

# Rede Nacional Colaborativa de Auditoria Externa em Radioterapia: Proposta e análise do perfil profissional no Brasil

## National Collaborative Network for External Auditing in Radiotherapy: Proposal and analysis of the professional profile in Brazil

Layra Souza de Oliveira<sup>1</sup>, Rogério Matias V. da Silva<sup>2</sup>, Carla Lemos da S. Mota<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil

<sup>2</sup>Instituto do Câncer do Ceará, Fortaleza, Brasil

<sup>3</sup>Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil

### Resumo

A auditoria externa em radioterapia é uma exigência normativa no Brasil, estabelecida pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), e constitui uma ferramenta essencial para garantir a qualidade, a segurança e a conformidade dos serviços oncológicos. Este estudo tem como objetivo propor a criação de uma Rede Nacional Colaborativa de Auditoria Externa em Radioterapia, fundamentada na análise do perfil, das competências e do interesse de físicos médicos especialistas atuantes no país em participar da Rede tanto na realização quanto no recebimento de auditorias externas. Trata-se de uma pesquisa quantitativa, aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa (Protocolo nº 86634625.7.0000.5259), conduzida por meio de questionários aplicados a físicos médicos de radioterapia em todas as regiões do Brasil. Os resultados mostraram que 73 profissionais demonstraram interesse em integrar a Rede, sendo que 82% atendem aos critérios da CNEN para realização de auditorias externas. Além disso, 80% relataram experiência com tecnologias avançadas e 67% utilizam o SEVRRRA como principal ferramenta de análise de risco. Inspirado em experiências internacionais, como o *National Repository of Radiotherapy Plans*, este modelo colaborativo representa um avanço estratégico para a prática da física médica no Brasil. Os achados confirmam a viabilidade técnica e operacional da Rede, cuja implementação poderá contribuir diretamente para a qualidade regulatória e assistencial da radioterapia no país.

**Palavras-chave:** Auditoria Externa; Radioterapia; Física Médica; Pesquisa Aplicada; Brasil; Banco de Dados.

### Abstract

*External auditing in radiotherapy is a regulatory requirement in Brazil, established by the National Nuclear Energy Commission (CNEN), and represents an essential tool to ensure the quality, safety, and compliance of oncology services. This study aims to propose the creation of a National Collaborative Network for External Auditing in Radiotherapy, based on the analysis of the profile, competencies, and interest of certified medical physicists in participating in the Network both as auditors and as recipients of external audits. This quantitative research, approved by the Research Ethics Committee (Protocol No. 86634625.7.0000.5259), was conducted through questionnaires applied to medical physicists working in radiotherapy in all regions of Brazil. The results showed that 73 professionals expressed interest in joining the Network, of which 82% meet the CNEN criteria for conducting external audits. Additionally, 80% reported experience with advanced technologies, and 67% use SEVRRRA as their primary risk analysis tool. Inspired by international initiatives such as the National Repository of Radiotherapy Plans, this collaborative model represents a strategic advancement for the practice of medical physics in Brazil. The findings confirm the technical and operational feasibility of the Network, whose implementation may directly enhance the regulatory and care quality of radiotherapy in the country.*

**Keywords:** External Audit; Radiotherapy; Medical Physics; Applied Research; Brazil; Data Collection.

### 1. Introdução

A qualidade e a segurança dos tratamentos de radioterapia são temas centrais nas discussões nacionais e internacionais, diretamente relacionados à eficácia terapêutica, à proteção dos pacientes e à integridade dos processos clínicos. As publicações da Resolução NN CNEN 6.10 (1) e do Guia para Elaboração de Relatórios de Auditoria Externa e Independente em Instalações de Radioterapia (2) representam um importante marco regulatório para a radioterapia brasileira, ao refletirem a adoção de práticas internacionais consolidadas e ao estabelecerem a obrigatoriedade da realização bienal de auditorias externas em todas as instalações do país.

Embora internacionalmente reconhecida como ferramenta essencial para a melhoria contínua da qualidade (3–5), a auditoria externa no Brasil enfrenta desafios significativos, como a escassez de profissionais qualificados, a desigualdade regional na distribuição desses especialistas e os altos custos do processo (6). A concentração na prestação de serviços de auditoria limita o acesso, sobretudo em instituições públicas e filantrópicas, que enfrentam restrições financeiras. O Censo de Radioterapia do Ministério da Saúde revelou que 75% dos serviços do SUS ainda utilizam a técnica bidimensional (2D) e que 34% dos aceleradores lineares em uso encontram-se obsoletos. O estudo também demonstrou que os equipamentos e os profissionais qualificados estão concentrados em poucas regiões

do país, evidenciando a desigualdade na distribuição dos recursos de radioterapia no Brasil (7).

Além da dificuldade em viabilizar a própria auditoria externa, muitos serviços de radioterapia, especialmente os públicos e filantrópicos, enfrentam obstáculos para implementar as melhorias recomendadas pelos processos de avaliação, como a atualização tecnológica, a adequação da infraestrutura e a capacitação contínua das equipes profissionais. Sem uma abordagem mais sustentável e colaborativa para a execução das auditorias externas, esses processos correm o risco de se tornarem apenas uma exigência burocrática, sem produzir impactos reais sobre a segurança dos pacientes e a qualidade do atendimento.

Paralelamente, experiências internacionais reforçam a eficácia de modelos baseados em redes colaborativas, bancos de dados federados e compartilhamento seguro de informações clínicas e operacionais, voltados tanto à pesquisa quanto à melhoria de processos (8). Por exemplo, Luczynski *et al.* (9) descreveram uma infraestrutura *open source* para compartilhamento de dados clínicos e de tratamento anonimizados entre múltiplos centros de radioterapia, enquanto Collaborators (10) propuseram uma estratégia para criação de bancos de dados federados e conjuntos públicos de dados anonimizados, com ênfase em interoperabilidade, padronização e governança da informação. Essas iniciativas demonstram que a adoção de infraestruturas multicêntricas, anonimizadas e interoperáveis amplia o alcance das pesquisas, otimiza recursos, reduz custos e fortalece a governança e a segurança dos dados (9–10).

De forma semelhante, o National Repository of Radiotherapy Plans, desenvolvido na Dinamarca, ilustra como a construção de um repositório nacional de planos de tratamento contribui para a garantia da qualidade, o desenvolvimento profissional e a padronização dos serviços de radioterapia (11). O programa QUATRO da IAEA exemplifica um modelo colaborativo internacional aplicado especificamente à auditoria externa em radioterapia, baseado em avaliações presenciais com foco educativo e consultivo (12). Essas experiências reforçam a aplicabilidade de propostas colaborativas para a melhoria contínua da qualidade e segurança na radioterapia, servindo como referência metodológica para a realidade brasileira.

Este artigo apresenta os resultados de uma pesquisa realizada com físicos médicos especialistas de todas as regiões do Brasil, cujo objetivo foi mapear o perfil profissional, as competências, a distribuição geográfica e o interesse desses profissionais em integrar uma Rede Nacional Colaborativa de Auditoria Externa em Radioterapia.

Com base nesses dados, propõe-se a criação da Rede, alinhada às melhores práticas internacionais e adaptada às necessidades do cenário brasileiro. A iniciativa busca atender às exigências regulatórias e, ao mesmo tempo, promover a equidade no acesso, a sustentabilidade dos processos e a melhoria contínua dos serviços. O modelo operacional proposto tem

potencial para articular profissionais de diferentes regiões, visando organizar um banco de dados nacional, otimizar recursos, favorecer o compartilhamento de conhecimento e fortalecer a cultura de segurança e qualidade nos serviços de radioterapia.

## 2. Materiais e Métodos

### 2.1. Desenho do Estudo

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, de natureza quantitativa, descritiva e exploratória, com abordagem do tipo *survey*. Teve como objetivo identificar o perfil profissional, as competências técnicas e o interesse de físicos médicos especialistas em radioterapia no Brasil em participar da Rede Nacional Colaborativa de Auditoria Externa, tanto na realização quanto no recebimento de auditorias, bem como avaliar a viabilidade de implementação dessa Rede voltada à qualificação e padronização dos serviços de radioterapia no país.

### 2.2. População e Amostra

Em dezembro de 2023, foram identificados, por meio do portal da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), 535 físicos médicos especialistas em radioterapia registrados no Brasil. No entanto, esse número corresponde à totalidade de títulos de especialista emitidos, não refletindo necessariamente o contingente de profissionais efetivamente em atividade, uma vez que parte desses registros pode incluir indivíduos aposentados, falecidos, desligados da área ou atuando em outros segmentos da Física Médica.

Com o objetivo de estimar de forma mais realista o universo de profissionais em exercício ativo, os autores cruzaram informações de diferentes fontes, considerando três critérios de elegibilidade: 1. Atividade profissional comprovada, entendida como atuação atual em serviços de radioterapia; 2. Acessibilidade, isto é, possibilidade de contato direto com o profissional por meios eletrônicos; e 3. Alcance digital, representado pela presença em redes profissionais e grupos técnicos de discussão sobre radioterapia, especialmente o grupo nacional de Físicos Médicos da Radioterapia na plataforma Telegram, que, à época, contava com mais de 450 membros ativos, predominantemente especialistas atuantes.

A partir desse cruzamento, definiu-se uma amostra potencial de 430 físicos médicos como público-alvo da pesquisa. Dentre esses, 90 profissionais participaram efetivamente do estudo, respondendo voluntariamente ao questionário eletrônico.

A metodologia de estimativa e seleção da amostra foi desenvolvida pelos próprios autores, considerando a inexistência, até o momento, de um cadastro nacional atualizado e público que contemple exclusivamente os físicos médicos em atividade na radioterapia. Tal abordagem é compatível com estudos de levantamento que empregam amostragem não probabilística por conveniência e autoseleção, amplamente descrita na literatura para

populações profissionais dispersas e de difícil acesso geográfico (13-15). Essa estratégia permitiu representar de forma fidedigna o cenário atual da categoria no país, dentro das limitações de disponibilidade e alcance digital dos profissionais.

### 2.3. Procedimentos de Coleta de Dados

Diante da vasta extensão territorial do Brasil e da necessidade de obtenção ágil e abrangente dos dados, a coleta foi realizada de forma remota, utilizando a plataforma online QuestionPro® (16). Os dados aqui apresentados são do período de dezembro de 2023 a dezembro de 2024, coletados por meio de links disponibilizados aos participantes via correio eletrônico, aplicativos de mensagens instantâneas e redes sociais, incluindo grupos de físicos médicos em plataforma como Telegram.

### 2.4. Instrumentos de Pesquisa

Foram desenvolvidos dois questionários online complementares, elaborados pelos autores com base nos objetivos específicos do estudo. A utilização de dois instrumentos, em vez de um único, teve por finalidade diferenciar a coleta de dados gerais da coleta de informações técnicas especializadas, otimizando o processo de análise e evitando questionários excessivamente extensos.

O primeiro questionário foi aplicado a todos os participantes e abordou aspectos de caracterização profissional, localização geográfica, experiência na área, familiaridade com auditorias externas e interesse em participar da Rede Nacional Colaborativa.

O segundo questionário foi direcionado exclusivamente aos físicos médicos que manifestaram interesse em integrar a Rede, com o objetivo de aprofundar a análise das competências técnicas relacionadas à auditoria externa. Esse instrumento contemplou temas como parâmetros físicos e dosimétricos dos equipamentos, critérios de segurança, aspectos mecânicos e elétricos, auditoria de processos, gestão da qualidade, práticas em braquiterapia, avaliação de riscos e cultura de segurança aplicada à radioterapia.

Ambos os questionários foram submetidos a um teste piloto prévio, realizado com um grupo reduzido de físicos médicos, a fim de verificar clareza, coerência e aplicabilidade das questões. Como o estudo possui caráter descritivo e exploratório, não foram aplicados testes adicionais de confiabilidade estatística, além da validação do piloto.

### 2.5. Acesso aos Instrumentos

Os questionários utilizados neste estudo permanecem ativos e disponíveis para consulta pública e para adesão de novos interessados, visando a continuidade da construção e expansão do banco de dados para a Rede. Os links ativos dos questionários foram movidos para o Material Suplementar (Anexo A).

### 2.6. Questões Éticas e legais

O presente estudo integra o desenvolvimento de uma dissertação de mestrado profissional conduzida na Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) e envolveu a aplicação de questionário a participantes humanos. A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP/UERJ), sob o Protocolo nº 86634625.7.0000.5259, alinhada às diretrizes da Resolução nº 466/2012, da Resolução nº 510/2016 do CNS e à Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD - Lei nº 13.709/2018). Todos os participantes foram esclarecidos sobre os objetivos do estudo e consentiram livremente, garantindo-se o anonimato e a confidencialidade dos dados. O trabalho foi estruturado como pesquisa aplicada, de natureza técnica e operacional, visando mapear o perfil de físicos médicos especialistas em radioterapia no Brasil e propor a criação de uma Rede Nacional Colaborativa de Auditoria Externa, alinhada às melhores práticas internacionais e adaptada ao contexto nacional.

### 3. Resultados

Dos 535 físicos médicos especialistas em radioterapia no Brasil em dezembro de 2023, 430 profissionais foram considerados elegíveis para a pesquisa, com base na atuação ativa em serviços clínicos e disponibilidade para contato. Destes, 90 responderam ao questionário 1, correspondendo a 21% da amostra elegível, com representantes de todas as regiões do país: Sudeste (39%), Nordeste (34%), Sul (14%), Centro-Oeste (7%) e Norte (6%).

Entre os respondentes, 73 físicos (81,1% da amostra válida) manifestaram interesse em participar da Rede Nacional Colaborativa de Auditoria Externa em Radioterapia, voltada à realização e ao recebimento de auditorias externas. Foram incluídos na amostra os profissionais que possuíam registro ativo junto à CNEN ou exerciam atividades de físico médico com a especialidade, e que concordaram em participar voluntariamente da pesquisa.

A Figura 1 apresenta um gráfico do número de físicos médicos que sustentam a viabilidade técnica da proposta e demonstram que há um corpo profissional qualificado e disposto a participar da Rede, nas 5 regiões do país. A elegibilidade dos participantes para compor a Rede foi avaliada segundo os critérios estabelecidos pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) para a atuação de físicos médicos auditores externos em radioterapia, conforme disposto na Resolução CNEN NN 6.10/2024 e no Guia para Elaboração de Relatórios de Auditoria Externa e Independente em Instalações de Radioterapia.

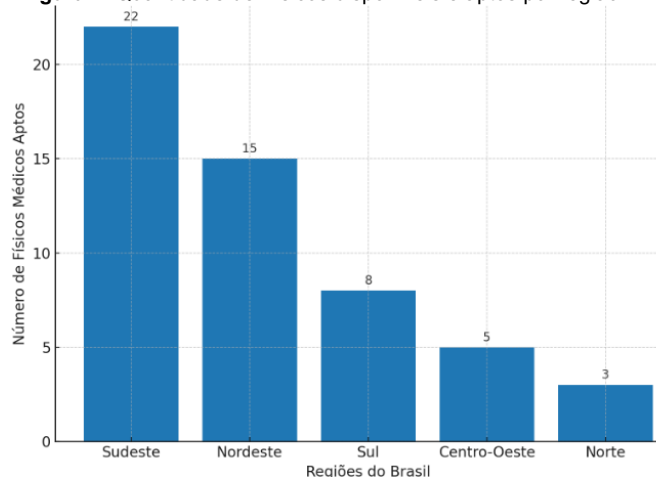
Os critérios considerados na pesquisa incluíram:

1. Ser Físico ou Físico Médico com especialização em Radioterapia reconhecida;
2. Experiência profissional mínima de cinco anos na área de radioterapia, conforme exigência do Guia de Auditoria;
3. Vínculo atual com serviço de radioterapia ou

atuação comprovada em atividades correlatas (como controle de qualidade e planejamento de tratamento); 4. Domínio técnico de dosimetria, radioproteção e controle de qualidade de equipamentos de radioterapia.

Com base nesses parâmetros, cada respondente foi classificado quanto à aptidão para integrar a Rede, sendo considerados aptos aqueles que atenderam cumulativamente aos critérios 1 e 2, e inaptos ou parcialmente aptos aqueles que não cumpriam integralmente esses requisitos, mas são potenciais para futuro.

**Figura 1.** Quantidade de Físicos disponíveis e aptos por região.



Na Tabela 1, apresenta-se a distribuição dos profissionais com experiência nas diferentes técnicas e tecnologias de radioterapia, com base nos dados coletados entre dezembro de 2023 e março de 2024. A menção a 2024 refere-se ao ano de referência da análise, que inclui todas as respostas obtidas no período.

**Tabela 1.** Quantidade de Físicos experientes em técnicas de radioterapia por região do Brasil em 2024.

Região Brasileira	Totalidade	2D	3DCRT	IMRT
Sudeste	36	31	35	33
Nordeste	30	28	29	26
Norte	5	5	5	5
Centro-Oeste	6	5	6	6
Sul	13	12	13	13

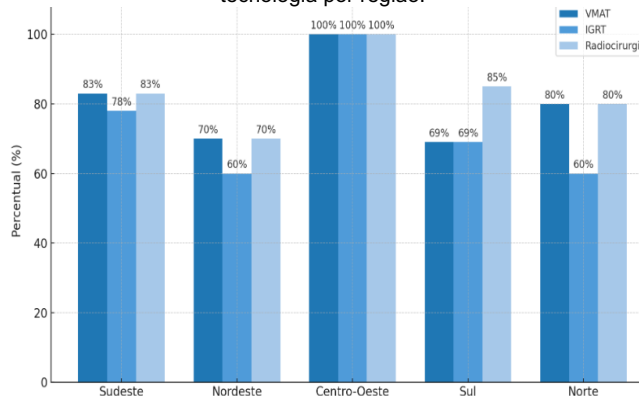
Fonte: O Autor (2026).

Conforme apresentado na Figura 2, observa-se a distribuição dos físicos que atuam com técnicas de radioterapia consideradas de alta tecnologia, como IMRT, VMAT, IGRT e radiocirurgia, nas diferentes regiões do Brasil. Embora existam variações no número de profissionais por região, o nível de experiência entre aqueles que utilizam essas técnicas se mantém relativamente semelhante, sugerindo uma qualificação técnica comparável entre os profissionais das distintas localidades, ainda que as regiões Norte e Centro-Oeste apresentem amostras numericamente menores.

Para fins deste estudo, foram consideradas tecnologias de alta complexidade aquelas associadas às modalidades IMRT, VMAT e radiocirurgia. Observa-se que, apesar das pequenas variações regionais, a Região Nordeste apresentou a menor proporção de profissionais com experiência nessas técnicas, correspondendo a aproximadamente 70% dos respondentes, em comparação a índices superiores nas demais regiões.

Do ponto de vista quantitativo, nota-se uma maior concentração desses profissionais nas regiões Sudeste e Nordeste, que juntas representam cerca de 75% dos entrevistados. De forma geral, aproximadamente 80% dos participantes relataram possuir experiência com tecnologias de alta complexidade, cuja distribuição regional das modalidades IGRT, VMAT e radiocirurgia é apresentada na Figura 2.

**Figura 2.** Distribuição percentual das experiências com alta tecnologia por região.



Apesar de a cobaltoterapia atualmente ter presença limitada nos serviços de radioterapia em virtude da substituição gradual por aceleradores lineares, 53% dos participantes declararam experiência em telecobaltoterapia.

A Tabela 2 apresenta a distribuição da experiência profissional dos físicos médicos com diferentes tipos de máquinas de teleterapia em operação no país, conforme declarado pelos próprios participantes no questionário.

É importante destacar que os dados não representam o número total de equipamentos existentes no Brasil, mas sim o número de profissionais que possuem experiência prática com cada tecnologia. Dessa forma, um mesmo físico pode ter experiência em mais de uma técnica.

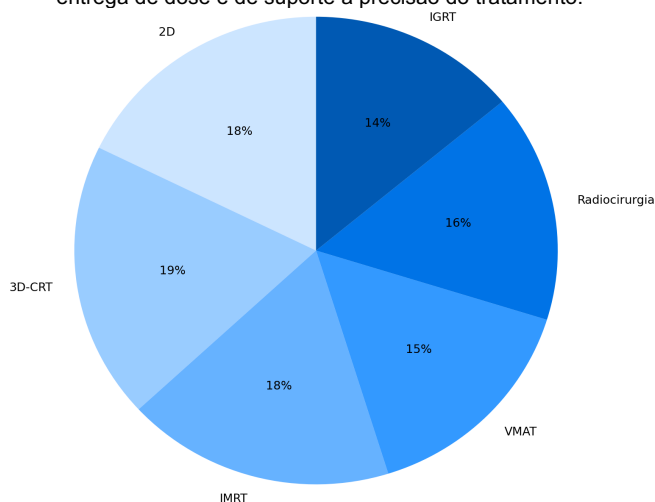
Os resultados indicam que a maioria dos entrevistados (95%) possui experiência com aceleradores lineares dotados de colimadores multilâminas (MLC). A região Sudeste concentra o maior número de profissionais com experiência nesse tipo de equipamento, refletindo também a maior densidade de serviços e tecnologias de radioterapia na região.

**Tabela 2.** Distribuição da quantidade de físicos por máquina de teleterapia por região e distribuição percentual.

Região Brasileira	Cobalto	LINAC sem MLC	LINAC com MLC	LINAC FFF Tomoterapia
Centro-Oeste	4	5	6	6
Nordeste	12	27	27	15
Norte	5	5	5	2
Sudeste	17	29	35	22
Sul	9	11	12	7
Total	47(53%)	77(86%)	85(95%)	52(58%)

Fonte: O Autor (2026).

A Figura 3 apresenta a distribuição percentual das diferentes modalidades utilizadas nos serviços de radioterapia, de acordo com a experiência relatada pelos físicos médicos participantes. Dentre elas, incluem-se recursos tecnológicos de apoio, como a radioterapia guiada por imagem (IGRT), empregada na verificação precisa do posicionamento do paciente antes e durante a aplicação do feixe terapêutico. Cada valor representa a participação relativa de cada técnica em relação ao total mencionado pelos participantes.

**Figura 3.** Distribuição percentual das técnicas de radioterapia declaradas pelos participantes, abrangendo modalidades de entrega de dose e de suporte à precisão do tratamento.

Foi verificado que 82 profissionais relataram experiência com braquiterapia, o que corresponde a 91% dos respondentes. A Tabela 3 apresenta a distribuição regional de experiência profissional em braquiterapia, considerando as principais técnicas utilizadas no Brasil. O percentual foi calculado em relação ao número de respondentes de cada região.

Nenhum dos entrevistados declarou desconhecer a realização dos testes de segurança para Acelerador Linear na rotina de auditoria de acordo com os parâmetros exigidos pela CNEN. Entretanto, 9,7% dos entrevistados, relatou dificuldades com os parâmetros mecânicos e elétricos dos equipamentos especialmente em testes como alinhamento da mesa (horizontalidade e verticalidade), centro do reticulado em aplicador-cone para elétrons e tamanho de campo em aplicador-cone de referência para elétrons.

**Tabela 3.** Distribuição da experiência profissional por região em braquiterapia.

Região	2D (n/%)	3D (n/%)	LDR (n/%)	HDR (n/%)	Totalidade (n/%)
Sudeste (31)	30 (97%)	16 (52%)	8 (26%)	30 (97%)	31 (38%)
Nordeste (28)	23 (82%)	10 (36%)	2 (7%)	26 (93%)	28 (34%)
Centro-Oeste (6)	5 (83%)	4 (67%)	2 (33%)	6 (100%)	6 (7%)
Sul (12)	12 (100%)	10 (83%)	6 (50%)	12 (100%)	12 (15%)
Norte (5)	4 (80%)	3 (60%)	2 (40%)	5 (100%)	5 (6%)
Total (82)	74 (90%)	43 (52%)	20 (24%)	79 (96%)	82 (100%)

Fonte: O Autor (2026).

Os dados também mostram que 33,3% dos físicos médicos não relataram dificuldades com nenhuma das abordagens para testes físicos e dosimétricos. Entre os testes específicos que os profissionais declararam não saber realizar estão: Dose de 200, 400 e 800 cGy no isocentro (Curva de 100% e 50%) no Gammaknife; Dose na profundidade de referência para um campo retangular em equipamentos de Cobalto e Dose para um campo Y invertido feito com MLC.

Quanto aos parâmetros relacionados à Braquiterapia, os dados revelaram que 83,3% dos físicos não relataram possuir dificuldade em nenhuma das abordagens para os testes de controle da qualidade exigidos para auditoria dentro dos critérios exigidos pela CNEN.

Nesta pesquisa, observou-se que aproximadamente 67% dos físicos médicos adotam o SEVRA como ferramenta de análise de risco. Verificou-se que 12% dos profissionais declararam não utilizar qualquer ferramenta para essa finalidade, indicando que uma parcela ainda realiza o processo manualmente ou deixa de executá-lo, o que pode comprometer a padronização e a eficiência das atividades.

O banco de dados com o perfil dos participantes da Rede Nacional Colaborativa de Auditoria Externa em Radioterapia, incluindo região de atuação, tecnologias dominadas e interesse declarado, está disponível como Material Suplementar (Anexo A).

## 4. Discussão

### 4.1. Interesse e Distribuição Geográfica

A proposta da Rede Nacional Colaborativa de Auditoria Externa em Radioterapia foi analisada a partir das respostas de 90 físicos médicos de diferentes regiões do país. Embora esse número represente cerca de 17% do total de profissionais registrados no Brasil (RT2030, 2022) e aproximadamente 21% do público-alvo estimado para este estudo (conforme descrito na Seção 2.2), essa taxa de participação demonstra um interesse significativo dentro do grupo que efetivamente teve acesso ao questionário, considerando as limitações logísticas e de comunicação envolvidas na coleta de dados em nível nacional.

Ressalta-se que a pesquisa foi de caráter voluntário e autodeclarado, e não teve como objetivo estimar a taxa de adesão da categoria profissional em termos

absolutos, mas sim caracterizar o perfil e as percepções daqueles que manifestaram disposição para integrar uma rede colaborativa de auditoria externa. Assim, a interpretação de “interesse” deve ser compreendida dentro desse contexto, evitando extrapolações para todo o universo de físicos médicos atuantes.

Os resultados indicam que 71% dos respondentes já analisaram relatórios de auditoria externa e 28% declararam ter elaborado esses documentos, evidenciando que uma parcela expressiva possui experiência prática e familiaridade com atividades de auditoria. Esses dados reforçam o potencial técnico dos participantes em contribuir para a consolidação da rede proposta, ainda que a amostra não represente a totalidade dos profissionais brasileiros.

Embora o levantamento tenha buscado abrangência nacional, seis estados não apresentaram participantes, sendo cinco da região Norte, o que reflete a desigualdade histórica no acesso a serviços de radioterapia. Essa ausência pode estar relacionada à limitada presença de centros em operação nessas áreas, em Roraima, por exemplo, não há nenhuma instalação ativa (RT2030, 2022).

A Figura 1 ilustra essa distribuição, indicando que a região Norte conta com três físicos disponíveis e aptos a compor a rede, enquanto o Sudeste apresenta vinte e dois. À primeira vista, esses números absolutos sugerem uma menor participação do Norte; entretanto, ao considerar o número total de profissionais atuantes por região, observa-se que o percentual relativo de adesão pode ser proporcionalmente mais alto nas regiões com menor contingente de físicos médicos. Essa análise proporcional oferece uma visão mais equilibrada e acurada sobre o engajamento regional, destacando o potencial colaborativo mesmo em contextos de menor infraestrutura.

Tais resultados reforçam a necessidade de um modelo de auditoria flexível, descentralizado e adaptado à realidade brasileira, capaz de integrar instituições de diferentes portes e níveis de recursos. Um formato colaborativo permitiria que regiões com menor capacidade instalada recebessem apoio técnico estruturado, promovendo maior equidade na qualidade e segurança dos serviços de radioterapia em âmbito nacional.

#### 4.2. Experiência e Qualificação dos profissionais

Os dados coletados indicam que a maioria dos respondentes possui experiência consolidada com técnicas como 2D, 3D-CRT, IMRT e VMAT, além de se considerar apta a realizar auditorias conforme os critérios da CNEN. Percentuais expressivos reforçam esse domínio: 97% relataram experiência com 3D-CRT, 91% com IMRT, 78% com VMAT e 80% com radiocirurgia. Ademais, 67% afirmaram executar testes dosimétricos, o que evidencia a viabilidade técnica para atuação nas atividades propostas pela Rede.

Embora se trate de autodeclaração, os resultados revelam um contingente capacitado e disposto a

contribuir com auditorias externas independentes. Contudo, ao se comparar o número de profissionais aptos e interessados com a demanda nacional, observa-se que a quantidade atual ainda é insuficiente. O RT2030 (2022) aponta cerca de 130 serviços de radioterapia em operação no país e prevê crescimento superior a 30% até 2030, sobretudo em regiões carentes como Norte e Nordeste. Assim, os profissionais disponíveis, concentrados nas regiões Sudeste e Sul, não seriam suficientes para cobrir todas as auditorias externas de forma descentralizada.

Nesse contexto, a criação de uma Rede Nacional Colaborativa torna-se estratégica, permitindo otimizar recursos humanos existentes, promover capacitação contínua e ampliar o engajamento de novos físicos médicos. Para mitigar o déficit identificado, recomenda-se:

1. Fomentar a adesão voluntária por meio de parcerias com sociedades científicas e instituições hospitalares;
2. Empregar recursos digitais, estabelecendo uma plataforma online como ambiente oficial para colaboração, suporte técnico e condução das auditorias, de modo a ampliar o alcance nacional e otimizar os custos operacionais.

A ampla qualificação técnica observada reforça a viabilidade de uma rede colaborativa inter-regional. Os resultados demonstram maior concentração de profissionais capacitados nas regiões Sudeste (22) e Nordeste (18), que podem atuar como núcleos de apoio técnico para áreas com menor número de especialistas, como o Norte e o Centro-Oeste.

A ampla qualificação técnica observada entre os respondentes reforça a viabilidade de uma rede colaborativa sustentada digitalmente. Os resultados demonstram maior concentração de profissionais capacitados nas regiões Sudeste (22) e Nordeste (18), o que evidencia o potencial da plataforma para equilibrar a oferta de especialistas e viabilizar auditorias em regiões com menor disponibilidade de profissionais.

#### 4.3. Fundamentos Internacionais e Estratégias de Banco de Dados

Vale destacar que tanto o relatório RT2030 (6) quanto o *Censo de Radioterapia do Ministério da Saúde* (7) apontaram, à época de suas publicações, uma distribuição desigual de profissionais capacitados, especialmente nas regiões Norte e Nordeste, onde havia menor disponibilidade de expertise em tecnologias avançadas de radioterapia. Embora os dados obtidos neste estudo indiquem uma presença mais equilibrada de profissionais com experiência em técnicas como IMRT, VMAT, radiocirurgia e IGRT em todas as regiões do país, é importante ressaltar que os métodos, períodos de coleta e amostras utilizados nos estudos anteriores não são diretamente comparáveis aos adotados nesta pesquisa. Assim, as diferenças observadas devem ser interpretadas com cautela, refletindo uma

tendência indicativa de avanço na qualificação técnica regional, e não uma comparação estatisticamente validada. Ainda assim, a análise reforça o potencial de fortalecimento da Rede Colaborativa, ao evidenciar a existência de capacidade técnica instalada em todo o território nacional, favorecendo uma atuação mais descentralizada e alinhada às exigências regulatórias atuais.

A proposta da Rede brasileira está em consonância com iniciativas internacionais bem-sucedidas. Diversos estudos discutem estratégias de interoperabilidade, infraestruturas federadas e plataformas seguras de dados clínicos, fundamentais para auditorias multicêntricas e pesquisa colaborativa (17–19). Em países como Estados Unidos e membros da União Europeia, tais estratégias foram aplicadas com sucesso por meio da adoção de sistemas federados que integram dados provenientes de diferentes instituições, mantendo a autonomia local e a segurança da informação.

Entre os pontos positivos observados nessas experiências, destacam-se o fortalecimento da cooperação interinstitucional, a ampliação da base de dados disponível para pesquisa e o aumento da confiabilidade dos resultados de auditoria.

Ao analisar a aplicabilidade ao contexto brasileiro, alguns aspectos dessas experiências estrangeiras apresentam alto potencial de sucesso, especialmente a criação de infraestrutura que preserve a autonomia das instituições e favoreçam o compartilhamento seguro de informações.

#### 4.4. Urgência Regulatória e Sustentabilidade

Com a obrigatoriedade imposta pela CNEN para que todas as 296 instalações de radioterapia no Brasil realizem auditorias externas até novembro de 2025, cresce a necessidade de soluções escaláveis, acessíveis e sustentáveis. Atualmente esse serviço é majoritariamente prestado por um número reduzido de empresas privadas, com custos elevados, o que representa um desafio especialmente para instituições públicas e filantrópicas, que operam com orçamentos restritos.

Essa exigência regulatória impõe um dilema frequente: cumprir a auditoria formalmente, mas sem recursos suficientes para implementar as melhorias recomendadas nos relatórios. Muitas vezes, são apontadas necessidades de atualização tecnológica, correções ou substituições de equipamentos que, por falta de verba, não podem ser executadas. Com isso, corre-se o risco de que a auditoria se torne apenas um procedimento meramente burocrático, sem efeito prático na qualidade e na segurança dos tratamentos oferecidos à população.

Diante desse cenário, torna-se essencial a adoção de modelos alternativos, que viabilizem não apenas a realização da auditoria, mas também a implementação efetiva das ações corretivas indicadas. Desse modo, a auditoria passaria a ser compreendida não apenas como uma etapa de verificação, mas como um instrumento estratégico

voltado à melhoria contínua da qualidade da assistência oncológica.

A proposta da Rede Nacional Colaborativa oferece uma alternativa viável aos desafios atualmente observados nos processos de auditoria em radioterapia no Brasil, os quais ainda apresentam limitações quanto à transparência e à padronização das metodologias adotadas. Ao reunir profissionais em um banco de dados técnico, categorizado e georreferenciado, a Rede amplia a rastreabilidade das auditorias realizadas e promove maior visibilidade sobre a execução e os resultados dos processos, fortalecendo a transparência institucional e a confiança entre auditor

es e auditados. Além disso, o modelo colaborativo favorece a racionalização de recursos, amplia a capilaridade regional e simplifica a logística, contribuindo para o cumprimento dos prazos legais e para o aprimoramento contínuo da qualidade assistencial. Assim, a superação dos desafios operacionais, logísticos e institucionais é condição essencial para que a auditoria externa atue como um instrumento efetivo de qualificação da assistência oncológica, e não apenas como uma exigência normativa no contexto da radioterapia brasileira.

#### 4.5. Limitações, Aderência e Caminho Futuro

Apesar da ampla adesão à proposta da Rede Colaborativa, uma parte dos profissionais consultados manifestou desinteresse ou indisponibilidade para participar. Entre os principais motivos relatados estão: falta de tempo, indisponibilidade para viagens, insegurança quanto à própria qualificação técnica e receio de conflito de interesse. A falta de tempo e a indisponibilidade para viagens podem ser contornadas com auditorias remotas ou híbridas e planejamento prévio das agendas. A insegurança técnica reforça a necessidade de treinamento e certificação de auditores, aumentando a confiança e a adesão. Já o receio de conflito de interesse sugere a implementação de protocolos claros e transparentes, garantindo imparcialidade e ética.

Essas medidas transformam a Rede em um vetor de desenvolvimento profissional, promovendo capacitação contínua, fortalecimento das competências técnicas e valorização da auditoria externa. A formação de auditores qualificados contribui para a melhoria do setor e estimula a cultura de avaliação e aperfeiçoamento contínuo.

Embora existam diversos estudos internacionais sobre auditorias em radioterapia, o Brasil ainda carecia de um levantamento específico sobre físicos médicos com interesse e capacidade técnica para atuar na área, bem como de uma estrutura nacional organizada para auditorias externas. A presente pesquisa preenche essa lacuna, oferecendo dados inéditos sobre a realidade brasileira e apresentando uma proposta conceitual para a criação de uma rede colaborativa de auditorias externas.

Estudos reforçam a importância de modelos colaborativos de auditoria, não apenas para a padronização da qualidade dos serviços, mas

também como instrumento de formação profissional e intercâmbio técnico entre centros (4-5)(18). Essas evidências sustentam que auditorias entre pares contribuem para elevar o nível de conformidade, segurança e eficácia da radioterapia, princípios que também fundamentam a proposta desta Rede.

#### 4.6. Implementação da Rede Colaborativa

A arquitetura da Rede proposta contempla um banco de dados nacional, com categorização por estado, tipo de técnica, experiência declarada e interesse em participar de auditorias. O modelo permite a identificação rápida e regionalizada de profissionais aptos, facilitando a logística e reduzindo custos operacionais. O banco de dados completo com as informações detalhadas da Rede está disponível como material suplementar.

Esse sistema também serve como referência para instituições de saúde que desejem se adequar à normativa da CNEN, podendo ser utilizado como instrumento de consulta técnica, formação de parcerias e organização de auditorias independentes e colaborativas.

#### 4.7. Implicações práticas

A Rede Nacional Colaborativa adota a mesma lógica de modelos disruptivos, como o Uber, a maior empresa de transporte sem possuir veículos próprios e o Airbnb, a maior rede de hospedagem sem possuir hotéis. Da mesma forma, a Rede não terá auditores contratados em seu quadro, mas será capaz de conectar profissionais habilitados e instituições que necessitam de auditorias, garantindo acesso descentralizado, eficiente e sustentável ao serviço.

Sua implementação pode ser estruturada em etapas progressivas:

1. Consolidação do banco de dados nacional.
2. Definição de critérios de credenciamento de auditores.
3. Criação de uma plataforma digital, em formato de site interativo, que permita cadastro, busca e acesso às auditorias e auditores.
4. Divulgação nacional, com apoio de instituições como a ABFM, a CNEN ou universidades.

Esse modelo reforça o caráter prático e aplicado da proposta, oferecendo uma solução inovadora para atender à obrigatoriedade regulatória. Com potencial para tornar o acesso a auditores mais simples, ágil e acessível, reduzindo barreiras que hoje dificultam esse processo.

## 5. Conclusões

Entre os 90 físicos médicos que responderam ao questionário, 73 (81% da amostra válida) demonstraram interesse em participar da Rede Nacional Colaborativa de Auditoria Externa, indicando engajamento significativo da categoria na qualificação dos serviços de radioterapia. Essa colaboração foi suficiente para formação de um banco de dados inicial para a proposta da Rede Nacional Colaborativa de Auditoria Externa. O banco

de dados inclui profissionais tecnicamente qualificados e dispostos a atuar como auditores, utilizando a auditoria como ferramenta de aprendizado e aprimoramento profissional.

A análise evidenciou uma distribuição desigual dos serviços e profissionais entre as regiões, além de confirmar que a maioria atua em apenas uma instalação, favorecendo a independência necessária para auditorias externas. O estudo também identificou o nível de conhecimento da classe sobre a obrigatoriedade imposta pela CNEN.

A proposta de criação da rede se mostra viável, estratégica e alinhada às experiências internacionais de sucesso. Sua implementação permitirá a otimização de recursos, padronização dos processos, ampliação da cobertura geográfica e maior aderência regulatória.

## Anexo A – Material Suplementar

1. Questionário 1 – Disponível em: <https://layrafisicamedica.questionpro.com/a/TakeSurvey?tt=p4PT%2BXKaNEECHrPelW9eQ%3D%3D>
2. Questionário 2 – Disponível em: <https://layrafisicamedica.questionpro.com/a/TakeSurvey?tt=kOxcKYiDiEUECHrPelW9eQ%3D%3D>
3. Banco de Dados da Rede Colaborativa

O banco de dados encontra-se sob responsabilidade da autora principal e poderá ser disponibilizado mediante solicitação por e-mail ([layra.fisica.medica@gmail.com](mailto:layra.fisica.medica@gmail.com)).

Para preservar confidencialidade, os nomes dos profissionais foram substituídos por códigos numéricos de estudo. Caso surja interesse em contatar diretamente algum participante, o profissional será previamente consultado e após sua concordância as informações de contato poderão ser compartilhadas.

## Informações adicionais:

O banco de dados reúne informações detalhadas sobre o perfil e as experiências profissionais dos físicos médicos distribuídos por região do Brasil, incluindo áreas de atuação, modalidades tecnológicas dominadas e interesse em participar de auditorias externas. Trata-se de um recurso potencialmente valioso para instituições e gestores que desejam implementar ou fortalecer auditorias em seus serviços de radioterapia, uma vez que possibilita identificar possíveis competências regionais.

## Referências

1. Comissão Nacional de Energia Nuclear (BR). Norma CNEN NN 6.10: requisitos de segurança e proteção radiológica para serviços de radioterapia [Internet]. Rio de Janeiro: CNEN; 2014 [citado 2025 jun 5]. Disponível em: <https://www.gov.br/cnen/pt-br/aceso-rapido/normas/grupo-6/grupo6-nrm610.pdf>
2. Comissão Nacional de Energia Nuclear (BR). Guia para elaboração de relatório de auditoria externa e independente em instalações de radioterapia. Versão 1.0 [Internet]. Rio de Janeiro: CNEN; 2023 [citado 2025 jun 5]. Disponível em: <https://appasp2019.cnen.gov.br/seguranca/orientacoes/image/s/cnen/documentos/drs/orientacoes/Guia-para-elaboracao-de-Relatorio-de-Auditoria-Externa-e-independente-em-Instalacoes-de-Radioterapia.pdf>
3. International Atomic Energy Agency. Comprehensive audits of radiotherapy practices: a tool for quality improvement [Internet]. Vienna: IAEA; 2022 [citado 2025 jun 25]. (Human Health

- Series, n. 34). Disponível em: <https://www.iaea.org/publications/14754/comprehensive-audits-of-radiotherapy-practices-a-tool-for-quality-improvement>
4. Clark CH, Aird EG, Bolton S, Miles EA, Nisbet A, Snaith JA, et al. Radiotherapy dosimetry audit: three decades of improving standards and accuracy in UK clinical practice and trials. *Br J Radiol.* 2015;88(1055):20150251. doi:10.1259/bjr.20150251
  5. Eaton DJ, Bolton S, Thomas RAS, Clark CH. Inter-departmental dosimetry audits: development of methods and lessons learned. *Phys Med.* 2015;31(7):699-705. doi:10.1016/j.ejimp.2015.06.014
  6. Sociedade Brasileira de Radioterapia; Fundação Dom Cabral. Plano de desenvolvimento da radioterapia para a próxima década (RT-2030) [Internet]. São Paulo: SBRT; 2022 [citado 2025 jun 25]. Disponível em: [https://sbradioterapia.com.br/wp-content/uploads/2021/08/Relatorio\\_Projeto\\_RT2030.pdf](https://sbradioterapia.com.br/wp-content/uploads/2021/08/Relatorio_Projeto_RT2030.pdf)
  7. Ministério da Saúde (BR). Censo radioterapia 2018: análise da situação da radioterapia no Brasil [Internet]. Brasília (DF): Ministério da Saúde; 2019 [citado 2025 jun 25]. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/per-sus/arquivos/censo-de-radioterapia.pdf>
  8. Izweska J, et al. A national repository of complete radiotherapy plans: design, results, and experiences. *Radiat Oncol.* 2018;13(1):153. doi:10.1186/s13014-018-1097-4
  9. Luczynski K, et al. International data-sharing for radiotherapy research: an open-source based infrastructure for multicentric clinical data mining. *Radiother Oncol.* 2013;109(3):389-95. doi:10.1016/j.radonc.2013.08.012
  10. Collaborators. Creating a data exchange strategy for radiotherapy research: towards federated databases and anonymised public datasets. *Radiother Oncol.* 2014;111(2):241-8. doi:10.1016/j.radonc.2014.06.011
  11. Krogh SL, Bertelsen A, Petersen JB. A national repository of complete radiotherapy plans: design, results, and experiences. *Acta Oncol.* 2020;59(12):1428-34. doi:10.1080/0284186X.2020.1802953
  12. International Atomic Energy Agency. QUATRO (Quality Assurance Team for Radiation Oncology) [Internet]. Vienna: IAEA; [citado 2025 jun 25]. Disponível em: <https://www.iaea.org/services/review-missions/quatro>
  13. Gil AC. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 7ª ed. São Paulo: Atlas; 2019
  14. Creswell JW. *Research design: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. 5th ed. Thousand Oaks (CA): Sage Publications; 2014
  15. Hair JF, Page M, Brunsveld N. *Essentials of business research methods*. 5th ed. New York: Routledge; 2021
  16. QuestionPro Inc. *QuestionPro: online survey software*. Seattle (WA): QuestionPro Inc.; 2024. Disponível em: <https://www.questionpro.com>
  17. Montero A, Gómez F, Pérez D, Ruiz J, Ortega M, Salas D, et al. Federated infrastructures for radiotherapy data sharing: challenges and solutions. *Radiother Oncol.* 2023;182:109-17. doi:10.1016/j.radonc.2023.04.006
  18. Vallés M, Sánchez V, Morales C, Pardo J, Rodríguez J, Pérez F, et al. Secure and interoperable clinical data platforms: development of a multicentric framework for radiotherapy audit. *Phys Med.* 2021;89:230-7. doi:10.1016/j.ejimp.2021.08.004
  19. Kron T, Lehmann J, Greer PB. Dosimetry audits in radiotherapy: a global perspective. *Radiother Oncol.* 2014;112(1):140-4. doi:10.1016/j.radonc.2014.04.003

**Contato:**

Layra Souza de Oliveira  
 Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)  
 Rua São Francisco Xavier, 524 – Maracanã  
 Rio de Janeiro – RJ, Brasil  
 CEP: 20550-900  
 E-mail: layra.fisica.medica@gmail.com