2.1.6 II.2.2.4 II.2.2.5	II.2.2.10 II.2.2.11 II.2.2.12	II.2.1.5 II.2.2.1 II.2.2.2 II.2.2.3 II.2.2.7 II.2.2.8	
Anual	II.3.3.12	II.3.3.1 II.3.3.2		II.3.1.1 II.3.2.1 II.3.2.2 II.3.2.3 II.3.3.3 II.3.3.4 II.3.3.5	
				II.3.3.6 II.3.3.7 II.3.3.8 II.3.3.9 II.3.3.10 II.3.3.11	

Quanto à periodicidade de tipos de testes, pode-se considerar:

– *Diários*: dois são exclusivos do protocolo TG40, nove são exclusivos do ARCAL XXX, três são apresentados por ambos os protocolos e 16 são apresentados pelos protocolos dos serviços locais;

– *semanais*: não existe exclusividade para os testes semanais para os dois proto-

colos oficiais, apenas um é apresentado pelos dois protocolos e 20 são apresentados pelos protocolos dos serviços locais;

– *mensais*: dois são exclusivos do TG40, 15 são exclusivos do ARCAL XXX, seis são apresentados por ambos os protocolos e 18 são apresentados pelos protocolos dos serviços locais;

– *anuais*: quatro são exclusivos do TG-

40, nove são exclusivos do ARCAL XXX, 11 são apresentados pelos dois protocolos e 16 são apresentados pelos protocolos dos serviços locais.

A Tabela 1 é proveniente dos dois protocolos oficiais (PO) e também de três protocolos de instituições nacionais (N) e de um protocolo de instituição internacional (I). Nesta tabela, a primeira, segunda e terceira colunas apresentam o número dos tipos de testes apresentados para cada protocolo. Contam-se apenas 18 dos 131 testes que são considerados pela maioria dos protocolos.

A Tabela 4 apresenta quais são os testes exclusivos a cada um dos protocolos oficiais e quais são comuns a ambos os protocolos. A identificação dos testes é feita através dos números que os correlacionam com aqueles presentes na Tabela 1.

A Tabela 7 apresenta a intercomparação dos tipos de testes de todos os protocolos locais utilizados com relação aos oficiais, para a unidade de cobalto-60.

Acelerador linear

Da análise dos tipos de testes para o acelerador linear, sugeridos pelos dois protocolos oficiais (TG40 e ARCAL XXX) citados na Tabela 2, obteve-se que dos 57 tipos de testes apresentados 23 são exclusivos do ARCAL XXX, cinco são do TG40 e 29 coincidem em ambos os protocolos.

Quanto à periodicidade dos tipos de testes, pode-se considerar:

– *Diários*: um é exclusivo do TG40, 12 são exclusivos do ARCAL XXX e quatro são apresentados pelos dois protocolos;

– *mensais*: três são exclusivos do TG40, nove são do ARCAL XXX e 12 são apresentados por ambos os protocolos;

– *anuais*: um é exclusivo do TG40, dois são exclusivos do ARCAL XXX e 13 são apresentados pelos dois protocolos.

A Tabela 2 é proveniente dos dois protocolos oficiais (PO) e também de cinco protocolos de instituições internacionais (I) e de três protocolos de instituições nacionais (N). Nesta tabela, a primeira, segunda e terceira colunas apresentam o número dos tipos de testes apresentados em cada protocolo. Tem-se que 22 dos 57 testes são considerados pela maioria dos protocolos.

A Tabela 5 apresenta quais são os testes exclusivos a cada um dos protocolos

Tabela 6 Intercomparação dos tipos de testes, dos protocolos oficiais, para o simulador.

	TG40	ARCAL XXX		TG40 ARCAL XXX	
Diário	III.1.1.2	III.1.1.1 III.1.1.2 III.1.2.1	III.1.2.4 III.1.2.5 III.1.2.6	III.1.2.3	
Mensal	III.2.1.11 III.2.1.16	III.2.1.3 III.2.1.6 III.2.1.7 III.2.1.8 III.2.1.9	III.2.1.13 III.2.1.14 III.2.1.15 III.2.1.17 III.2.1.18	III.2.1.1 III.2.1.2 III.2.1.4 III.2.1.5 III.2.1.10	III.2.1.12
Anual	III.3.1.6			III.3.1.1 III.3.1.2 III.3.1.3 III.3.1.4 III.3.1.5	III.3.2.1 III.3.2.2 III.3.2.3 III.3.2.4

Tabela 7 Intercomparação dos tipos de testes para cobalto, de todos os protocolos locais utilizados com relação aos oficiais.

Protocolos	Nacionais			Internacionais
	N ₁	N ₂	N ₃	I ₁
TG40	0	1	1	1
ARCAL XXX	6	3	1	4
TG40-ARCAL XXX	5	12	5	8
Particular	3	12	26	33
Total	14	28	33	46

Tabela 8 Intercomparação dos tipos de testes para acelerador linear, de todos os protocolos utilizados com relação aos oficiais.

Protocolos	Nacionais			Internacionais				
	N ₁	N ₂	N ₃	I ₁	I ₂	I ₃	I ₄	I ₅
TG40	2	2	2	0	1	1	1	0
ARCAL XXX	7	9	3	22	9	7	9	3
TG40-ARCAL XXX	18	7	18	29	12	4	4	8
Total	27	18	23	51	22	12	14	11

oficiais e quais são os testes comuns a ambos os protocolos. A identificação dos testes é feita através dos números que estão correlacionados àqueles presentes na Tabela 2.

A Tabela 8 apresenta a intercomparação dos tipos de testes para o acelerador linear, de todos os protocolos locais utilizados com relação aos oficiais.

Simulador

Simuladores são designados para reproduzir as condições geométricas do equipamento utilizado no tratamento do paciente. Estes podem estar sujeitos às mesmas verificações mecânicas como as dos aceleradores. Em adição, deve ser verificada a qualidade da imagem do simulador, de

acordo com as normas estabelecidas para tal unidade radiológica.

Os protocolos internacionais (TG40 e ARCAL XXX) apresentam, para o simulador, uma frequência dos testes de CQ menor do que aquelas apresentadas para a unidade de cobalto-60 e acelerador linear. As instituições estudadas não recomendam tipos de testes para este equipamento, do que se infere que estas ou não fazem os testes ou não têm o equipamento.

Dos 36 tipos de testes sugeridos para o simulador, quatro são exclusivos do protocolo TG40, 16 do ARCAL XXX e ambos os protocolos coincidem em 16 tipos de testes.

Quanto à periodicidade dos tipos de testes, pode-se considerar:

– *Diários*: um teste é exclusivo do TG40, seis são do ARCAL XXX e um é apresentado por ambos os protocolos;

– *mensais*: dois são exclusivos do TG40, 10 são exclusivos do ARCAL XXX e seis testes são apresentados por ambos os protocolos;

– *anuais*: um teste é exclusivo do TG40, o ARCAL XXX não apresenta exclusividade e nove são apresentados por ambos os protocolos.

A Tabela 3 é proveniente de dois protocolos oficiais (PO). Nesta tabela, a primeira e a segunda colunas apresentam o número dos tipos de testes apresentados para cada protocolo.

A Tabela 6 apresenta quais são os testes exclusivos a cada um dos protocolos oficiais e quais são comuns a ambos os protocolos. A identificação dos testes é feita através dos números que estão correlacionados àqueles presentes na Tabela 3.

CONCLUSÕES

Protocolos oficiais

Das análises dos protocolos oficiais, observou-se que o ARCAL XXX é mais completo que o TG40, entretanto, este último apresenta 17 tipos de testes (oito para a unidade de cobalto-60, cinco para o acelerador linear e quatro para o simulador) que não aparecem no primeiro.

Os protocolos oficiais servem como base para confecção e/ou complementação dos protocolos locais quanto aos tipos de testes a serem realizados.

Instituições ou serviços locais

As instituições desenvolveram um CQ de acordo com a sua disponibilidade de instrumentação, de pessoal e de tempo. Em geral, elas têm seus protocolos mais concordantes com o ARCAL XXX, publicado recentemente, do que com o TG40.

Das análises dos protocolos dos vários serviços, notou-se a inexistência da parte referente aos tipos de testes para simuladores, o que pode ser explicado ou pela inexistência do simulador no serviço ou falta do CQ específico para esta máquina.

Controle de qualidade

Para se implementar um programa adequado de GQ, além dos recursos financeiri-

ros e uma administração eficiente, também é imprescindível ter um grupo adequadamente capacitado para se realizar a GQ do serviço como um todo.

O CQ permite a detecção e correção oportuna de erros no processo.

O CQ é um processo contínuo e sem término.

É necessário que todos os serviços de radioterapia implementem os testes de CQ básicos e indispensáveis para todos os seus equipamentos e que os demais testes sejam implementados de acordo com as suas necessidades e disponibilidades. Com esta preocupação, garante-se um tratamento adequado aos pacientes, além da segurança ao pessoal técnico envolvido

Dos resultados obtidos nesses estudos têm-se as Tabelas 1, 2 e 3, respectivamen-

te, para a unidade de cobalto-60, acelerador linear e simulador, que podem ser utilizadas como sugestões de protocolos de tipos de testes para os referidos equipamentos, na confecção e/ou complementação de um protocolo de um serviço.

Agradecimentos

À Capes, pelo suporte financeiro, e às instituições, por cederem suas informações.

REFERÊNCIAS

1. World Health Organization. Quality assurance in radiotherapy. Geneva: WHO, 1988.
2. Organización Panamericana de la Salud. Control de calidad en radioterapia, aspectos clínicos y físicos. Washington: OPAS, 1986.
3. Starkschall G, Horton J. Quality assurance in radiotherapy physics. Madison, Wisconsin: EDS, 1991.
4. American Association of Physicists in Medicine. Comprehensive QA for radiation oncology: re-

port of AAPM Radiation Therapy Committee Task Group 40. Med Phys 1994;21:581-618.

5. Aguirre JF, Laguardía AR, Brunetto AP, *et al.* Aspectos físicos de la garantía de calidad en radioterapia. Viena: Organismo Internacional de Energía Atómica Dentro de las Actividades del Programa Regional ARCAL XXX, 2000.
6. International Atomic Energy Agency. Absorbed dose determination in photon and electron beams. An international code of practice. Technical Report Series 277, 1st ed. Viena: IAEA, 1987.
7. International Atomic Energy Agency. Absorbed dose determination in photon and electron beams. An international code of practice. Technical Report Series 277, 2nd ed. Viena, IAEA, 1997.
8. International Commission on Radiation Units and Measurements. Determination of absorbed dose in a patient irradiated by beams of X or gamma rays in radiotherapy procedures. Washington, USA: ICRU 24, 1976.
9. American Association of Physicists in Medicine. AAPM code of practice for radioterapia accelerators: report of AAPM Radiation Therapy Committee Task Group 45. Med Phys 1994;21:1093-121.