

Agradecimentos

Agradecemos aos hospitais HC-FMUSP, ICESP, Sírio Libanês, Albert Einstein, Beneficência Portuguesa e IBCC, onde os autores puderam aplicar e desenvolver seus conhecimentos, gerando o conteúdo apresentado neste livro. Nossos agradecimentos às empresas Elekta, BrainLab, Varian e Tommaso Produtos e Serviços pelo apoio financeiro na realização desta empreitada.

OS AUTORES

Meus agradecimentos especiais a inúmeras pessoas que direta ou indiretamente participaram da realização deste projeto: família, amigos, colaboradores, diretores, médicos, físicos, residentes e pacientes. Sou grata à Denise Yanikian Nersissian e ao Anselmo Mancini pela revisão, pelas valiosas sugestões, assim como pelo fornecimento de imagens para o capítulo 5. Também agradeço ao Luis Fernando Mesquita pela revisão técnica de itens do capítulo 3 e ao Milton Galvani e à Claudia Furnari pelo apoio na edição das imagens e desenhos.

LAURA FURNARI

Muito obrigado à Laura pelo convite para escrever parte deste livro e por sua imensa paciência e gentileza. À minha esposa Barbara e ao meu filho Maximilian, por serem minha fonte inspiradora. À Mari Cruz Lizuain por me ensinar o valor do Controle da Qualidade em radioterapia.

CLEVERSON PERCEU LOPES

Sou imensamente grato à Laura pelo convite para participar desta publicação, assim como a todos aqueles que contribuíram para minha formação.

MARCOS VINÍCIUS N. NAKANDAKARI

Agradeço à Laura pelo convite, colaboração e compreensão, à minha esposa Nair pelo apoio, participação e incentivo na conclusão deste livro, a meus colegas de trabalho e aos residentes de física pelo auxílio no dia a dia.

EDILSON LOPES PELOSI

Agradeço à Empresa LET Ass. em Física das Radiações, na pessoa da física Gisela Menegussi, pelo privilégio de integrar sua equipe. À física Laura Furnari, que muito me ensinou sobre controle de qualidade em radioterapia; e me deu lições ainda mais valiosas: o amor à profissão, o compromisso, a dignidade e a alegria de viver. Agradeço também a todos os meus colegas de trabalho; há dez anos com eles, continuo apaixonado pela radioterapia.

MARCO ANTONIO DA SILVA

Minha gratidão à querida Laura pelo convite, pelas horas que passamos juntas discutindo os capítulos, pela amizade, pelas conversas.

GABRIELA REIS DOS SANTOS

Agradeço à Érika Yumi Watanabe pelas discussões e revisões do capítulo 11, e à Laura pelo convite.

CAMILA PESSOA DE SALES

Apresentação

Quando surgiu a ideia deste livro comentei o fato com minha irmã, Eva, autora de livros infantis e juvenis. Brincando, ela me perguntou se haveria bruxas e duendes na minha história, então demos boas risadas com a ideia.

À medida que o texto foi sendo escrito, eu pensava na escolha do título e aquela brincadeira ressurgia.

Agora que o livro está pronto, entendo que seu grande objetivo é realmente espantar bruxas e duendes malvados da radioterapia.

Queremos que os usuários deste ramo da ciência tenham um serviço sem mistérios, perigos, riscos e surpresas espantosas.

Assim, acredito que o nome da obra poderia ser “Espantando bruxas e duendes da radioterapia”, pena que a maioria das pessoas encararia o livro como uma brincadeira, e não como o livro sério que ele é.

LAURA FURNARI

Prefácio

Ser convidado para escrever um prefácio é uma honra. Escrever o prefácio de um livro concebido e organizado pela Laura, escrito por ela e outros amigos é uma alegria.

Atribui-se a Che Guevara a frase: *o conhecimento nos faz responsáveis*, e a Antoine de Saint-Exupéry: *cada um é o único responsável por todos*. Controle da Qualidade em radioterapia é uma questão de conhecimento e uma questão de responsabilidade. Escrever este prefácio também é uma grande responsabilidade.

Cada um é responsável por todos! Esse é o norte de qualquer sistema de segurança. Listas e listas de procedimentos jamais substituirão este princípio: cada um deve se sentir responsável pelos outros, por todos os outros. Além de se sentir responsável, deve sentir-se o único responsável.

A evolução da Física Médica da radioterapia tem sido constante desde os primeiros tratamentos, realizados há mais de 100 anos. A ampliação do uso do computador aumentou muito a velocidade de transformação da Física Médica da radioterapia. Essa revolução gerou uma quantidade enorme de novas informações, uma quantidade tão grande, que é difícil a cada um acompanhar a evolução tecnológica e manter seu nível de conhecimento compatível com a responsabilidade de seu serviço.

Algumas décadas atrás, o conceito de Controle da Qualidade era diferente do que é hoje. A preocupação principal era diminuir o risco de acidentes. Hoje está provado que o Controle da Qualidade é determinante não apenas para a segurança como também para a qualidade do tratamento e, conseqüentemente, para a cura dos pacientes e para a taxa e a qualidade da sobrevida.

Pequenos detalhes deixaram de ser detalhes. Desvios dos valores esperados passaram a ser mais rigorosos. A frequência dos controles aumentou, bem como a quantidade e os tipos de procedimentos. A cada novo acessório ou tecnologia incorporados aos equipamentos, novas listas de controles são criadas, novos riscos devem ser prevenidos, novos desafios precisam ser superados.

Aquilo que por muitos anos foi considerado como atividade paralela à atividade principal dos físicos passou a ocupar boa parte de seu tempo e de sua preocupação e hoje figura como um dos temas mais importantes da especialidade. Negligenciar o Controle da Qualidade é erro grosseiro, é aumento desnecessário de risco, é perda de qualidade de tratamento.

O Controle da Qualidade é parte da vida de cada paciente e deve ser tratado com a dignidade e preocupação com que se trata a Vida, com V maiúsculo.

Não se deve tratar o Controle da Qualidade como algo extra que se pode fazer

quando e se tivermos tempo. Controle da Qualidade é um fundamento. Sem ele, a preocupação com as outras atividades perde parte do significado. Controle da Qualidade não é algo acadêmico, é a nascente que vai alimentar todos os outros processos. Trabalhar em Física Médica da radioterapia sem Controle da Qualidade é dirigir muito bem um carro, mas na contramão.

Este livro é o que se pode chamar de um livro educador. A natural aridez das informações talvez esconda em parte o afeto e o carinho com que cada autor as imaginou e as transformou em algo organizado e útil. Mais do que o domínio das técnicas de um processo educacional, tenho certeza de que nesta obra há afeto pelo educando. O Controle da Qualidade, além dos conhecimentos e da responsabilidade, é uma questão de educação. A raiz da palavra educação é *ducere*, conduzir. *Ex ducere* é conduzir para fora, encaminhar para o mundo, levar para novas coisas. Aqui seremos conduzidos pelos autores aos conhecimentos e às responsabilidades próprias de uma atividade que influencia a vida de pessoas, as quais normalmente nem imaginam o que se passa nos bastidores de um serviço de radioterapia.

Diferentemente do que costumamos ver em competições, quando as vitórias são comemoradas com entusiasmo e explosões de alegria, nossas pequenas vitórias silenciosas trazem apenas o sentimento do dever cumprido, sem medalhas ou troféus. As discretas tarefas, um tanto quanto obscuras, do Controle da Qualidade podem parecer distantes da realidade dos tratamentos, mas os influenciam de maneira decisiva.

Este certamente não será um livro com milhões de cópias, nem sequer milhares de cópias. Talvez tenha apenas algumas centenas de cópias e algumas centenas de leitores. Apesar disso, indiretamente atingirá milhares de pessoas, talvez milhões.

Leitura obrigatória para físicos médicos da radioterapia, este livro não pode ser deixado de lado, empoeirando na prateleira. Não pode ser apenas um troféu a ser mostrado com a dedicatória dos autores. Deve ser aquele livro que aos poucos vai ficando feio, amassado, com algumas anotações nas páginas, com orelhas na capa. Livro usado, muito usado. Que o leitor não se preocupe com isso, mas orgulhe-se disso.

Escrever este livro foi um ato de desprendimento pessoal. Aos autores certamente foi difícil dispor de tempo para escrevê-lo, deixando de lado tantas outras atividades em suas vidas. Também deve ter sido difícil escrever com tanta clareza sobre tema tão importante e de difícil comunicação.

Termino com mais uma frase de Saint-Exupéry, imortalizada no livro *O Pequeno Príncipe*: *Tu te tornas eternamente responsável por aquilo que cativas*. Laura e demais autores: agora, mais ainda do que já eram antes, vocês são responsáveis por muita gente!

HOMERO LAVIERI MARTINS

Sumário

PREFÁCIO, 9

CAPÍTULO 1 – Programa de Garantia da Qualidade, 15

LAURA FURNARI

- 1.1 Objetivo e conteúdo do livro, 15
- 1.2 Um pouco de história, 17
- 1.3 Pilares de um PGQ, 19
- 1.4 Modernas técnicas de gestão da qualidade, 20

CAPÍTULO 2 – Erros, incertezas e sistemas de dosimetria, 22

LAURA FURNARI

- 2.1 Introdução, 22
- 2.2 Definições, 25
- 2.3 Acidentes em radioterapia, 27
- 2.4 Sistemas de dosimetria e seu CQ, 29
 - 2.4.1 Câmaras de ionização, 30
 - 2.4.2 Dosímetros termoluminescentes (TLD), 34
 - 2.4.3 Diodos, 36
 - 2.4.4 Tanques de varredura, 37
 - 2.4.5 Instrumentos de constância (IC), 37
 - 2.4.6 Dosímetro planar, 38
 - 2.4.7 Termômetros e barômetros, 38
 - 2.4.8 Filmes dosimétricos, 39
 - 2.4.9 Scanners, 39

CAPÍTULO 3 – Aceleradores lineares, 41

LAURA FURNARI

- 3.1 Princípio de funcionamento, 41
- 3.2 Necessidade e finalidade de cada teste, 42
- 3.3 Testes do acelerador, 43
 - 3.3.1 Testes de segurança, 43
 - 3.3.2 Testes mecânicos, 45
 - 3.3.3 Testes dosimétricos, 66

CAPÍTULO 4 – Aparelhos de cobalto, 84

LAURA FURNARI

- 4.1 Testes de segurança, 85
- 4.2 Testes mecânicos, 88
- 4.3 Testes dosimétricos, 99

CAPÍTULO 5 – Simuladores, 106

LAURA FURNARI

- 5.1 Imobilizadores, 108
- 5.2 Simulador convencional, 108
- 5.3 Simulador CT, 123

CAPÍTULO 6 – Acessórios e técnicas de alta tecnologia, 148

CLEVERSON PERCEU LOPES, com contribuição de MARCOS VINICIUS NAKANDAKARI

- 6.1 Colimador de múltiplas lâminas - MLC, 148
- 6.2 Sistemas para radioterapia guiada por imagem - IGRT, 168
 - 6.2.1 *Dispositivo eletrônico de imagem portal - EPID*, 168
 - 6.2.2 *Braços robóticos acoplados ao imager digital*, 179
 - 6.2.3 *Exactrac*, 195
- 6.3 Radioterapia de intensidade modulada em arco, 206

CAPÍTULO 7 – Braquiterapia, 212

EDILSON LOPES PELOSI

- 7.1 Introdução, 213
- 7.2 Unidade de tratamento de HDR, 213
- 7.3 Procedimentos de controle da qualidade dos equipamentos, 213
- 7.4 Equipamentos de carregamento remoto de HDR, 214
- 7.5 Equipamentos e/ou técnicas com fontes de LDR, 220
- 7.6 Recomendações para o controle da qualidade com implantes permanentes, 223

CAPÍTULO 8 – Radioterapia intraoperatória, 231

EDILSON LOPES PELOSI

- 8.1 Introdução, 231
- 8.2 Recursos, 232
- 8.3 Feixe de elétrons, 232
- 8.4 Medidas e testes a serem realizados, 233
- 8.5 Pré-requisitos, 235

CAPÍTULO 9 – Controle da qualidade de IMRT, 236

MARCO ANTONIO DA SILVA

- 9.1 Técnica de modulação de feixe, 236
- 9.2 Necessidade e finalidade do teste de IMRT, 237
- 9.3 Instrumentação, 237
- 9.4 Descrição do procedimento, 243

CAPÍTULO 10 – Sistema de planejamento computadorizado, 247

LAURA FURNARI E GABRIELA REIS DOS SANTOS

- 10.1 Testes de comissionamento, 248
 - 10.1.1 *Material necessário*, 249
 - 10.1.2 *Descrição anatômica*, 249
 - 10.1.3 *Descrição do feixe*, 258
 - 10.1.4 *Cálculo da dose e da unidade monitor*, 267
 - 10.1.5 *Sugestões finais e importantes*, 277
- 10.2 Tolerâncias e precisão, 278
- 10.3 Controle periódico da qualidade, 278
 - 10.3.1 *Processo de entrada de dados*, 279
 - 10.3.2 *Sistemas de visualização*, 280
 - 10.3.3 *Software*, 281
 - 10.3.4 *Dispositivos para confeccionar blocos*, 282

CAPÍTULO 11 – Sistema de gerenciamento e transferência de dados, 286

CAMILA PESSOA DE SALES

- 11.1 Testes de comissionamento, 287
- 11.2 Testes periódicos de controle da qualidade, 290

BIBLIOGRAFIA, 293

SIGLAS, 300

1.

PROGRAMA DE GARANTIA DA QUALIDADE

Laura Furnari

1.1 OBJETIVO E CONTEÚDO DO LIVRO

O conceito de qualidade é complexo por causa dos múltiplos aspectos e perspectivas envolvidos. A gestão da qualidade de um serviço de radioterapia envolve a administração de diversos aspectos, como recursos financeiros, recursos humanos, gerenciamento de erros, melhoria e garantia da qualidade. 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. Deve ser implantado na instituição como uma política de gestão da qualidade e, idealmente, deve ser iniciativa da direção.

O Controle da Qualidade faz parte, portanto, de um programa global da instituição no qual o serviço de radioterapia é um dos departamentos. Pode-se dizer que constitui numa série de operações técnicas cujo objetivo é assegurar o cumprimento dos requisitos de qualidade, tanto de máquinas como de processos*¹.

* A numeração das notas que segue refere-se à bibliografia geral citada, p. 293 e seguintes.

Assim, o objetivo deste livro é fornecer ferramentas para que os físicos que trabalham em radioterapia possam garantir um funcionamento adequado das máquinas e processos do serviço. A ideia é que funcione como um guia simples e claro, de como realizar o CQ para cada equipamento, dispositivo e processo. Não faz parte de seu objetivo, porém, abordar os aspectos globais de gestão da qualidade.

O físico responsável pelo CQ deve criar uma metodologia que lhe permita acompanhar a execução dos testes necessários no prazo correto. O uso de planilhas é uma boa forma de realizar esse controle. Estão disponíveis planilhas para registro dos testes realizados em todos os processos (mais detalhes na contracapa).

A decisão de quais testes devem ser realizados, e sua frequência, é responsabilidade do físico. Este deve estabelecer, para cada procedimento, os tipos de testes a serem realizados, tanto no comissionamento como na rotina, periodicidade e o responsável pela sua execução. Sua escolha depende de diversos fatores como o tipo de máquinas disponíveis, seu desempenho, quais dispositivos utiliza, o número e as características dos equipamentos de controle, os acessórios, os tratamentos aplicados e os recursos usados no serviço. Depende também da aptidão e do número de pessoas que vão executar os testes.

Este livro inicia com um capítulo sobre os aspectos gerais do CQ em radioterapia, contando um pouco da história da radioterapia no Brasil e apresentando alguns dados sobre acidentes em radioterapia e tenta mostrar sua vinculação com a falta de CQ. Ainda nesse capítulo fala-se sobre o volume de trabalho que o CQ implica e sobre os aspectos importantes que o tornam eficiente e eficaz. O capítulo 2 descreve resumidamente os conceitos básicos sobre a teoria de erros e que cuidados devem ser adotados com os sistemas de dosimetria. O capítulo 3 aborda os aceleradores lineares, dividindo os testes em segurança, mecânicos e dosimétricos. Usando essa mesma abordagem, o capítulo 4 apresenta os testes a serem feitos num aparelho de cobalto. O capítulo 5 apresenta o CQ de um simulador, descrevendo inicialmente o controle de um simulador convencional e depois o de um simulador com tomografia computadorizada (simulador CT). O capítulo 6 abrange o CQ do colimador de múltiplas lâminas (MLC), dos sistemas para radioterapia guiada por imagem (IGRT), o dispositivo eletrônico de imagem portal (EPID), os braços robóticos acoplados ao *imager* digital, o ExacTrac®, e o dispositivo de radioterapia de intensidade modulada em arco, VMAT. A descrição de como fazer o CQ de um sistema de braquiterapia está no capítulo 7. Em seguida, no capítulo 8, está a descrição dos testes que devem ser feitos num sistema de radioterapia intraoperatória. A verificação dos tratamentos com IMRT encontra-se no capítulo 9. O capítulo 10 descreve os testes de comissionamento

e os periódicos a serem feitos num sistema de planejamento. E, finalmente, no capítulo 11 estão os requisitos do controle dos sistemas de comunicação, entre os sistemas de planejamento e as máquinas de tratamento.

A teoria apresentada em cada capítulo é uma descrição sucinta do dispositivo ou processo, pois nosso objetivo foi criar um livro essencialmente prático que ensinasse como realizar este aspecto da radioterapia que muitas vezes não é adequadamente valorizado – o Controle da Qualidade.

1.2 UM POUCO DE HISTÓRIA

O uso das radiações com fim terapêutico começou muito antes do que se imagina. Já em 1900 percebeu-se que a radiação destruía tecidos e que podia ser usada para tratamento de lesões, quaisquer que fossem — pelo menos era assim que se pensava na época. Isso significa que mesmo conhecendo muito pouco sobre os efeitos da radiação, ela era empregada empiricamente de forma inconsequente.

É possível imaginar quanta radiação os pacientes tomavam, já que, em alguns locais, as sessões de terapia eram feitas conjuntamente, ou seja, diversos pacientes sentados numa sala, um ao lado do outro, cada um segurando uma fonte de rádio sobre sua lesão por um tempo definido, de forma totalmente empírica e grosseira.

Essas experiências de tentativa e erro devem ter tido alguns resultados desastrosos que alertaram os médicos sobre o risco da nova técnica.

Na radioterapia, grande parte dos conhecimentos sobre a dose eficaz para cada tipo de tumor e sobre a eficácia dos tratamentos é resultado experimental obtido através de tentativas, porém com metodologia científica: as mudanças introduzidas são progressivas, baseadas em resultados de pesquisas em radiobiologia e com a comparação dos resultados obtidos na utilização de diferentes protocolos (*trials*) de tratamento.

Inicialmente os equipamentos de radioterapia utilizavam fontes de rádio, e quando foram substituídas por fontes de cézio-137 e de cobalto-60, foi possível usar fontes de maior atividade e tamanho menor. Foi um grande avanço, pois uma maior atividade específica da fonte possibilitou aumentar a distância entre o equipamento e o paciente, além de ser bem mais conveniente não ter de trabalhar com fontes de rádio.

Do ponto de vista tecnológico, o avanço seguinte veio com a construção dos aceleradores lineares, que permitiram a utilização terapêutica de feixes de fótons e de elétrons com energias de ordem de megaeletronvolts.

Atualmente a vanguarda está no desenvolvimento de sistemas que permitem um acompanhamento mais preciso e em tempo real do tratamento do paciente; isso possibilita levar em conta o movimento dos órgãos durante o tratamento. O desenvolvimento de máquinas que utilizam prótons e partículas pesadas também é um novo avanço nas técnicas de tratamento.

A criação de sistemas de planejamento computadorizado foi um passo marcante. De início os sistemas faziam exatamente a mesma coisa que o cálculo manual, só que mais rapidamente, ou seja, a determinação das curvas de isodose no plano central da região de tratamento. Com a ampliação da memória dos computadores, o aumento da velocidade de processamento dos dados e a evolução dos algoritmos de cálculo, tornou-se possível determinar a distribuição de dose em todos os pontos dos volumes tratados. A evolução tecnológica em computação permitiu a aquisição, diretamente dos aparelhos de diagnóstico, de imagens tridimensionais com a visualização das estruturas a serem tratadas e a fusão de imagens oriundas de diferentes métodos complementares de diagnóstico: ressonância magnética (RM), tomografia computadorizada (CT), cintilografia, ultrassom (US), PET, SPECT, PET-SCAN.

As evoluções seguintes foram o uso da técnica estereotática para localização de lesões pequenas com grande precisão, e da técnica de intensidade modulada em que é possível fazer modulação da intensidade do feixe de radiação em virtude dos sistemas de controle do formato dos feixes de forma automática e computadorizada, através de colimadores multifolhas.

Também foram criados sistemas de verificação do posicionamento, não só do paciente, mas da região em tratamento, prévios e concomitantes ao tratamento, IGRT, usando fótons, tanto com energia de diagnóstico como com alta energia do próprio acelerador. Esses sistemas permitem a localização controlada e precisa do paciente, fundamental para os planejamentos que empregam menores margens para a região irradiada.

Tudo isso levou à possibilidade de liberar altas doses de forma precisa e controlada, numa região muito bem definida, o que esbarrou com um novo problema: o movimento involuntário das estruturas do paciente. Foram então desenvolvidos métodos que permitem acompanhar o movimento dos órgãos e liberar a radiação quando praticamente somente o alvo é atingido pela radiação. Essa técnica possibilita a redução das margens da região irradiada, permitindo um escalonamento da dose e melhorando os resultados dos tratamentos.

A última palavra em avanço tecnológico são as máquinas que irradiam o paciente com partículas pesadas, prótons e nêutrons. Um feixe de prótons tem

como característica básica um estreito pico do Bragg (região de maior depósito da energia) estreito, ou seja, é possível depositar energia numa região profunda do paciente com baixa deposição ao longo do percurso da radiação.

A evolução tecnológica permite atualmente fazer procedimentos em que ocorre movimento simultâneo do *gantry* e das lâminas de um colimador com a da modulação da dose.

Aparentemente tudo se tornou mais fácil, já que existem tantos sistemas automáticos para fazer o trabalho dos físicos. Mas esse é um ledo engano porque continua sendo necessário garantir que os cálculos sejam feitos corretamente, que os pacientes sejam posicionados com precisão, que o desempenho das máquinas de terapia e dos sistemas automatizados de controle seja exato. E tudo isso exige grande dedicação e um trabalho sistemático a fim de que pequenos descuidos não ponham a perder a precisão que se imagina estar utilizando.

1.3 PILARES DE UM PGQ

Um aspecto importante, para o físico, é o desenvolvimento de uma atitude de questionamento e de aprendizagem, com a adoção de medidas preventivas de acidentes para redução de suas consequências. Os quatro pilares de um PGQ bem estruturado são: educação, verificação, documentação e comunicação².

1.3.1 EDUCAÇÃO

Muitas vezes as exposições acidentais são causadas pela pouca atenção nos detalhes, ainda que o pessoal seja bem qualificado e treinado. Como exemplo pode-se citar um ambiente de trabalho propenso a distrações. Muitas vezes os acidentes ocorrem por causa do conhecimento precário sobre a forma de funcionamento dos dispositivos, principalmente na utilização dos *softwares*. É necessário que todos os profissionais envolvidos recebam treinamento adequado toda vez que forem adquiridos novos equipamentos ou toda vez que for feito o *upgrade* daqueles existentes. Além disso, são necessários treinamentos contínuos de reciclagem para profissionais de todos os níveis. Essas reciclagens devem ser formais, por meio de cursos, *workshops*, mesas-redondas, discussões, aulas etc.

O acompanhamento e observação do conhecimento dos membros da equipe são fundamentais para observar em que pontos há falhas e deficiências, a fim de saná-las.

1.3.2 VERIFICAÇÃO

Avalia-se que grande parte dos acidentes ocorram por falta de uma verificação independentemente da dose para todos os planejamentos. Esse procedimento pode ser feito manualmente, através de um segundo sistema de cálculo ou através de medidas dosimétricas. Ele é imprescindível para evitar erros que levam a acidentes graves.

1.3.3 DOCUMENTAÇÃO

É fundamental que o serviço tenha uma documentação clara e completa sobre o funcionamento correto dos dispositivos, os protocolos do serviço, as limitações dos *softwares* e as obrigações e responsabilidades dos membros da equipe.

É importante também ter registro de todos os procedimentos, planejamentos, prescrições, tratamentos empregados, controles, incidentes e acidentes.

Essa documentação é vital para que o serviço não dependa da presença de certos indivíduos especificamente, mas possa funcionar corretamente quando uma pessoa for substituída por outra. É preciso que o conhecimento esteja documentado e arquivado adequadamente, e não que seja propriedade de uns poucos indivíduos.

1.3.4 COMUNICAÇÃO

É comum que exposições acidentais ocorram quando existem lacunas e ambiguidades nas funções do pessoal ao longo das linhas de autoridade e de responsabilidade, o que origina falhas de comunicação. Essas falhas também podem ocorrer quando as instruções são dadas oralmente. É imprescindível que existam procedimentos estabelecidos de transferências de instruções através de meios eletrônicos, impressos ou *softwares* que não permitam erros.

1.4 MODERNAS TÉCNICAS DE GESTÃO DA QUALIDADE

Atualmente está se iniciando, na radioterapia, o emprego de ferramentas de gestão da qualidade originárias de indústria e da aviação. Podemos citar brevemente algumas delas:

ROOT CAUSE ANALYSIS (RAC, ANÁLISE DE CAUSAS E RAÍZES)

Para desenvolver diagramas de causa e efeito e estabelecer o mapeamento das causas de um acidente ou incidente já ocorrido e definir as ações preventivas.

ROOT TREE ANALYSIS (TRA, ÁRVORE DE ANÁLISE DAS RAÍZES)

Ferramenta semelhante à anterior que faz o caminho inverso na detecção, do evento para a causa.

INCIDENTE LEARNING SYSTEM (ILS, SISTEMA DE APRENDIZAGEM POR INCIDENTE)

Permite encontrar as ações a serem realizadas para evitar sua repetição, considera o incidente como um fato que obrigatoriamente gera aprendizado.

FAILURE MODES AND EFFECT ANALYSIS (FMEA, ANÁLISE DO TIPO E EFEITO DA FALHA)

Avalia prospectivamente a possibilidade de ocorrência de um incidente atribuindo-lhe um Número de Prioridade de Risco (RPN), que leva em conta a probabilidade de sua ocorrência, o grau de sua severidade e a probabilidade de não ser detectado. Esse número permite identificar os processos que apresentam maior risco e priorizar ações em relação a eles.¹

Esta é, no momento, a nova fronteira e o desafio na garantia da qualidade na radioterapia.