**INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES**
Mestrado Profissional em Tecnologia das Radiações em Ciências da Saúde

# Comunicação em medicina nuclear: uma abordagem educacional aos cuidados pós-tratamento com iodo-131

**Versão original**

**NATALIA MORENO LIMA**

**Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Mestre Profissional em Tecnologia das Radiações em Ciências da Saúde na Área de Concentração Processos de Radiação na Saúde**

**Orientador:**

**Prof. Dr. Carlos Alberto Zeituni**

**São Paulo**

**2025**

**INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES**
Mestrado Profissional em Tecnologia das Radiações em Ciências da Saúde

# Comunicação em medicina nuclear: uma abordagem educacional aos cuidados pós-tratamento com iodo-131

**Versão original**

**NATALIA MORENO LIMA**

**Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Mestre Profissional em Tecnologia das Radiações em Ciências da Saúde na Área de Concentração Processos de Radiação na Saúde**

**Orientador:**

**Prof. Dr. Carlos Alberto Zeituni**

**São Paulo**

**2025**

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

Autor: Natalia Moreno Lima

Título:**Comunicação em medicina nuclear: uma abordagem educacional aos cuidados pós-tratamento com iodo-131**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Mestre Profissional em Tecnologia das Radiações em Ciências da Saúde na Área de Concentração: Processos de Radiação na Saúde.

**Data: 12/08/2025**

**Banca Examinadora**

Prof. Dr.: Bruna Teiga Rodrigues

Instituição: UNESP _____Julgamento: Aprovada

Prof. Dr.: Marco Antonio Rodrigues Fernandes

Instituição: UNESP_____Julgamento: Aprovada

Prof. Dr.: Carlos Alberto Zeituni

Instituição: IPEN_____Julgamento: Aprovada

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Como citar:

LIMA, N.M d. ***Comunicação em medicina nuclear: uma abordagem educacional aos cuidados pós-tratamento com iodo-131***. 2025. 57f. Dissertação (Mestrado Profissional em Tecnologia das Radiações em Ciências da Saúde), http://repositorio.ipen.br/ (data de consulta no formato: dd/mm/aaaa)

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de geração automática da Biblioteca IPEN, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Lima, Natalia Moreno
Comunicação em medicina nuclear: uma abordagem educacional aos cuidados pós-tratamento com iodo-131 / Natalia Moreno Lima. Orientador Carlos Alberto Zeituni. São Paulo, 2025.

52 p.

Dissertação (Mestrado Profissional) - Programa de Pós-Graduação em Tecnologia das Radiações em Ciências da Saúde (Processos de Radiação na Saúde) -- Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. Universidade de São Paulo.

1. iodo131. 2.teranóstico. 3. radioproteção. 4.medicina nuclear.
I. Carlos Alberto Zeituni, orient. II. [Título do projeto].

## Agradecimentos

Agradeço ao universo, ao cosmo e a todas as energias que, de alguma forma, se alinharam e colaboraram para que esta trajetória fosse possível. Expresso minha imensa gratidão à minha família, em especial à minha irmã Gabrielli Moreno e à minha mãe Rosana Moreno, por sempre me incentivarem e apoiarem na realização dos meus sonhos.

Agradeço profundamente ao meu orientador, Professor Carlos Alberto Zeituni, por toda dedicação, paciência, colaboração e, principalmente, por acreditar em meu potencial, oferecendo-me forças para alcançar este momento. Minha sincera gratidão também à Professora Dra. Carla Daurich, por todos os conselhos valiosos, e ao IPEN, por me proporcionar a oportunidade de viver essa experiência.

Minha mais sincera gratidão ao Ipen – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, uma instituição tão valorosa! Agradeço profundamente aos professores, à secretaria e a todos os envolvidos que tornaram esta caminhada possível.

Meus agradecimentos especiais à Dra. Ana Luiza Morais e ao Dr. Roberval Morais, pelo apoio constante e por me darem o “gás” necessário para seguir nos estudos. À Dra. Mayara Torres, grande apoiadora e incentivadora, e ao Dr. George Coura, por seu direcionamento e orientação ao longo desta caminhada.

Natalia Moreno Lima

# COMUNICAÇÃO EM MEDICINA NUCLEAR: UMA ABORDAGEM EDUCACIONAL AOS CUIDADOS PÓS-TRATAMENTO COM IODO$^{131}$


## RESUMO

Este trabalho aborda o uso do iodo-131 no contexto do teranóstico aplicado ao carcinoma diferenciado da tireoide, com ênfase nos cuidados de radioproteção e na comunicação entre profissionais da medicina nuclear e pacientes. A radioiodoterapia com $^{131}$I é amplamente utilizada no tratamento de doenças tireoidianas, sobretudo após tireoidectomia, sendo essencial que o paciente adote medidas específicas de proteção radiológica no período pós-terapia. No entanto, muitos pacientes apresentam dificuldades para compreender e seguir corretamente essas orientações, que costumam estar embasadas em normas técnicas e expressas em linguagem pouco acessível. O estudo caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, com abordagem mista (qualitativa e quantitativa), incluindo revisão integrativa da literatura e aplicação de questionário estruturado a profissionais da área. A análise dos dados revelou lacunas na padronização das orientações e indicou a necessidade de materiais educativos mais claros e acessíveis. Como produto, foi desenvolvida uma cartilha ilustrada com linguagem adaptada ao público leigo, reunindo recomendações de segurança baseadas nas normas da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) e da ANVISA. O trabalho contribui para a promoção da radioproteção individual e coletiva, além de reforçar a importância da comunicação eficaz em tratamentos com radiofármacos.


Palavras-chave: Iodo$^{131}$; Teranóstico; Radioproteção; Medicina nuclear

Natalia Moreno Lima

# COMMUNICATION IN NUCLEAR MEDICINE: AN EDUCATIONAL APPROACH TO POST-IODINE$^{131}$ THERAPY CARE

## ABSTRACT

This study addresses the use of iodine-131 in the theranostic management of differentiated thyroid carcinoma, with emphasis on radiological protection and communication between nuclear medicine professionals and patients. Radioiodine therapy with $^{131}$I is widely used in the treatment of thyroid diseases, especially after thyroidectomy. It is essential for patients to follow specific radiological safety measures during the post-therapy period. However, many patients face difficulties understanding and adhering to these recommendations, which are often based on technical regulations and presented in complex language. This applied research employed a mixed-methods approach (qualitative and quantitative), including an integrative literature review and a structured questionnaire administered to professionals in the field. The data analysis revealed a lack of standardization in how instructions are provided and highlighted the need for more accessible educational materials. As a final product, an illustrated booklet was developed using plain language and visual resources to communicate safety recommendations based on standards from the Brazilian National Nuclear Energy Commission (CNEN) and the National Health Surveillance Agency (ANVISA). This work contributes to enhancing individual and collective radiological safety and reinforces the importance of effective communication in treatments involving radiopharmaceuticals.

Keywords: Iodine-131; Theranostics; Radiological Protection; Nuclear Medicine

Sumário

1. INTRODUÇÃO ..... 1
2. CONTEXTUALIZAÇÃO ..... 3
2.1 Importância do Tratamento Personalizado para Doenças da Tireoide ..... 3
2.2 Conceitos de Teranóstico e Radioiodoterapia ..... 4
3. OBJETIVOS ..... 7
3.1 Objetivo Geral ..... 7
3.2 Objetivos Específicos ..... 7
4. FUNDAMENTOS E CONCEITOS TEÓRICOS ..... 8
4.1 Radioatividade e Tipos de Radiação ..... 8
4.2 Grandezas Dosimétricas em Medicina Nuclear ..... 9
4.3 Interação da Radiação com a Matéria ..... 13
4.4 Efeitos Biológicos da Radiação Ionizante ..... 16
5. REVISÃO DA LITERATURA ..... 19
5.1 Carcinoma Diferenciado da Tireoide ..... 19
5.2 Princípios Físicos e Biofísicos do Iodo$^{131}$ ..... 23
5.3 Terapia com Radionuclídeos e Regulamentação ..... 25
6. METODOLOGIA ..... 28
6.1 Tipo de Estudo ..... 28
6.2 População-Alvo Respondentes ..... 29
6.3 Questionário e Coleta de Dados ..... 30
6.4 Análise Estatística ..... 32
7. DISCUSSÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS ..... 34
7.1 Interpretação dos Resultados do Questionário ..... 34
7.2 Discussão sobre Melhorias nas Práticas de Radioproteção ..... 37
8. CONCLUSÃO ..... 38
8.1 Principais Achados e Implicações Clínicas ..... 38
8.2 Recomendações para Futuros Estudos e Práticas Clínicas ..... 38
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS ..... 40
10. APÊNDICE ..... 46
Apêndice A – Pergunta e respostas, formulário elaborado pelo autor ..... 46
Apêndice B – Cartilha elaborada pelo autor ..... 48

## 1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a personalização do cuidado em saúde tornou-se uma diretriz central nas práticas clínicas, sobretudo no tratamento de doenças complexas (WEBER et al., 2023). No campo da medicina nuclear, o conceito de teranóstico, que une diagnóstico e terapia com base em marcadores moleculares específicos, tem se destacado como uma abordagem inovadora, eficiente e centrada no paciente (BURKETT et al., 2023). Essa estratégia permite que o mesmo radiofármaco seja utilizado tanto para a detecção quanto para o tratamento de lesões, viabilizando uma medicina mais precisa e segura (BURKETT et al., 2023).

Dentre as patologias que mais se beneficiam dessa abordagem, está o carcinoma diferenciado da tireoide (CDT), responsável pela maioria dos casos de câncer de tireoide. O uso do iodo-131 para diagnóstico e terapia, por meio do transportador sodi-iodo (NIS), constitui uma aplicação clássica do teranóstico em medicina nuclear (GIOVANELLA et al., 2022). Após tireoidectomia total ou parcial, a radioiodoterapia com $^{131}I$ é indicada para destruir tecidos tireoidianos remanescentes e tratar possíveis metástases, uma abordagem eficaz com baixa toxicidade, graças à elevada afinidade do tecido tireoidiano pelo iodo (GIOVANELLA et al., 2022; BURKETT et al., 2023).

Entretanto, apesar da consagrada eficácia clínica da radioiodoterapia, a adesão às recomendações de radioproteção no período pós-terapia continua sendo um desafio relevante. Muitos pacientes demonstram dificuldade para compreender e aplicar corretamente as orientações recebidas, que geralmente se apresentam em linguagem técnica e com base em normativas complexas, como as da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) e da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Esse descompasso pode comprometer tanto a segurança do paciente quanto de seus familiares e contatos próximos.

Diante desse cenário, a presente dissertação propõe avaliar a comunicação das orientações de radioproteção no contexto da radioiodoterapia com iodo-131, considerando a perspectiva de profissionais da área e as principais barreiras enfrentadas pelos pacientes. Para isso, foi realizada uma investigação mista, incluindo revisão bibliográfica e aplicação de questionários

a profissionais que atuam em medicina nuclear, visando compreender como se dá a transmissão dessas informações, quais os principais entraves de compreensão e que estratégias podem ser adotadas para torná-la mais efetiva.

Como resultado, o trabalho propõe o desenvolvimento de uma cartilha educativa ilustrada, com linguagem acessível e conteúdo técnico validado, voltada ao público leigo que será submetido à terapia com iodo-131. A proposta é que esse material atue como instrumento complementar de apoio ao cuidado, promovendo melhor adesão às medidas de radioproteção, contribuindo para a segurança do paciente e da coletividade.

## 2. CONTEXTUALIZAÇÃO

### 2.1 Importância do Tratamento Personalizado para Doenças da Tireoide

O tratamento personalizado, também conhecido como medicina de precisão, é uma abordagem que busca adequar as intervenções terapêuticas às características individuais de cada paciente, considerando aspectos genéticos, moleculares, ambientais e clínicos (SILVA; PEREIRA, 2020). Essa estratégia tem ganhado destaque nas últimas décadas, principalmente em doenças complexas como os tumores da tireoide, onde a heterogeneidade biológica e clínica pode influenciar diretamente os resultados do tratamento.

As doenças da tireoide abrangem desde condições benignas até neoplasias malignas, com destaque para o carcinoma diferenciado da tireoide (CDT), que inclui os carcinomas papilar e folicular. Esses tumores apresentam comportamento clínico variado, com diferentes padrões de crescimento, potencial metastático e resposta ao tratamento convencional (OLIVEIRA et al., 2018). Tal variabilidade reforça a necessidade de uma abordagem terapêutica individualizada, que considere as particularidades de cada caso.

Nesse contexto, o tratamento personalizado tem se mostrado eficaz para otimizar os desfechos clínicos, possibilitando a adequação da dose de radioiodo e a escolha das modalidades terapêuticas mais adequadas, reduzindo efeitos adversos e evitando tratamentos desnecessários (FERREIRA; COSTA, 2019). Os avanços em técnicas diagnósticas, como análise molecular, imunohistoquímica e métodos avançados de imagem, permitem uma avaliação mais precisa do perfil tumoral, facilitando a tomada de decisão clínica e o planejamento terapêutico sob medida (MARTINS et al., 2021).

Entretanto, a implementação ampla da medicina personalizada ainda enfrenta desafios significativos, como o custo elevado, a necessidade de infraestrutura tecnológica especializada e a capacitação contínua dos profissionais de saúde (SANTOS et al., 2021). Além disso, é fundamental o desenvolvimento de protocolos clínicos baseados em evidências que possam guiar a prática médica de forma segura e eficaz.

## 2.2 Conceitos de Teranóstico e Radioiodoterapia

Os avanços tecnológicos permitiram que as nanociências fornecessem agentes capazes de serem aplicados simultaneamente na terapia e no diagnóstico, por meio de um único elemento denominado radiofármaco. Quando esse radiofármaco possui a capacidade de realizar tanto a detecção de lesões quanto sua terapêutica, dá-se o nome de teranóstico, uma junção dos termos terapia e diagnóstico. Também conhecido como terapia radioligante, esse conceito tem ganhado destaque na medicina nuclear por possibilitar abordagens mais personalizadas e precisas, com monitoramento em tempo real da eficácia terapêutica (JPR, 2024).

Dentro desse contexto do teranóstico, a radioiodoterapia (RIT) representa um dos modelos mais estabelecidos e clássicos, especialmente no manejo do carcinoma diferenciado da tireoide (HERZOG; SHARMA, 2021). O teranóstico utiliza radionuclídeos emissores gama para diagnóstico e emissores beta ou alfa para o tratamento, muitas vezes associados ao mesmo vetor molecular, exemplificando a sinergia entre diagnóstico e terapia em um único agente.

Para melhor compreensão e uniformização, é importante destacar as diversas nomenclaturas encontradas na literatura e em diretrizes oficiais, como as da European Association of Nuclear Medicine (EANM) e da American Thyroid Association (ATA), referentes à terapia com iodo-131 ($^{131}$I). Entre os termos mais utilizados estão: terapia com iodo radioativo, terapia com iodo$^{131}$, terapia ablativa, ablação de remanescente tireoidiano, tratamento com iodo$^{131}$ para câncer diferenciado da tireoide, imagem funcional com iodo$^{131}$, tratamento com iodo$^{131}$ para câncer papilífero e folicular da tireoide, e terapia empírica com iodo$^{131}$. Não há uma nomenclatura única ou padronizada, pois os termos variam conforme a abordagem clínica, o objetivo do tratamento e as diretrizes adotadas por cada instituição.

A radioiodoterapia fundamenta-se na elevada afinidade da glândula tireoide pelo iodo, elemento que é absorvido de forma eficiente e intensa, sendo avidamente captado e concentrado pelo tecido tireoidiano. Dessa forma, a administração sistêmica do isótopo radioativo de iodo ($^{131}$I) permite sua incorporação preferencial pelas células tireoidianas, propiciando a destruição

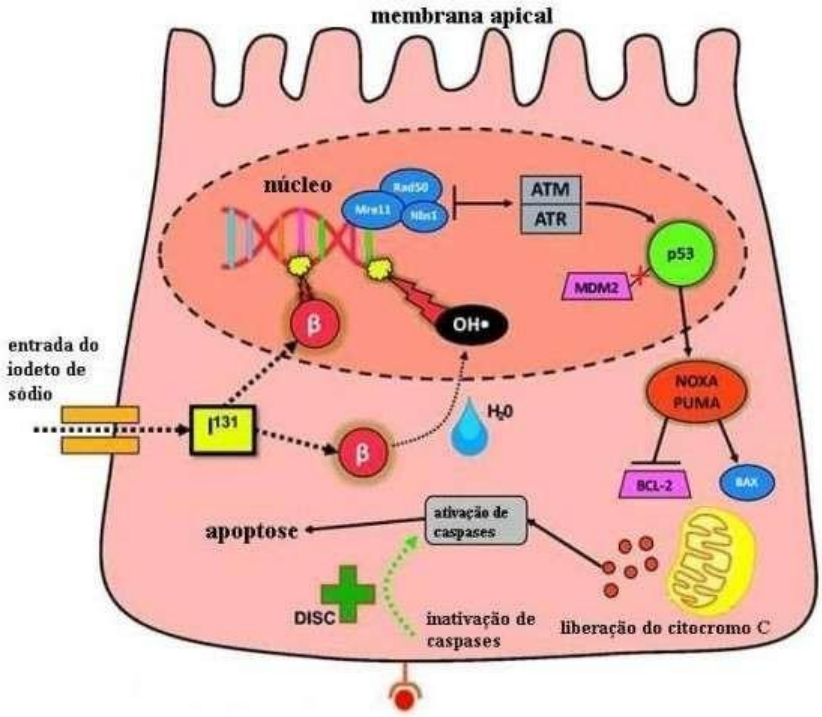
seletiva tanto da glândula quanto de possíveis células neoplásicas residuais. Essa seletividade assegura impacto mínimo sobre os tecidos adjacentes, além de manter os efeitos colaterais em níveis mínimos ou até mesmo inexistentes.

O mecanismo principal da morte celular induzida pelo tratamento com iodo radioativo ocorre por meio dos danos provocados no DNA das células tireoidianas, associados à liberação de antígenos tireoidianos autógenos que podem desencadear uma resposta imunológica secundária. O radioisótopo iodo-131 exerce sua ação terapêutica por meio da emissão de partículas beta (β), que possuem energia máxima de aproximadamente 606 keV e uma penetração média nos tecidos em torno de 0,4 mm. Essas partículas possuem capacidade suficiente para causar quebras nas fitas do DNA, levando à disfunção celular e à morte das células-alvo, preservando em grande parte os tecidos adjacentes devido ao seu alcance limitado (LABORATOYS, 2018; SAHA, 2006).

O entendimento desses processos é essencial para a compreensão da apoptose, ou morte celular programada, que é ativada por meio de duas vias principais: intrínseca e extrínseca. A via intrínseca é precipitada pela ativação da resposta celular aos danos no DNA, atuando como um mecanismo de vigilância para proteger a integridade genômica e manter a homeostase celular. Esta via detecta os danos na molécula de DNA e promove a interrupção do ciclo celular para permitir o reparo do material genético; caso o reparo não seja possível, a célula é direcionada à apoptose para evitar a proliferação de células geneticamente comprometidas. Esse processo é fundamental para prevenir mutações e promover a eliminação seletiva das células lesionadas, contribuindo para a eficácia do tratamento com iodo radioativo (SZONDY; SARANG; KISS; NEGRINI; GORGOULIS; HALAZONETIS, 2010).

Podemos avaliar uma ilustração conforme apresentada na Figura 1, a seguir.

Figura 1 – Representação sobre o funcionamento do iodo$^{131}$ na terapia ablativa.




Fonte: Riley, et al., 2019.

Em termos clínicos, a radioiodoterapia pode ser dividida em duas modalidades principais. A primeira é a radioablação, utilizada após tireoidectomia total, com o objetivo de destruir o tecido tireoidiano remanescente e facilitar o acompanhamento por meio da dosagem de tireoglobulina sérica. Geralmente, são administradas atividades entre 30 e 100 mCi. A segunda modalidade é a terapia com iodo$^{131}$ propriamente dita, que, além de eliminar os resquícios de tecido tireoidiano, visa erradicar micrometástases locorregionais e metástases à distância. Nesse caso, as doses utilizadas costumam ser superiores a 100 mCi. Essas recomendações podem variar conforme o protocolo institucional e a condição clínica do paciente (BRASIL, 2014).

## 3. OBJETIVOS

As análises permitiram consolidar os resultados em um material educativo, resultando na elaboração de uma cartilha comunicativa voltada aos pacientes submetidos à radioiodoterapia com iodo-131, alinhada aos achados do estudo.

### 3.1 Objetivo Geral

Analisar as práticas de comunicação das orientações sobre os cuidados de radioproteção fornecidas a pacientes submetidos à radioiodoterapia com iodo-131, identificando as principais barreiras de compreensão e propondo um material educativo acessível que auxilie na adesão às medidas de segurança pós-terapia.

### 3.2 Objetivos Específicos

- Investigar como os profissionais de medicina nuclear orientam os pacientes quanto às precauções de radioproteção após a administração do iodo-131;
- Identificar os principais desafios enfrentados pelos pacientes na compreensão e cumprimento das orientações recebidas;
- Avaliar o conteúdo, a linguagem e os meios utilizados para a comunicação dessas recomendações;
- Desenvolver uma cartilha ilustrada com linguagem acessível, voltada ao público leigo, contendo as orientações essenciais de radioproteção para o período pós-radioiodoterapia;
- Contribuir para a melhoria da segurança radiológica de pacientes e seus contatos próximos, promovendo práticas educativas mais eficazes no contexto da medicina nuclear.

# 4. FUNDAMENTOS E CONCEITOS TEÓRICOS

## 4.1 Radioatividade e Tipos de Radiação

A radioatividade está presente de forma natural no meio ambiente, sendo observada na água, no ar, nos alimentos e no solo. Tal presença decorre da existência de elementos radioativos naturais, como o urânio (U) e o tório (Th), amplamente distribuídos na crosta terrestre. A radioatividade é definida como a emissão espontânea de energia por núcleos atômicos instáveis (radioisótopos ou radionuclídeos), que buscam alcançar maior estabilidade por meio da emissão de radiação (INB, 2023).

As emissões radioativas podem ser classificadas quanto à sua natureza em dois tipos principais: radiações eletromagnéticas e radiações corpusculares. As radiações eletromagnéticas compreendem a radiação gama (γ), que é altamente energética, desprovida de massa e carga, e resulta do decaimento de núcleos atômicos instáveis. Já os raios X, embora semelhantes à radiação gama em natureza e energia, são produzidos por interações eletrônicas nos equipamentos de diagnóstico por imagem, e não por processos nucleares (SAHA, 2006; KNOLL, 2010).

Por sua vez, as radiações corpusculares são compostas por partículas dotadas de massa, e, em muitos casos, de carga elétrica. como:

a) Partículas alfa (α): núcleos de hélio compostos por dois prótons e dois nêutrons, com alto poder de ionização e baixo poder de penetração.
b) Partículas beta (β-): elétrons emitidos por decaimento nuclear, com moderado poder de penetração.
c) Pósitrons (β+): partículas com carga positiva, emitidas por certos radionuclídeos, com aplicação em Tomografia por Emissão de Pósitrons (PET).
d) Nêutrons e prótons: presentes em reações nucleares específicas, com elevada capacidade de penetração e interação com núcleos atômicos.

Essas radiações também podem ser classificadas em ionizantes e não ionizantes. As radiações ionizantes têm energia suficiente para remover elétrons de átomos, formando íons, o que pode causar alterações biológicas

significativas. Já as não ionizantes, como a luz visível, micro-ondas e ondas de rádio, não têm essa capacidade (ICRP, 2007). A tabela 1, a seguir resume as principais características das radiações ionizantes.

Tabela 1 – principais características das radiações ionizantes.
Fonte: Adaptado de Saha (2006), Knoll (2010) e ICRP (2007).

| Tipo de Radiação | Natureza | Carga | Massa | Penetração | Blindagem |
|---|---|---|---|---|---|
| Alfa (α) | Partícula (núcleo de hélio) | 2 | Alta | Muito baixa (até 0,1 mm) | Folha de papel |
| Beta (β-) | Partícula (elétron) | -1 | Pequena | Média (mm a cm) | Acrílico ou alumínio |
| Gama (γ) | Eletromagnética | 0 | Nula | Alta (cm a metros) | Chumbo ou concreto |
| Raio-X | Eletromagnética | 0 | Nula | Alta (cm a metros) | Chumbo ou concreto |
| Nêutrons | Partícula (nêutron) | 0 | Alta | Muito alta | Água, parafina, concreto |

### 4.2 Grandezas Dosimétricas em Medicina Nuclear

Na Medicina Nuclear, as grandezas dosimétricas são fundamentais para avaliar a segurança e a eficácia dos procedimentos diagnósticos e terapêuticos. Essas grandezas ajudam a medir a radiação envolvida, os efeitos biológicos e os riscos para o paciente, profissionais e o ambiente.

a) Atividade (A): definido como a quantidade de radiação emitida por uma substância radioativa por unidade de tempo, ou seja, a taxa de desintegração de um radionuclídeo ou o número de transições nucleares por unidade de tempo. Em Medicina Nuclear, isso é importante para garantir que a quantidade de radiação aplicada seja suficiente para o diagnóstico ou tratamento sem exceder os limites de segurança (IAEA, 2007).

b) Dose absorvida (D): é a quantidade de energia de radiação depositada por unidade de massa de um material (geralmente tecido biológico). Em Medicina Nuclear, a dose absorvida pode

ser calculada com base na quantidade de radiação emitida pela substância radioativa utilizada, levando em consideração a sua distribuição no corpo do paciente. A unidade é o Gray (Gy), que corresponde a 1 joule por quilograma (IAEA, 2014).

c) Dose equivalente (H): conceito utilizado para levar em conta o tipo de radiação e sua capacidade de causar danos biológicos. Para radiações ionizantes, cada tipo de radiação tem um fator de ponderação que ajusta a dose absorvida. A unidade de dose equivalente é o Sievert (Sv). Esse valor é fundamental para avaliar os riscos biológicos e os efeitos de radiações diferentes, como os raios gama ou partículas alfa (ICRP, 1995).

d) Dose efetiva (E): é um indicador quantitativo da probabilidade de ocorrência do efeito estocástico, leva em conta não apenas a quantidade de radiação absorvida pelos tecidos, mas também a sensibilidade dos diferentes órgãos ou sistemas biológicos à radiação. Isso permite estimar o risco geral para a saúde de uma pessoa. A unidade é Sievert (Sv). A dose eficaz é especialmente importante em Medicina Nuclear, onde os órgãos podem ser irradiados de maneira desigual devido à distribuição do radionuclídeo no corpo (BEIR, 2006).

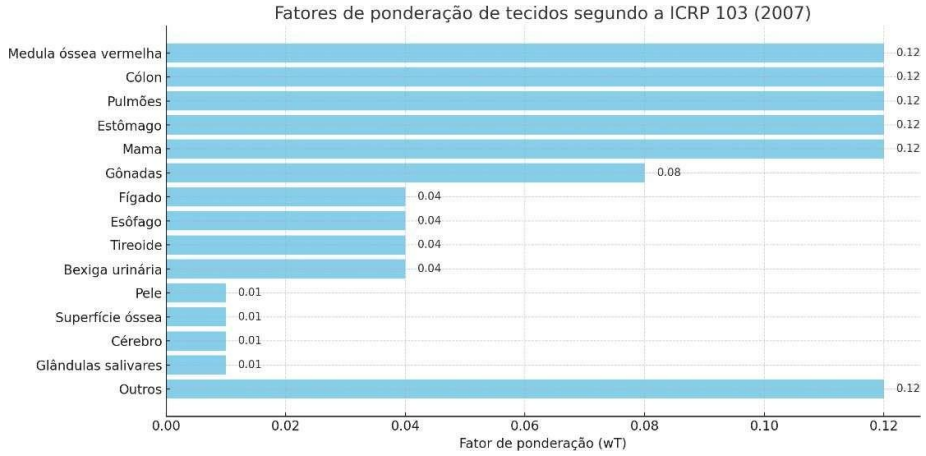
e) Taxa de dose (Dose Rate): é definida pela quantidade de radiação absorvida por unidade de tempo, pode ser expressa por mGy/h (miligray por hora) e μSv/h (microsievert por hora). Essa grandeza nos permite avaliar quão rapidamente a radiação está sendo recebida, sendo essencial em situações de controle ambiental e proteção radiológica externa (IAEA, 2014).

f) Fator de ponderação (wT): Na medicina nuclear, diferentes órgãos e tecidos possuem sensibilidades variadas à radiação. O fator de ponderação de tecidos ajusta a dose absorvida para refletir o risco relativo de diferentes tecidos. Por exemplo, a glândula tireoide é mais sensível à radiação beta do que os músculos esqueléticos, o que justifica a necessidade de um fator de ponderação específico.

Essas grandezas são essenciais para determinar a dose adequada para o paciente e para os profissionais envolvidos, de modo a minimizar os riscos e otimizar os benefícios terapêuticos e diagnósticos (ICRP, 2007).

A seguir, é possível observar na Figura 2, a representativa sobre os fatores de ponderação atribuídos a diferentes tecidos e órgãos do corpo humano, conforme recomendado pela International Commission on Radiological Protection (ICRP) na Publicação 103 (2007). Esses fatores refletem a contribuição relativa de cada tecido para o risco global de efeitos estocásticos (como o câncer) decorrentes da exposição à radiação ionizante. A soma dos fatores ponderados equivale a 1, e os valores mais elevados indicam maior radiossensibilidade tecidual. Este conceito é utilizado no cálculo da dose efetiva, que visa estimar o risco biológico total da exposição.

Figura 2 – Fatores de ponderação atribuídos a diferentes tecidos e órgãos do corpo humano.



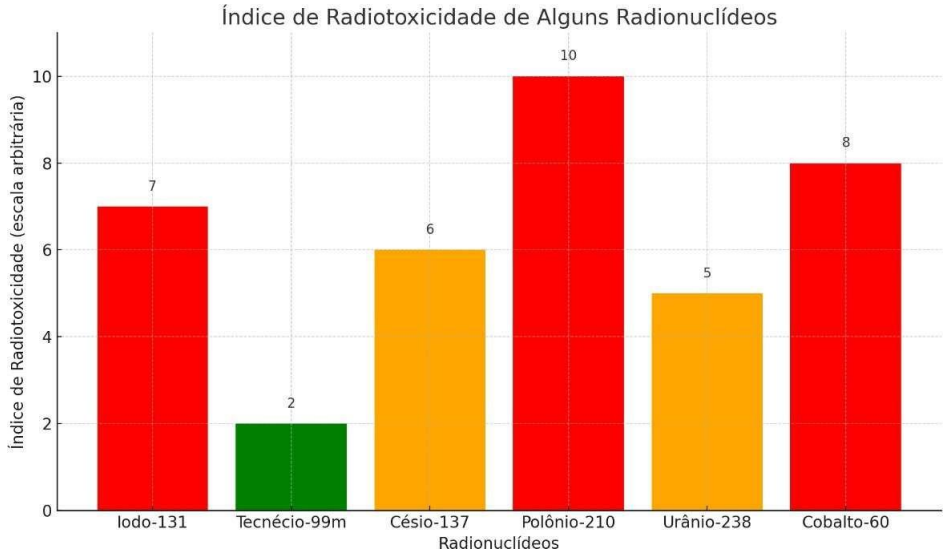

Fonte: Elaborado pelo autor com base em ICRP (2007).

g) Índice de radiotoxicidade: O índice de radiotoxicidade é uma medida estimativa utilizada para avaliar o potencial de dano biológico a longo prazo decorrente da exposição interna à radiação ionizante. Esse índice considera diversos fatores, incluindo a quantidade de radiação absorvida, o tipo de radiação

emitida (alfa, beta ou gama), a energia liberada por desintegração, a afinidade do radionuclídeo por tecidos biológicos específicos, sua meia-vida física e biológica, bem como o órgão-alvo atingido (NRC, 1999).

A seguir, apresenta-se uma figura ilustrativa (Figura 3), que facilita a compreensão desse conceito, demonstrando a toxicidade relativa de alguns radionuclídeos utilizados ou estudados na Medicina Nuclear. O gráfico foi elaborado com base em uma escala didática arbitrária de 0 a 10, com o objetivo de representar de forma comparativa o potencial de radiotoxicidade de diferentes radionuclídeos frequentemente utilizados em aplicações médicas e em estudos de proteção radiológica. A classificação considera parâmetros como o tipo de radiação emitida, a energia por desintegração, a afinidade por tecidos-alvo e a permanência do radionuclídeo no organismo. As cores indicam diferentes níveis de risco estimado: verde (baixo: 0–3), laranja (moderado: 4–6) e vermelho (alto: 7–10). Ressalta-se que esta escala não possui caráter normativo, tratando-se de um recurso didático para fins comparativos e ilustrativos.

Figura 3 - Demonstrativo da toxicidade relativa de alguns radionuclídeos utilizados ou estudados na Medicina Nuclear.




Fonte: Elaborado pelo autor com base em NRC (1999), IAEA (2014), ICRP (2007).

### 4.3 Interação da Radiação com a Matéria

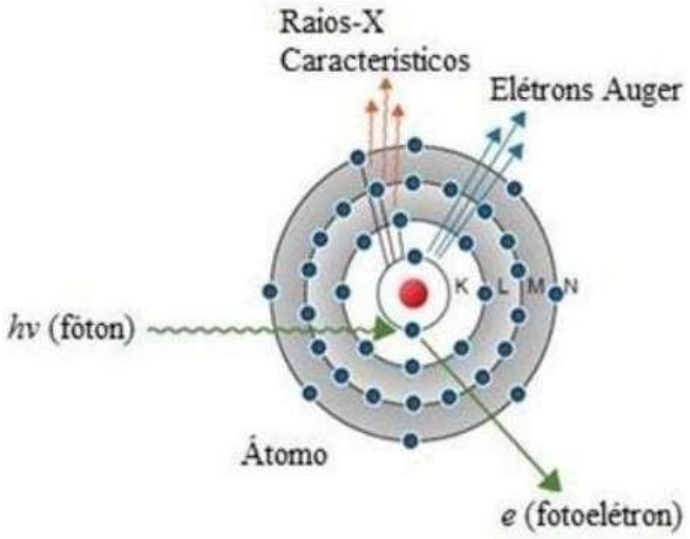
A interação da radiação com a matéria depende do tipo de radiação (ionizante ou não ionizante), da energia das partículas ou fótons, bem como das características do material atingido como seu número atômico, densidade e espessura.

Uma das principais características das radiações ionizantes como fótons, nêutrons e partículas carregadas, é sua notável capacidade de penetração e interação com a matéria. Durante essas interações, a radiação transfere parte ou toda a sua energia para o meio, por meio de diferentes mecanismos, que variam conforme o tipo de radiação, sua energia e as propriedades do material com o qual interage (Dos Santos, 2017).

Os mecanismos de interação da radiação com a matéria podem ser classificados em diferentes grupos, entre os quais se destacam: efeito fotoelétrico, efeito Compton, produção de pares e, no caso de partículas carregadas, o poder de freamento (*stopping power*).

a) Efeito fotoelétrico: Esse fenômeno ocorre quando um fóton interage com um elétron fortemente ligado a um átomo e é completamente absorvido. Nessa interação, toda a energia do fóton é transferida ao elétron, geralmente localizado nas camadas eletrônicas mais internas do átomo (como as camadas K, L, M ou N, conforme ilustrado na Figura 4 a seguir). Como consequência, o elétron é removido da camada orbital, dando origem ao chamado fotoelétron. A vacância deixada por esse elétron pode ser preenchida por outro elétron de uma camada mais externa, e essa transição libera energia na forma de um raio-X característico, típico do elemento em questão.

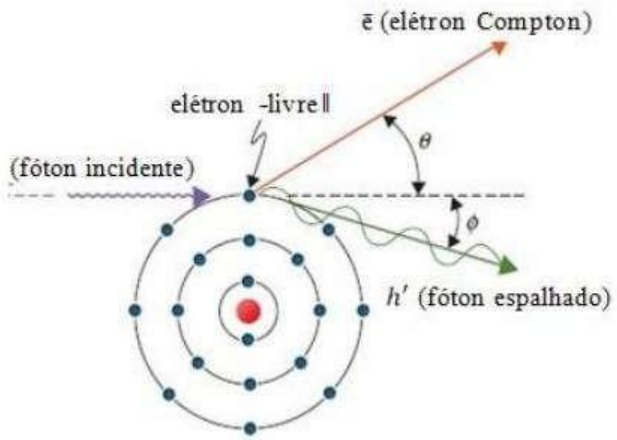
Figura 4 - Ilustração do efeito fotoelétrico.




Fonte: Dos Santos, 2017.

b) Efeito Compton: É um fenômeno físico que ocorre quando um fóton interage com um elétron classificado como quase livre, ou seja, fracamente ligado ao átomo, transferindo parte de sua energia para esse elétron e provocando um espalhamento. O fóton perde energia e muda sua direção, enquanto o elétron ganha energia e é ejetado do átomo com uma certa velocidade, sendo denominado elétron Compton (Dos Santos, 2017). Conforme demonstrado na Figura 5.

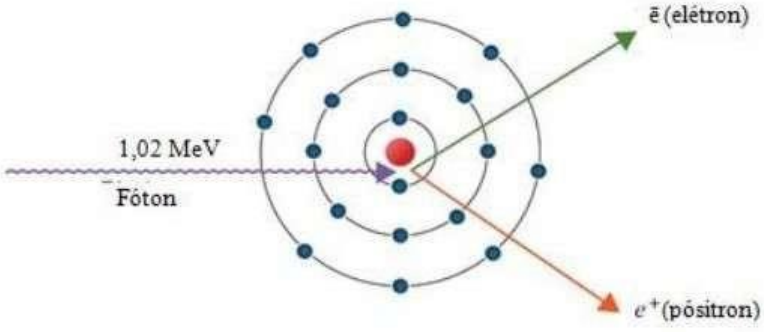
Figura 5 - Ilustração do efeito Compton.




Fonte: Dos Santos, 2017.

c) Produção de pares: ocorre quando um fóton de alta energia (igual ou superior a 1,022 MeV) interage com o campo eletromagnético de um núcleo atômico. Esse processo resulta na conversão da energia do fóton em energia cinética de um par partícula-antipartícula, especificamente um par elétron-pósitron (Bushberg et al., 2011). Como demonstrado na Figura 6.

Figura 6 - Ilustração do processo de produção de pares.




Fonte: Dos Santos, 2017.

Abaixo, apresenta-se uma tabela (tabela 2) comparativa que ilustra os efeitos fotoelétrico, Compton e a produção de pares.

Tabela 2 – Comparativo sobre os efeitos fotoelétricos, Compton e Produção de pares.

| **Fenômeno** | **Energia do Fóton Envolvida** | **Partícula(s) Interagente(s)** | **Produto(s) da Interação** | **Resultado Principal** |
|---|---|---|---|---|
| **Efeito Fotoelétrico** | Baixa a média (~20–100 keV) | Elétron mais interno (K ou L) | Fotoelétron (elétron ejetado), fóton desaparece | Absorção total do fóton |
| **Efeito Compton** | Média a alta (~30 keV a vários MeV) | Elétron mais externo | Fóton espalhado + elétron de recoíl | Dispersão do fóton com perda de energia |
| **Produção de Pares** | Muito alta (>1,022 MeV) | Campo do núcleo | Elétron + pósitron | Conversão de energia em matéria |

Fonte: Elaborada pelo autor com base em BUSHBERG et al. (2011), HALL e GIACCIA (2011) e CURRY et al. (1990).

Quando falamos sobre partículas carregadas interagindo com a matéria, citamos o conceito de poder de freamento (Stopping Power), que representa a perda de energia da partícula por unidade de comprimento percorrido. Esse fenômeno ocorre quando uma partícula carregada atravessa um meio, interagindo principalmente por meio de excitação e ionização dos átomos do material. À medida que interage eletromagneticamente com os elétrons da matéria, a partícula transfere parte de sua energia cinética, desacelerando gradualmente. O valor do poder de freamento depende de diversos fatores, como o tipo e a energia da partícula incidente, além da densidade e composição do meio atravessado (PODGORSAK, 2010).

## 4.4 Efeitos Biológicos da Radiação Ionizante

Atualmente, a radiação ionizante é considerada uma ferramenta indispensável na área da saúde, empregada em diversas modalidades diagnósticas, tais como radiografia, tomografia computadorizada, medicina

nuclear e radioterapia. Apesar dos benefícios inestimáveis que proporciona no diagnóstico e tratamento de doenças, especialmente no combate ao câncer, a radiação também pode representar um risco significativo à saúde quando administrada de forma inadequada ou em doses excessivas (ICRP, 2007; UNSCEAR, 2010).

Estudos indicam que aproximadamente 20% da exposição da população mundial à radiação ionizante provém de procedimentos médicos (UNSCEAR, 2021), o que ressalta a importância de compreender os riscos envolvidos. A exposição excessiva e sem os devidos cuidados pode causar danos moleculares, especialmente ao DNA (ácido desoxirribonucleico), resultando em alterações celulares, morte tecidual, desenvolvimento de neoplasias e, nos casos mais graves, síndromes agudas da radiação (ICRP, 2007; UNSCEAR, 2010).

Um exemplo notório foi o acidente radiológico ocorrido em Goiânia, em 1987, quando uma cápsula de césio-137 foi manipulada por pessoas leigas, sem acesso a informações sobre radioatividade e sem qualquer treinamento em proteção radiológica. Esse episódio resultou em contaminação ambiental, exposição de centenas de pessoas de diferentes idades e algumas mortes confirmadas por síndrome aguda da radiação. Esse trágico evento evidenciou as graves consequências da exposição descontrolada e reforçou a importância do conhecimento técnico sobre os efeitos biológicos da radiação (CNEN, 1988).

Em 2007, a Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP) atualizou suas recomendações sobre proteção radiológica, substituindo formalmente as diretrizes publicadas em 1990. Os efeitos anteriormente denominados como determinísticos passaram a ser designados como reações teciduais, uma vez que se reconhece que alguns desses efeitos não são necessariamente determinados apenas no momento da exposição, podendo evoluir e se modificar após a irradiação.

Segundo Okuno e Yoshimura (2010), os efeitos biológicos da radiação ionizante podem ser classificados, quanto à sua natureza, em efeitos estocásticos e reações teciduais. Os efeitos estocásticos são caracterizados por sua imprevisibilidade e ausência de limiar, de modo que a probabilidade de ocorrência aumenta com a dose, porém a severidade é independente da dose administrada. Em contraste, as reações teciduais apresentam um limiar de

dose abaixo do qual os efeitos não se manifestam, e acima do qual há a certeza de danos celulares, caracterizando-se por efeitos determinísticos.

Os efeitos determinísticos, este que também denominados não estocásticos, são caracterizados pela existência de um limiar de dose, abaixo do qual o efeito não se manifesta. Acima desse limiar, a gravidade do efeito aumenta proporcionalmente à dose recebida. Esses efeitos decorrem principalmente da morte celular em larga escala e da falência de órgãos ou tecidos devido à perda de função celular. São exemplos de efeitos determinísticos a epilação, o eritema cutâneo, a catarata, a esterilidade temporária ou permanente, além das síndromes agudas de radiação em exposições elevadas (ICRP, 2007).

Já os efeitos estocásticos são aleatórios e não apresentam um limiar de dose definido. A principal característica é que a probabilidade de ocorrência aumenta com a dose, porém a severidade do efeito é independente da dose recebida. Esses efeitos estão associados principalmente a alterações genéticas e mutações celulares, que podem resultar em neoplasias malignas ou efeitos hereditários. Um exemplo clássico é o câncer induzido por radiação, cuja ocorrência pode se dar mesmo em baixas doses, justificando o princípio da minimização da exposição (ALARA) – "As Low As Reasonably Achievable" – amplamente adotado na proteção radiológica (UNSCEAR, 2008; ICRP, 2007).

Dessa forma, a distinção entre esses dois tipos de efeitos é essencial para a formulação de estratégias de controle e prevenção em ambientes que envolvem o uso de radiações ionizantes. Enquanto os efeitos determinísticos podem ser evitados ao se manter abaixo dos limites de dose, os efeitos estocásticos exigem uma abordagem preventiva contínua, já que não existe um nível seguro absoluto de exposição. Assim, práticas seguras, o uso adequado de equipamentos de proteção individual e o controle rigoroso das doses são medidas indispensáveis para a segurança dos trabalhadores, pacientes e da população em geral (BRASIL, 2014).

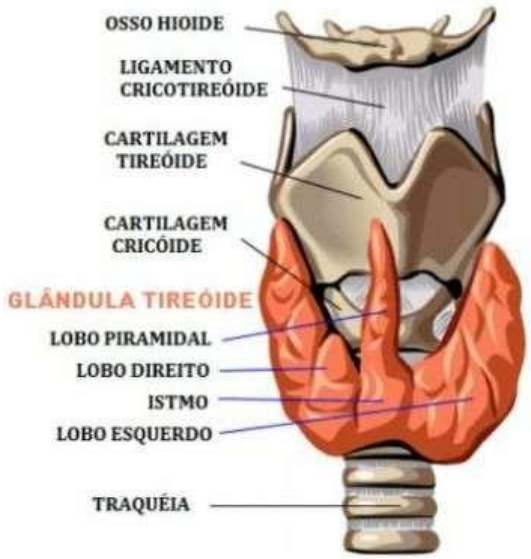
## 5. REVISÃO DA LITERATURA

Os tópicos discutidos neste capítulo têm como objetivo auxiliar na compreensão das doenças e distúrbios da tireoide, com ênfase no Carcinoma Diferenciado da Tireoide. Além disso, busca-se promover o entendimento sobre a importância do desenvolvimento de tratamentos específicos para essa condição, com destaque para o conceito de teranóstico.

### 5.1 Carcinoma Diferenciado da Tireoide

A glândula tireoide é altamente vascularizada, sua estrutura é composta por dois lobos e está localizada na parte anterior do pescoço em frente à tranqueia (Figura 7). Sua massa pode variar entre 10 e 25 gramas. A glândula tem papel crucial em secretar hormônios que são responsáveis pela homeostasia e regulação do consumo de energia. Os principais hormônios secretados são: tiroxina (T4) e a triiodotironina (T3). O iodo é um componente fundamental para tais hormônios. Além disso, a tireoide também produz o hormônio da calcitonina. Tanto o excesso quanto a deficiência da produção de tais hormônios, levam o surgimento de síndromes, sendo o hipertireoidismo e hipotireoidismo os mais citados dentre elas (Teperman,1977).

Figura 7– Esquema de localização da glândula tireoide.




Fonte: Imagens Google.

O câncer de tireoide, é um tumor maligno do sistema endócrino mais comum, correspondendo a cerca de 1% das neoplasias em adultos, e mais de 90% destes tumores são variantes foliculares ou papilares, que são os cânceres diferenciados (Diehl, 2006). Uma condição patológica relacionada à glândula tireoide, pode acometer diversos grupos de pessoas ao redor do mundo, e estudos mostram que sua taxa de incidência vem aumentando nos últimos anos (Hazar, Rahimi, Vosoughi, 2020).

Os carcinomas diferenciados da tireoide são os tipos mais comuns de câncer de tireoide. Dentre eles, destacam-se o carcinoma papilífero e o carcinoma folicular, com ocorrências médias de 88% e 9%, respectivamente, afetando mais de 37.000 pacientes anualmente nos Estados Unidos da América (Burns; Zeiger, 2010).

De acordo com o Instituto Nacional de Câncer, estimava-se o surgimento de 14.160 novos casos de câncer de tireoide em mulheres no Brasil para o ano de 2023, sendo a grande maioria classificada como carcinoma diferenciado de tireoide (CDT). Ainda, seguindo os dados do Instituto Nacional do Câncer (INCA), a estimativa para o ano de 2023 de novos casos de câncer da glândula tireoide localizado na coluna 8, na Figura 8, a seguir, é de 16.660 para o Brasil.

Com base em dados do Instituto Nacional de Câncer (INCA), foi publicada em 2022 uma estimativa das taxas de incidência por estado para o ano de 2023. Essa distribuição considera valores ajustados segundo a população padrão mundial de 1960, expressos por 100 mil habitantes, permitindo uma análise comparativa entre as unidades federativas brasileiras. A espacialização dessas taxas, conforme ilustrado no gráfico a seguir (Figura 9), evidencia importantes variações regionais que merecem atenção no contexto da vigilância epidemiológica e do planejamento em saúde.

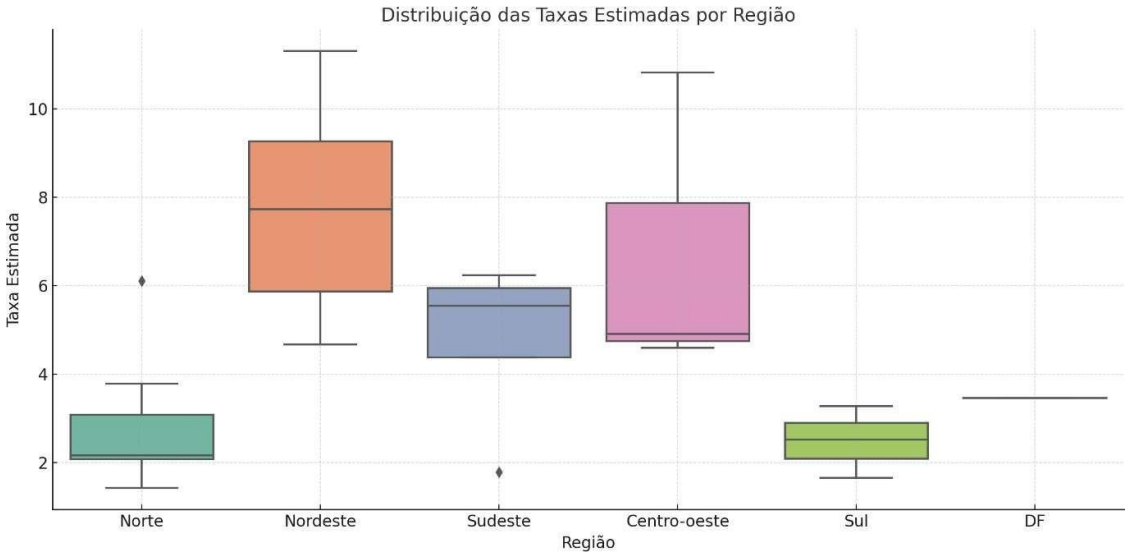
Figura 8 – Estimativa para o ano de 2023 sobre o câncer da glândula tireóide no Brasil, assim como demais tumores.

| Unidades da Federação | Mama feminina | Próstata | Cólon e reto | Traqueia, brônquio e pulmão | Estômago | Colo do útero | Glândula tireoide | Cavidade oral |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Acre | 100 | 120 | 50 | 70 | 50 | 70 | 30 | 20 |
| Amapá | 80 | 110 | 40 | 50 | 80 | 100 | 20 | 40 |
| Amazonas | 500 | 570 | 300 | 370 | 440 | 610 | 130 | 140 |
| Pará | 1.020 | 1.050 | 640 | 650 | 980 | 830 | 160 | 260 |
| Rondônia | 320 | 310 | 210 | 190 | 150 | 150 | 40 | 70 |
| Roraima | 70 | 90 | 40 | 50 | 30 | 40 | 20 | 30 |
| Tocantins | 320 | 510 | 150 | 150 | 100 | 180 | 50 | 70 |
| Alagoas | 690 | 930 | 430 | 290 | 270 | 370 | 180 | 230 |
| Bahia | 4.230 | 6.510 | 1.940 | 1.360 | 1.250 | 1.160 | 950 | 900 |
| Ceará | 3.080 | 3.120 | 1.210 | 1.400 | 1.460 | 1.030 | 1.190 | 760 |
| Maranhão | 1.060 | 2.000 | 520 | 560 | 480 | 800 | 460 | 180 |
| Paraíba | 1.180 | 1.650 | 400 | 520 | 410 | 290 | 430 | 250 |
| Pernambuco | 2.880 | 2.930 | 1.180 | 1.320 | 950 | 770 | 670 | 580 |
| Piauí | 860 | 1.190 | 360 | 380 | 240 | 360 | 330 | 140 |
| Rio Grande do Norte | 1.140 | 1.450 | 570 | 500 | 430 | 280 | 410 | 260 |
| Sergipe | 570 | 870 | 420 | 240 | 190 | 220 | 200 | 200 |
| Distrito Federal | 1.030 | 460 | 710 | 470 | 300 | 240 | 160 | 170 |
| Goiás | 1.970 | 2.500 | 1.110 | 990 | 570 | 660 | 650 | 390 |
| Mato Grosso | 1.040 | 1.020 | 500 | 500 | 270 | 220 | 220 | 210 |
| Mato Grosso do Sul | 910 | 1.230 | 600 | 480 | 290 | 320 | 190 | 180 |
| Espírito Santo | 900 | 1.740 | 610 | 580 | 420 | 260 | 90 | 360 |
| Minas Gerais | 7.670 | 7.970 | 4.630 | 3.120 | 2.240 | 1.670 | 1.720 | 1.820 |
| Rio de Janeiro | 10.290 | 7.930 | 5.880 | 3.000 | 1.600 | 1.540 | 1.470 | 1.430 |
| São Paulo | 20.470 | 16.830 | 14.980 | 7.260 | 4.690 | 2.550 | 5.540 | 4.260 |
| Paraná | 3.650 | 3.430 | 2.560 | 2.270 | 1.350 | 790 | 550 | 920 |
| Rio Grande do Sul | 3.720 | 3.510 | 3.120 | 3.700 | 1.080 | 620 | 450 | 580 |
| Santa Catarina | 3.860 | 1.700 | 2.470 | 2.090 | 1.160 | 880 | 350 | 650 |
| Brasil | 73.610 | 71.730 | 45.630 | 32.560 | 21.480 | 17.010 | 16.660 | 15.100 |

*Números arredondados para múltiplos de 10.

Fonte: INCA, 2019.

Figura 9 – gráfico representando a distribuição das taxas estimadas por região do Brasil.




Fonte: Adaptado de (INCA 2023). Elaborado pelo autor.

A análise das taxas estimadas por estado, conforme demonstrado no gráfico, revela importantes variações regionais. Observa-se que a Região Nordeste apresenta os maiores valores medianos de taxa estimada, com destaque para o estado do Ceará (11,31), seguido de Goiás (10,83) e Sergipe (9,46). Essas unidades federativas estão entre as que apresentam as maiores incidências relativas, possivelmente indicando maior prevalência de condições associadas, como doenças específicas ou exposições ambientais.

Em contraste, estados da Região Sul, como Rio Grande do Sul (1,65) e Paraná (2,52), estão entre os que registram as menores taxas estimadas, sugerindo uma distribuição menos acentuada do fenômeno avaliado. O Distrito Federal (3,46) encontra-se em um patamar intermediário.

Além disso, a Região Norte exibe grande dispersão nos dados, com estados como o Amazonas (6,11) apresentando valores significativamente superior à média regional, enquanto Tocantins (1,43) figura com uma das menores taxas do país.

Essas disparidades regionais podem refletir diferenças no acesso a diagnóstico, infraestrutura de saúde, políticas públicas locais, além de fatores socioeconômicos e ambientais que influenciam diretamente os indicadores analisados. A compreensão desses padrões é fundamental para o desenvolvimento de estratégias regionais personalizadas no âmbito da saúde pública.

Os CDT papilíferos e foliculares possuem diferenças histológicas, mas apesar disso, seu prognóstico é semelhante. De acordo com a Sociedade Brasileira de Cirurgia Oncológica, os tratamentos indicados podem variar de acordo com o tipo e estágio do tumor, além de levar em consideração a idade e o quadro de saúde do paciente.

A cirurgia para a retirada da glândula tireoide, denominada tireoidectomia, pode ser realizada de forma parcial, também conhecida como lobectomia da tireoide, frequentemente associada à istmectomia. Esse procedimento é indicado quando o tumor, seja ele um nódulo único ou múltiplos nódulos, possui um tamanho pequeno (menor que 1 centímetro) e está bem localizado. Por outro lado, quando o tumor apresenta um tamanho superior a 1 centímetro, é considerado de alto risco, podendo acometer ambos os lóbulos

da glândula tireoide e apresentar extensão tumoral além da cápsula tireoidiana. Nesses casos, recomenda-se a tireoidectomia total (SBEM, 2006).

Especialistas indicam a ablação do tecido remanescente não-ressecados ou incompletamente ressecados cirurgicamente ou até mesmo em casos de metástases através da radioiodoterapia como tratamento alternativo (Haugen et al., 2016).

A identificação de grupos de risco nos casos de tumores diferenciados facilita a seleção de pacientes para a realização de cirurgia radical (tireoidectomia total) ou parcial (lobectomia da glândula tireoide). Os fatores de risco desempenham um papel fundamental na previsão da evolução da doença. Além disso, esses fatores não são exatamente os mesmos para os dois principais tipos de carcinoma diferenciado da tireoide (CDT). O carcinoma papilífero está frequentemente associado à exposição à radiação ionizante e geralmente apresenta um crescimento mais lento. Por outro lado, o carcinoma folicular está relacionado a déficits ou excessos de iodo na dieta e pode ter um comportamento mais agressivo, com maior tendência à disseminação hematogênica (SBEM).

Para realizar o diagnóstico do carcinoma diferenciado da tireoide (CDT), podem ser solicitados exames laboratoriais, como a dosagem de TSH, a fim de avaliar a função tireoidiana, além de tireoglobulina, anticorpos anti-tireoglobulina e calcitonina, sendo esta última indicada principalmente quando há suspeita de carcinoma medular da tireoide. No diagnóstico por imagem, podem ser solicitados exames como ultrassonografia da tireoide, cintilografia, tomografia computadorizada, ressonância magnética e tomografia por emissão de pósitrons (PET-CT) com 18F-FDG. Além disso, pode ser realizado exame citopatológico, como a punção aspirativa por agulha fina (PAAF), considerada o exame padrão-ouro para a avaliação de nódulos suspeitos, permitindo a análise citológica das células tireoidianas (INCA/MS, 2002).

## 5.2 Princípios Físicos e Biofísicos do Iodo$^{131}$

O iodo-131 (131I) é um radioisótopo do elemento iodo, cujo número atômico é 53 e número de massa 131. Trata-se de um emissor beta ($\beta^-$) e gama ($\gamma$), com meia-vida física de aproximadamente 8,02 dias (IAEA, 2009). O

decaimento ocorre por emissão de partículas beta, transformando o 131I no isótopo estável xenônio-131 (131Xe). A emissão beta apresenta energia máxima de cerca de 606 keV, com energia média de aproximadamente 190 keV, enquanto a emissão gama mais significativa ocorre com energia de 364 keV (CHOPPIN; LILJENZIN; RYDBERG, 2013; STROSCIO; DODD, 2011).

Fisicamente, o iodo-131 é frequentemente manipulado na forma de iodeto de sódio marcado (131NaI), disponível em formulações orais ou injetáveis (USP, 2025). Seu uso é amplamente difundido tanto para diagnóstico quanto para terapia, especialmente no tratamento do hipertireoidismo e do carcinoma diferenciado da tireoide (IAEA, 2009).

O 131I pode ser produzido por duas rotas distintas. A primeira, e mais comum, é por meio da fissão do urânio-235 (235U) em reatores nucleares. Durante esse processo, o núcleo do 235U se divide em dois fragmentos menores, liberando energia, nêutrons e diversos produtos de fissão, entre os quais está o iodo-131 (IAEA, 2019).

Outra forma de produção do iodo-131 é por irradiação do telúrio-130 (130Te). Nesse processo, o 130Te captura um nêutron, transformando-se em telúrio-131 (131Te), que é instável. Em seguida, o 131Te sofre decaimento beta ($\beta^-$), originando o iodo-131 (AMARAL, 2012).

O iodo-131 é amplamente utilizado na medicina nuclear para o diagnóstico e tratamento de doenças da tireoide, como hipertireoidismo e carcinoma diferenciado da tireoide. Seu decaimento por emissão beta negativa ($\beta^-$) permite a atuação terapêutica, enquanto a radiação gama ($\gamma$) possibilita o diagnóstico por meio das câmaras gama (SNYDER et al., 1981).

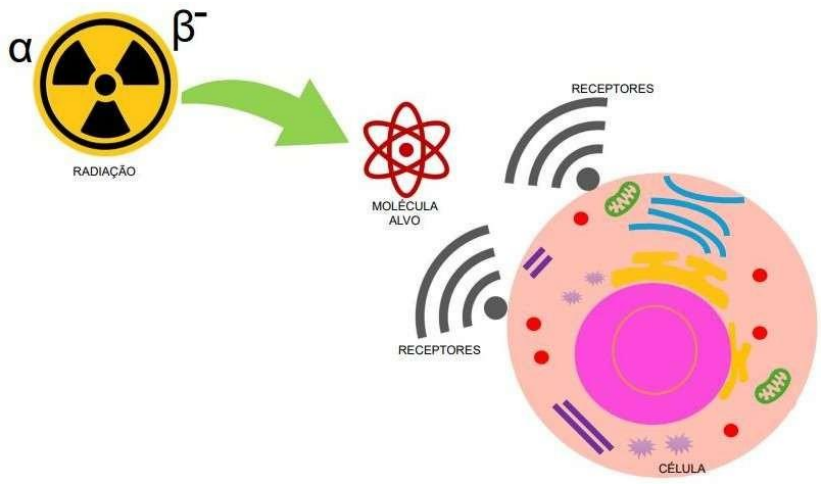
A radiação beta emitida pelo 131I é responsável pelo efeito terapêutico, causando destruição das células tireoidianas pela ionização, enquanto a radiação gama possibilita a detecção por métodos de imagem. A meia-vida biológica do 131I no organismo varia conforme o paciente e o metabolismo, mas costuma ser próxima da meia-vida física, especialmente na tireoide, que apresenta afinidade natural pelo iodo (PEREIRA; REIS, 2010).

O iodo radioativo, i-131, é captado pela glândula tireoide devido à sua afinidade química pelo elemento iodo, que é essencial para a síntese dos hormônios tireoidianos (T3 e T4). A tireoide possui um sistema ativo de transporte conhecido como simporte de sódio e iodo (NIS – sodium-iodide

symporter), que capta o iodo do sangue para dentro das células foliculares da tireoide. Esse mecanismo permite que o iodo radioativo seja concentrado na tireoide, possibilitando a emissão localizada de radiação para fins diagnósticos ou terapêuticos (YONEDA; MORIMOTO, 2005; MIZUNO; KUBOTA, 2013). A seletividade do NIS pelo iodo torna o iodo radioativo uma ferramenta eficiente para tratamentos como o do hipertireoidismo e do carcinoma diferenciado da tireoide, minimizando a exposição radiológica a outros tecidos (RODRIGUES et al., 2017).

Esse processo terapêutico está ilustrado na Figura 10, que demonstra a captação do iodo-131 pelas células foliculares via NIS e a subsequente destruição celular causada pela radiação beta emitida pelo radionuclídeo.

Figura 10 – Processo terapêutico do iodo-131 na tireoide, mostrando a captação do radionuclídeo pelas células foliculares via NIS e a destruição celular causada pela radiação beta.




Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

### 5.3 Terapia com Radionuclídeos e Regulamentação

Uma das terapias inovadoras e mais utilizada dentro do teranóstico é a radioiodoterapia, uma modalidade terapêutica onde utiliza compostos de iodo radioativo para tratar uma variedade de alterações relacionadas à glândula tireoide (Camozzato et al., 2022). A radioiodoterapia se destaca como uma

técnica altamente eficaz e precisa, especialmente quando combinada com a abordagem estratégica do teranóstico. Ao incorporar métodos de diagnóstico avançados, como por exemplo a imagem molecular, os médicos podem no cenário atual contemporâneo, utilizar abordagens personalizadas ao tratamento de doenças. Isso tornou-se uma prioridade fundamental. O teranóstico promove um avanço significativo ao oferecer diagnósticos precisos e tratamentos individualizados e altamente direcionados, levando a uma melhoria perceptível nos resultados clínicos e na qualidade de vida dos pacientes (Jaimovich, 2022).

A terapia com iodo radioativo é utilizada como procedimento padrão complementar em pacientes que passaram por tireoidectomia após o diagnóstico de carcinoma diferenciado de tireoide. Este procedimento promove a ablação do tecido tireoidiano residual e é eficaz no tratamento de metástases. O uso do iodo radioativo visa eliminar quaisquer células tireoidianas remanescentes, reduzindo o risco de recorrência do câncer e permitindo um melhor monitoramento dos níveis de tireoglobulina no sangue, que é um marcador da presença de células tireoidianas malignas (Haugen et al., 2016).

A terapia com radionuclídeos, incluindo a radioiodoterapia, é regulamentada por diversas diretrizes nacionais e internacionais, visando garantir a segurança dos pacientes, dos profissionais de saúde e do meio ambiente. Essas regulamentações estabelecem critérios para indicação, preparação do paciente, administração da dose, manejo de resíduos radioativos e orientações pós-terapia (Haugen et al., 2016).

No âmbito internacional, a American Thyroid Association (ATA) define diretrizes para o manejo do carcinoma diferenciado de tireoide, abrangendo a indicação da radioiodoterapia, o preparo com tireotropina recombinante (rhTSH) e protocolos de acompanhamento (Haugen et al., 2016). A International Atomic Energy Agency (IAEA) fornece recomendações sobre segurança radiológica e o manuseio adequado de materiais radioativos, assegurando boas práticas na utilização de radionuclídeos na medicina nuclear (IAEA, 2018). Além disso, a European Association of Nuclear Medicine (EANM) estabelece diretrizes específicas para a administração segura e eficaz de radionuclídeos em procedimentos terapêuticos e diagnósticos (Luster et al., 2008).

No Brasil, a regulamentação do uso de materiais radioativos e a segurança na aplicação de radiofármacos são responsabilidade de diversas entidades. A Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) é a principal autoridade, sendo responsável pela fiscalização e normatização de todas as atividades que envolvem radiações ionizantes. Suas normas asseguram requisitos rigorosos para proteção radiológica, manejo adequado de resíduos radioativos e controle da exposição ocupacional, garantindo a segurança tanto dos pacientes quanto dos profissionais de saúde (CNEN, 2014).

Além disso, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) estabelece diretrizes complementares que regulam a produção, transporte, armazenamento e uso seguro de radiofármacos na área da saúde. As normas da Anvisa asseguram não apenas a qualidade e a eficácia dos produtos utilizados na medicina nuclear, mas também a proteção dos pacientes e dos profissionais envolvidos nos procedimentos, tornando o processo de tratamento mais seguro e eficiente (ANVISA, 2002; ANVISA, 2008).

## 6. METODOLOGIA

### 6.1 Tipo de Estudo

Trata-se de um estudo de natureza aplicada, com abordagem metodológica mista, combinando métodos quantitativos (por meio de questionário estruturado aplicado a profissionais de medicina nuclear) e qualitativos (análise interpretativa das respostas abertas). O desenho da pesquisa é descritivo e exploratório, pois visa compreender como se dá o processo de orientação aos pacientes e identificar lacunas na comunicação das recomendações de radioproteção.

Como etapa preliminar, procedeu-se à revisão integrativa da literatura, com o propósito de estabelecer o embasamento teórico referente ao teranóstico com iodo-131, contemplando seus fundamentos físicos, aplicações clínicas e princípios de radioproteção. Na sequência, elaborou-se um formulário eletrônico, desenvolvido por meio da plataforma *Forms*, contendo questões formuladas especificamente para profissionais que atuam diretamente com pacientes nos serviços de medicina nuclear no Brasil.

Essa revisão seguiu metodologia sistematizada conforme proposto por Mendes, Silveira e Galvão (2008), buscando superar possíveis vieses e consolidar o estado da arte sobre o tema.

I - Identificar o problema frente a pergunta norteadora;
II - Estabelecer critérios de inclusão/exclusão de artigos através da busca na literatura;
III - Coleta de dados com a definição das informações a serem extraídas dos artigos selecionados;
IV - Análise crítica das informações dos estudos incluídos;
V - Interpretação/ discussão dos resultados;

Para realizar pesquisas deste trabalho foi realizado uma busca nas bases de dados Portal Regional da BVS, PubMed,Web of Science, Scientific Electronic Library Online, Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS), ambas via BVSalud. Ainda, a busca nas bases, foi considerado os termos indexados no DeCS/ Mesh Database, tanto em língua

inglesa quanto portuguesa: "iodo"; "medicina nuclear" "radioiodoterapia". Para maior refinamento da busca será utilizado os operadores booleanos AND e OR para cruzar os descritores anteriormente descritos.

A pergunta norteadora para a construção deste estudo foi: "Quais os obstáculos para manter os cuidados da radioiodoterapia e torná-la eficiente?"

Para o tratamento de dados deste plano de trabalho, foi adotado como critérios de inclusão estudos que apresentam: artigos que estão no espaço temporal de até 10 anos, publicados nos idiomas: português, espanhol e inglês, dando ênfase para a qualidade da temática abordada da revisão; estar disponível na íntegra para sua análise de forma completa.

Já, como critério de exclusão, os critérios foram: artigos em duplicidade (repetidos nas bases de dados) e cuja metodologia relacionam-se a dissertações, teses, comentários e editoriais.

Destaca-se que para facilitar a coleta de informações e análise final da amostra, foi utilizado um critério que incluiu os seguintes itens: identificação do artigo segundo autor e ano, objetivo e principais resultados. A análise dos resultados foi realizada de maneira minuciosa e elaboração de estruturas em forma gráfica, por meio da apresentação esquemática de tabela, seguida por um breve compilado narrativo dos dados mais relevantes apresentados.

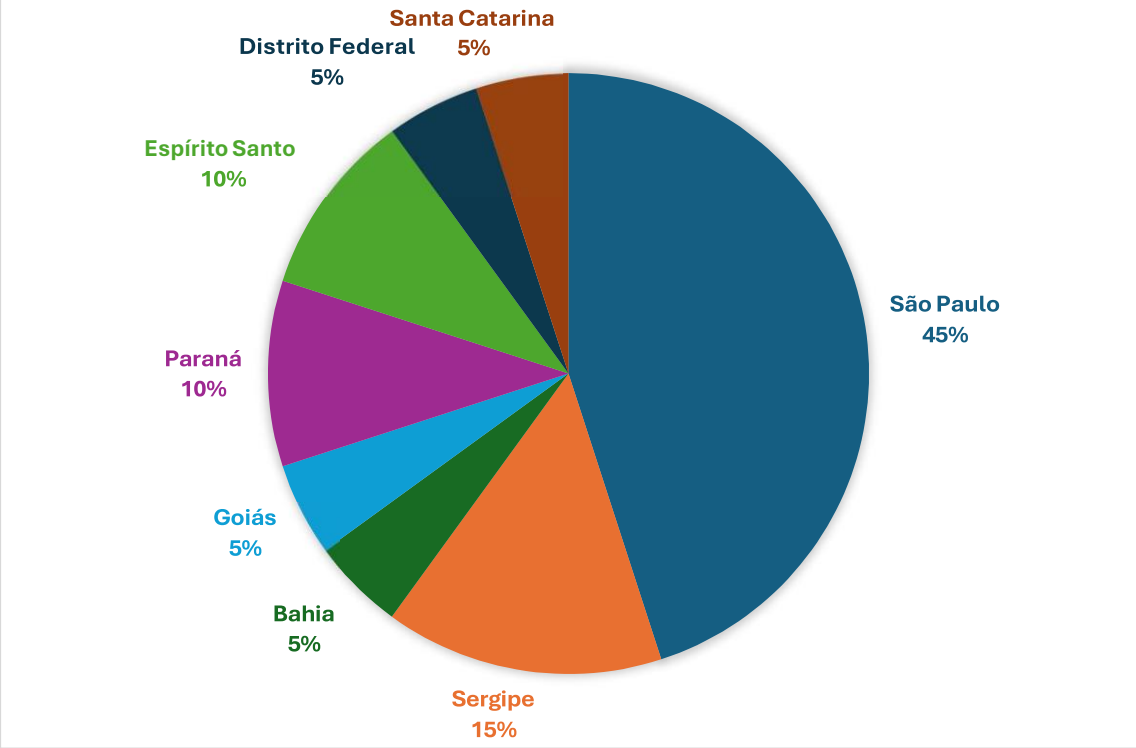
Foi elaborado uma pesquisa de campo distribuída aos serviços de medicina nuclear do Brasil com a disponibilização de um formulário. As análises foram realizadas utilizando-se a ferramenta Microsoft Excel, pertencente ao pacote Office. Todas as respostas foram examinadas de forma minuciosa, a fim de subsidiar a elaboração dos gráficos e sua posterior utilização nas discussões dos resultados.

## 6.2 População-Alvo Respondentes

O estudo teve acesso a dados de profissionais com média de idade entre 25 e 50 anos. Os dados foram disponibilizados de maneira online a nível Brasil, com destaque de respostas das regiões sul, sudeste, nordeste e centro-oeste do país, com os estados de São Paulo, Goiás, Espírito Santo, Sergipe, Bahia, Paraná, Santa Catarina e o Distrito Federal, sendo que o estado de São Paulo,

apresentou o maior número de respostas, conforme gráfico exibido a seguir, Figura 11.

Figura 11 – Percentual de respostas do formulário por estado do Brasil.

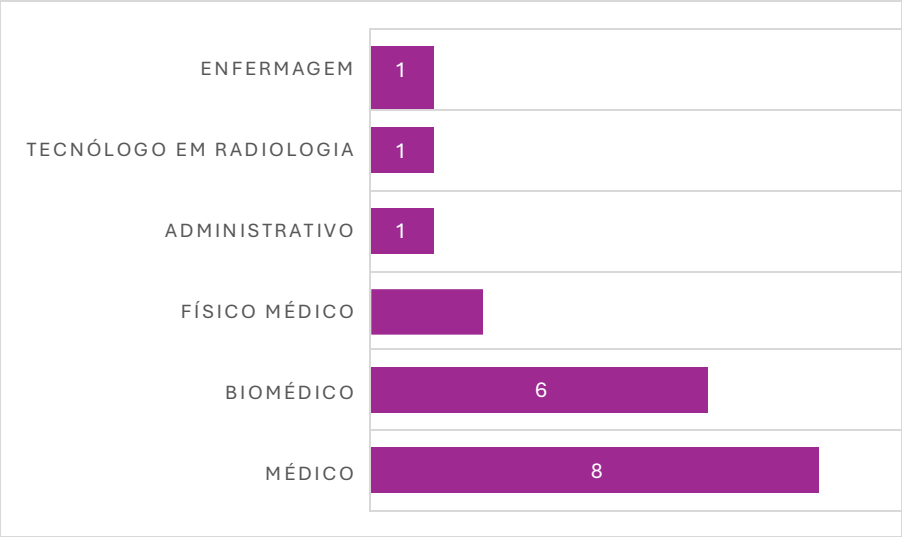



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

### 6.3 Questionário e Coleta de Dados.

O formulário foi distribuído para equipes multiprofissional, com o objetivo de receber respostas de profissionais que mantinham contato com os pacientes. Ficou disponível para coleta de dados no período em torno de 10 meses com o total de 18 perguntas. A amostra teve uma média de 25 respostas. O questionário tem como objetivo avaliar o entendimento das orientações de radioproteção entre os pacientes e as práticas de comunicação dos profissionais envolvidos. O trabalho é de equipe multiprofissional nas áreas administrativas, assistencial com colaboradores de formação como enfermagem, biomedicina, tecnólogos em radiologia e de supervisão, sendo médicos e físicos-médicos. Dentre as formações mais mencionadas, pela volumetria, destacaram-se biomédicos e médicos, conforme demonstrado na Figura 12.

Figura 12 – Perfil de formação profissional dos respondentes.




Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Este questionário foi estruturado por questões com o objetivo sobre compreensão das orientações fornecidas aos pacientes/clientes, metodologias de comunicação dos profissionais de ponta, no qual têm contato diretamente com estes pacientes/clientes, as dificuldades apresentadas por pacientes/clientes e percepção dos profissionais quanto a estas limitações.

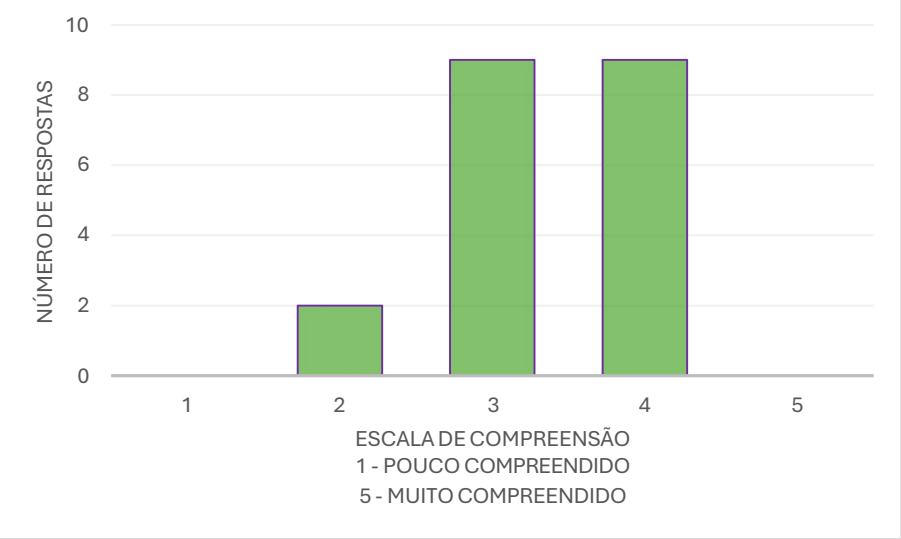
O questionário foi aplicado de forma online a profissionais de medicina nuclear que atuam diretamente no atendimento e nos procedimentos de radioablação com iodo $^{131}$, tanto em doses ambulatoriais quanto em casos que exigem internação. Os serviços de medicina nuclear avaliados, possuem uma média de 1 a 5 leitos disponibilizados para os tratamentos, além disso, é realizado o atendimento em média de 3 a 20 pacientes/clientes por mês. Os serviços são administrados de maneira pública, privadas e parceria público-privada (PPP).

Como as informações chegam de fato até os pacientes durante o contato com os profissionais de saúde. A dificuldade de compreensão é em relação ao grau de dificuldade do assunto, ou a maneira como ela está sendo transmitida a seu público-alvo? Além disso, foi abordado questões socioeconômicas com o objetivo de averiguar se o grau de estudo, região e geração podem ser um aditivo para estas limitações.

## 6.4 Análise Estatística

A análise foi elaborada por ferramentas Microsoft Excel para elaborar os gráficos e tabelas com objetivo de adquirir dados estatísticos com base nas respostas adquiridas com o formulário disponibilizado no estudo. O formulário seguiu a LGPD, onde foi inserido um tópico descrevendo o motivo e objetivo do formulário e solicitando autorização e concordância do respondente para que as respostas pudessem passar por análise e fazer parte de uma dissertação. Os profissionais foram questionados quanto a compreensão de seu público-alvo quanto as informações fornecidas como orientações de precaução de contato que devem seguir após a alta médica pós-tratamento de radioablação. A escala utilizada foi numérica onde o número 1 (um) representa pouco compreendido e o número 5 (cinco) maior da escala representa muito compreendido. Podemos analisar as informações obtidas representadas com Figura 13 abaixo.

Figura 13 – Distribuição das Respostas na Escala de Compreensão.

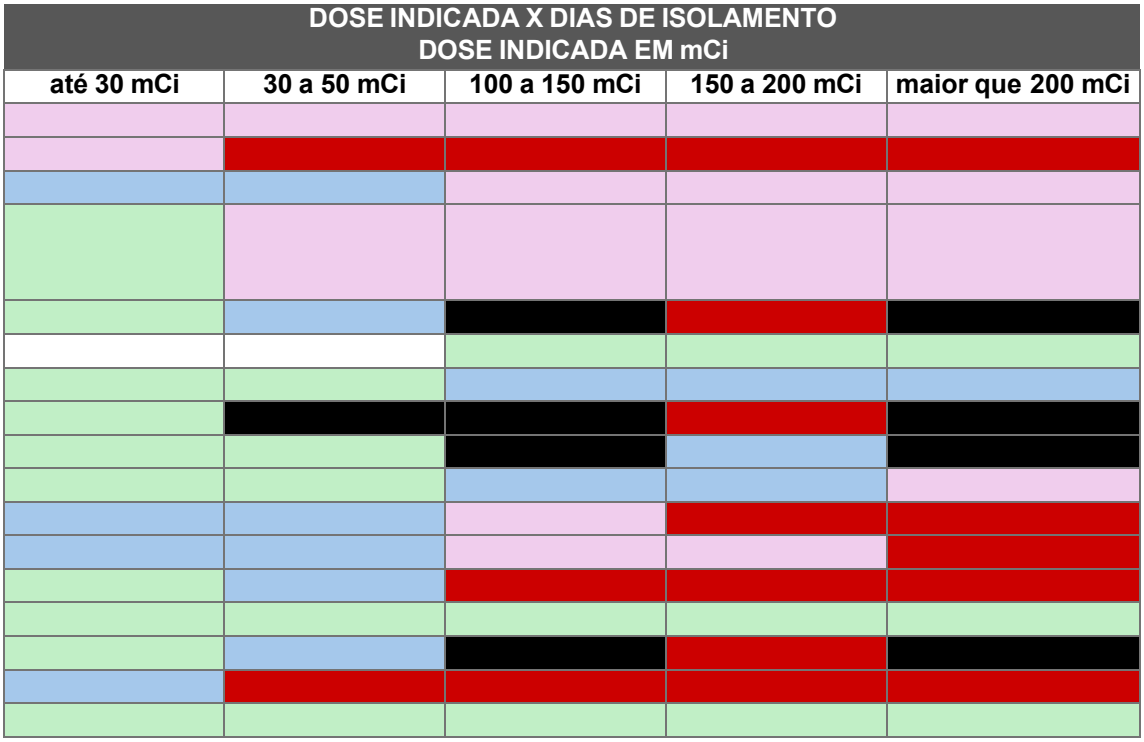



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025

Foi questionado sobre a quantidade em dias indicado/sugerido pelo médico nuclear de acordo com o plano terapêutico de isolamento para as pessoas submetidas ao iodo radioativo como radioablação com iodo$^{131}$ no tratamento da doença da tireoide. As doses indicadas no formulário variavam de 30 mCi a maior que 200 mCi e os dias de isolamento variavam de 3 a maior

que 10 dias. Também foi disponibilizado uma opção de outros para que o convidado estivesse livre para descrever qualquer outra informação condizente com a pesquisa. Os dados foram transferidos para uma tabela, onde os dias de isolamento podem ser entre 3 e 5 dias estão representados na cor verde, os dias entre 5 e 7 dias estão representados na cor azul, os dias entre 7 e 10 dias estão representados na cor rosa, o isolamento indicado que pode ser igual ou superior a 10 dias estão representados na cor vermelha, os que não realizam foram representados na cor preta, e os comentários estão descritos conforme fornecido em itálico, como podemos ver a seguir, na Figura 14.

Figura 14 – Análise demonstrativa das respostas adquiridas por dose indicada x dias de isolamento.




Legenda:

| | |
|---|---|
| | 3-5 dias |
| | 5-7 dias |
| | 7-10 dias |
| | maior que 10 dias |
| | não realizado |
| | De acordo com as normas da CNEN, atividade abaixo de 50 mCi são isentas de isolamento em quarto terapêutico. |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

# 7. DISCUSSÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

## 7.1 Interpretação dos Resultados do Questionário

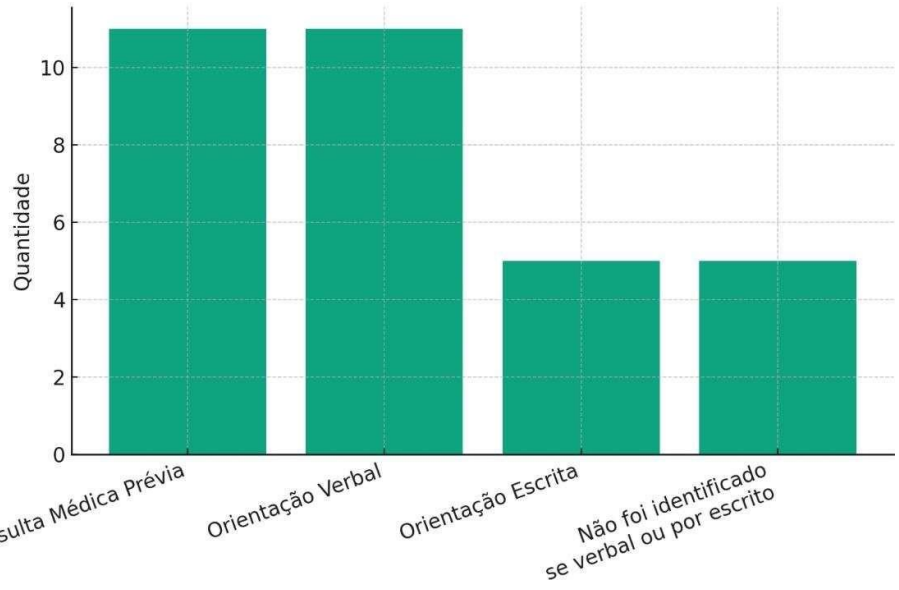
A ferramenta online disponibilizada questiona sobre qual a maneira e metodologia as orientações de radioproteção com precauções de contato na qual os pacientes/clientes devem seguir pós-tratamento em seus devidos lares com suas rotinas caseiras e laborais.

Algumas das respostas coletadas por meio do formulário online foram transcritas para análise. Estas respostas foram descritas, enviadas por e-mail ou em formato de áudio pelo aplicativo WhatsApp, conforme instruções no formulário fornecido. Os dados foram categorizados de acordo com o tema abordado no questionário, garantindo que as informações fossem apresentadas de forma clara e objetiva. As respostas foram transcritas integralmente, respeitando a redação original dos participantes. Esse processo visa assegurar a fidelidade dos dados obtidos.

Pergunta: “De que forma são realizadas as orientações aos pacientes que irão se submeter à radioiodoterapia?”

Com base nas respostas obtidas e após uma análise minuciosa, foi possível identificar padrões recorrentes, os quais foram sistematicamente organizados em categorias distintas. A distribuição desses padrões é apresentada na Figura 15, a seguir, proporcionando uma visualização clara das tendências observadas. Para uma consulta mais aprofundada, os dados brutos das respostas estão disponíveis no Apêndice 1.

Figura 15 – Análise Qualitativa e Quantitativa de Respostas.




Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Os dados obtidos através do formulário foram agrupados em categorias consideradas principais, uma vez que apresentam recorrência tanto em termos de terminologia quanto de abordagem. Essas categorias incluem: frequência e forma das orientações, metodologia e entrega das informações, conteúdos abordados e cuidados pós-tratamento. A seguir, será realizada a interpretação das respostas dentro de cada um desses subgrupos, a fim de aprofundar a compreensão dos padrões identificados.

A análise das respostas revela uma diversidade de abordagens no processo de orientação aos pacientes sobre os cuidados com a radioproteção. Podemos observar também algumas respostas genéricas e superficiais, que indicam apenas que as orientações são fornecidas, sem especificar como ou por quem. Além disso, sugerem que existe uma falta de padronização ou clareza na comunicação, já que não especificam o formato, o momento ou quais são os responsáveis pelo fornecimento destas informações. Estes padrões podem ser observados nas respostas 1 e 3.

Frequência e forma das orientações: A maioria dos respondentes destaca que as orientações ocorrem em múltiplos momentos, como antes, durante e após o tratamento. Muitas das respostas indicam que as instruções iniciais são fornecidas durante uma consulta médica prévia, e reforçadas no dia

do tratamento, seja de forma verbal, por escrito ou de ambas as formas. Respostas como as de números 2, 4, 7, 9 e 13 demonstram que as orientações são tanto orais quanto documentadas em formulário, com a entrega de material textualizado impresso que é, frequentemente, assinado pelo paciente, garantindo a confirmação de que as instruções foram recebidas.

Metodologia de entrega das orientações: As respostas revelam um padrão comum de orientação, que inclui consultas presenciais, com algumas variações quanto à forma de comunicação, como consultas online ou por chamada, e o uso de canais digitais como o WhatsApp para tirar dúvidas adicionais (Resposta 9). Além disso, é frequente a entrega de materiais explicativos impressos com o texto descritivo, com a assinatura do paciente, como forma de reforçar o compromisso com os cuidados de radioproteção (Respostas 5, 6, 13).

Conteúdo das orientações: O conteúdo das orientações é geralmente detalhado e abrange tanto aspectos gerais do tratamento quanto os cuidados específicos de radioproteção. A maioria das respostas menciona a orientação sobre dieta, cuidados com a radioproteção, e procedimentos pós-tratamento. A variedade de respostas indica que as orientações podem incluir detalhes sobre a restrição de contato com gestantes e crianças, cuidados alimentares específicos, e as precauções necessárias conforme a dosagem de iodo radioativo (Respostas 10, 11, 15).

Cuidados pós-tratamento: Também se observa uma ênfase no fornecimento de orientações pós-tratamento. O médico nuclear ou o físico médico é citado como responsável por explicar os cuidados durante a internação e no pós-tratamento, com algumas respostas destacando a entrega de formulários que detalham essas instruções (Respostas 13, 15).

Em suma, os resultados indicam que a comunicação de orientações relacionadas à iodoterapia é cuidadosamente planejada, com foco na clareza e na documentação das instruções para garantir que o paciente compreenda as medidas de radioproteção que devem ser seguidas antes, durante e após o tratamento.

## 7.2 Discussão sobre Melhorias nas Práticas de Radioproteção

Com base neste estudo, observa-se na maioria dos relatos em formato de resposta, um conflito quanto ao momento em que os pacientes submetidos ao tratamento com iodo radioativo estão recebendo as orientações. A consulta prévia com o médico nuclear ocorre na fase inicial do tratamento, mas esse período pode variar de 15 a 30 dias ou mais, dependendo de processos burocráticos. Considerando que algumas orientações dizem respeito a cuidados pós-tratamento, que podem ocorrer até 30 dias depois, essa comunicação antecipada pode não ser o momento ideal para transmitir tais informações.

Isso se deve ao fato de que o processo envolve 30 dias de suspensão hormonal, mais 7 a 14 dias de dieta restritiva e, posteriormente, o período de internação, tornando difícil para o paciente reter e aplicar corretamente todas as instruções recebidas no início do tratamento.

Embora a norma CNEN NN-3.05, 2013 estabeleça diretrizes claras para a comunicação das medidas de radioproteção, a utilização exclusiva de documentos técnicos pode dificultar a compreensão dos pacientes, que, em sua maioria, não possuem familiaridade com a terminologia específica. Como consequência, há um risco de que informações essenciais não sejam devidamente assimiladas, comprometendo a adesão às recomendações de segurança. Para garantir que os cuidados necessários sejam compreendidos e seguidos corretamente, é essencial adotar estratégias de comunicação mais acessíveis e didáticas, como materiais educativos simplificados, linguagem objetiva e reforço das orientações em momentos estratégicos do tratamento.

Entre as melhorias possíveis, destaca-se a implementação de materiais educativos simplificados, como cartilhas ilustradas, que reforcem as instruções de forma didática. Além disso, recomenda-se que as orientações sejam reforçadas em momentos estratégicos, mais próximos à internação e à alta hospitalar, garantindo que o paciente compreenda e siga corretamente as medidas de radioproteção.

Essas melhorias podem otimizar a adesão às medidas de segurança, reduzindo riscos de exposição desnecessária e garantindo maior efetividade na radioproteção tanto para o paciente quanto para as pessoas ao seu redor.

# 8. CONCLUSÃO

## 8.1 Principais Achados e Implicações Clínicas

A análise qualitativa das respostas obtidas por meio do formulário revelou a existência de uma estrutura básica de orientação aos pacientes submetidos à iodoterapia, com destaque para a frequência das instruções, a diversidade de métodos de entrega, o conteúdo abordado e os cuidados no período pós-tratamento. Observou-se que muitos profissionais adotam múltiplos momentos de orientação, frequentemente utilizando recursos verbais e escritos, com assinatura do paciente como forma de confirmação.

Contudo, também foram identificadas falhas relevantes na padronização das práticas comunicacionais. Algumas respostas foram genéricas ou imprecisas, sem esclarecer o profissional responsável, o momento da orientação ou os detalhes do conteúdo transmitido. Tal cenário evidencia a necessidade de maior uniformidade e sistematização nos processos educativos voltados aos pacientes, especialmente em procedimentos que envolvem risco de exposição radiológica a terceiros.

As implicações clínicas desses achados são significativas, visto que a falta de clareza ou de protocolos bem definidos pode comprometer a adesão às medidas de radioproteção, colocando em risco a segurança tanto do paciente quanto da comunidade ao seu redor. A presença de orientações inconsistentes ou incompletas pode ainda impactar negativamente a confiança do paciente no tratamento e nas equipes envolvidas, prejudicando a relação terapêutica e os resultados clínicos esperados.

## 8.2 Recomendações para Futuros Estudos e Práticas Clínicas

Diante dos resultados obtidos, recomenda-se que, em futuras etapas, sejam conduzidos estudos complementares voltados à avaliação da efetividade da cartilha após sua implementação em clínicas e hospitais que ofertam a iodoterapia. Tais estudos devem considerar, prioritariamente, a clareza da linguagem empregada nas orientações destinadas aos pacientes submetidos a terapias com radionuclídeos, tanto em contextos ambulatoriais quanto hospitalares. Essa análise poderá contribuir significativamente para o aprimoramento das estratégias de comunicação em saúde e para a garantia de um cuidado mais seguro e humanizado.

No que se refere à prática clínica, destaca-se a importância da implementação de protocolos padronizados de comunicação, que definam com clareza os momentos, os conteúdos essenciais e os profissionais responsáveis pela transmissão das informações. Sugere-se, ainda, o desenvolvimento e uso de materiais educativos validados, que sejam acessíveis, claros e adequados ao perfil do paciente, de modo a favorecer a compreensão e a adesão às recomendações de segurança.

Recomenda-se também o fortalecimento da formação e capacitação contínua das equipes multiprofissionais, incluindo médicos, enfermeiros, técnicos e físicos médicos, para que todos compreendam e atuem de forma articulada no processo de orientação e proteção radiológica. Tais medidas poderão contribuir de maneira decisiva para a melhoria da qualidade assistencial, para a segurança radiológica dos envolvidos e para a eficácia terapêutica dos procedimentos.

Além disso, recomenda-se o acompanhamento sistemático da aplicação da cartilha nos serviços de saúde que realizam tratamentos com radioiodoterapia em medicina nuclear. Tal monitoramento permitirá avaliar a efetividade do material no processo de comunicação com o público-alvo, especialmente no que se refere à compreensão e assimilação das informações repassadas. A análise dos resultados obtidos poderá subsidiar ajustes no conteúdo e na metodologia de entrega, garantindo que as orientações sobre proteção radiológica sejam compreendidas de forma clara, segura e eficaz pelos pacientes.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**ALMEIDA, Rodrigo dos Santos.** Aplicações da medicina nuclear no diagnóstico e tratamento de doenças. 2018. 63 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Física Médica) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/6533/2/Rodrigo%20dos%20Santos%20Almeida.pdf.

**AMARAL, H. A. et al.** Manual de radiofarmácia: produção e controle de qualidade de radiofármacos. São Paulo: Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN, 2012.

**ARANDA-LARA, Liliana; MORALES-AVILA, Enrique; LUNA-GUTIÉRREZ, Myrna A.; OLIVÉ-ALVAREZ, Eunice; ISAAC-OLIVÉ, Keila.** Radiolabeled liposomes and lipoproteins as lipidic nanoparticles for imaging and therapy.

**BECQUEREL, H.** Sur les propriétés d'émission des rayons de l'uranium. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, v. 122, p. 420-421, 1896.

**BEIR (Biological Effects of Ionizing Radiation).** Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation: BEIR VII Phase 2. Washington, D.C.: National Academies Press, 2006.

**BENEFIELD, L. E.** Implementing evidence-based practice in home care. Home Healthc Nurse, v. 21, n. 12, p. 804-811, dez. 2003.

**BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa).** Resolução RDC nº 50, de 21 de fevereiro de 2002. Diário Oficial da União, Brasília, 21 fev. 2002. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2002/rdc0050_21_02_2002.html. Acesso em: 30 mar. 2025.

**BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa).** Resolução RDC nº 38, de 4 de junho de 2008. Diário Oficial da União, Brasília, 4 jun. 2008. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2008/res0038_04_06_2008.html. Acesso em: 30 mar. 2025.

**BRASIL. Ministério da Saúde**. Portaria nº 453, de 1º de junho de 1998. Aprova o regulamento técnico que estabelece as diretrizes básicas de proteção radiológica em radiodiagnóstico médico e odontológico. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 1998. Disponível em: https://crtr9.org.br/wp-content/uploads/2018/03/por_453_1998.pdf. Acesso em: 1 jun. 2025.

**BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde.** Portaria nº 7, de 3 de janeiro de 2014. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 6 jan. 2014.

**BURKETT,** Brian J. et al. A Review of Theranostics: Perspectives on Emerging Approaches and Clinical Advancements. Radiology: Imaging Cancer, v. novo, 2023.

**BURNS, William R.; ZEIGER, Martha A.** Differentiated Thyroid Cancer. Seminars in Oncology, v. 37, n. 6, p. 557-566, dez. 2010. Elsevier BV.

**BUSHBERG, J. T. et al.** The Essential Physics of Medical Imaging, 3rd ed., 2011.

**CAGOL CAMOZZATO, T. S.; EJIDIKE, A. B.; OLIVEIRA PIRES, L.; DORROW, P. F.** Orientações de proteção radiológica pós-terapia para pacientes submetidos à radioiodoterapia: uma revisão integrativa. Saúde.Com, v. 18, n. 3, p. 1-8, 2022. DOI: 10.22481/rsc.v18i3.10918.

**Chemistry and Physics of Lipids,** v. 233, p. 104934, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.chemphyslip.2020.104934

**CHOPPIN, G. R.; LILJENZIN, J.-O.; RYDBERG, J.** Radiochemistry and nuclear chemistry. 4. ed. Oxford: Elsevier, 2013.

**COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR (Brasil).** Norma CNEN-NN-3.01: Diretrizes básicas de proteção radiológica. Rio de Janeiro: CNEN, 2014. Disponível em: https://www.gov.br/cnen/pt-br/centrais-de-conteudo/normas/nn-3-01.pdf.

**COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR (Brasil).** Norma CNEN-NN-3.05: Requisitos de segurança e proteção radiológica para serviços de medicina nuclear. Resolução CNEN/CD nº 159, de 17 de dezembro de 2013. Rio de Janeiro: CNEN, 2013. Disponível em: https://www.gov.br/cnen/pt-br/acesso-rapido/normas/grupo-3/grupo3-nrm305.pdf

**COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR (CNEN).** O acidente radiológico em Goiânia. Rio de Janeiro: CNEN, 1988.

**CONDUTAS DO INCA/MS / INCA/MS.** Câncer da Tireóide. Revista Brasileira de Cancerologia, v. 48, n. 2, p. 181-185, 2002.

**CURIE, M.** Traité de Radioactivité. Paris: Gauthier-Villars, 1910.

**CURRY, T. S.; DOWDEY, J. E.; MURRY, R. C.** Christensen's Physics of Diagnostic Radiology, 4th ed.

**DIEHL, L.** Protocolo de tratamento e acompanhamento do câncer diferenciado de tireoide (CDT). 2006. Universidade Estadual de Londrina. Disponível em: https://www.saudedireta.com.br/docsupload/1340495795protocolo_ca_tireoide_uel.pdf. Acesso em: 20/07/2024.

**FERREIRA, J. P.; COSTA, L. M.** Avanços na medicina personalizada aplicada ao carcinoma diferenciado da tireoide. Revista Brasileira de Endocrinologia, v. 65, n. 3, p. 245-257, 2019.

**GIOVANELLA, Luca; DEANDREIS, Desiree'; VRACHIMIS, Alexis; et al.** Molecular Imaging and Theragnostics of Thyroid Cancers. Cancers (Basel), v. 14, n. 5, p. 1272, mar. 2022.

**GOMES, A. D.; MEDEIROS, R. B.** Radioproteção e dosimetria: Fundamentos. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2009.

**GUIMARÃES, Maria Inês Calil e LIMA, Marcos Santos.** Princípios básicos de física das radiações. Medicina nuclear: princípios e aplicações. Tradução. Rio de Janeiro: Atheneu, 2017. Acesso em: 20 abr. 2025.

**HALL, E. J.; GIACCIA, A. J.** Radiobiology for the Radiologist, 7th ed., 2011.

**HATCH-McCHESNEY, Adrienne; LIEBERMAN, Harris R.** Iodine and iodine deficiency: a comprehensive review of a re-emerging issue. Nutrients, v. 14, n. 17, p. 3474, 2022. DOI: https://doi.org/10.3390/nu14173474.

**HAUGEN, B. R. et al.** 2015 American Thyroid Association management guidelines for adult patients with thyroid nodules and differentiated thyroid cancer. Thyroid, v. 26, n. 1, p. 1-133, 2016. DOI: https://doi.org/10.1089/thy.2015.0020.

**HAZAR, A.; RAHIMI, M.; VOSOUGHI, A.** Thyroid cancer in the world: An epidemiological review. Journal of Health Science and Social Studies, v. 10, n. 4, p. 1-8, 2020. DOI: 10.30476/jhsss.2020.46635.

**HERZOG, Tobias J.; SHARMA, Abhinav.** Theranostics: From Molecular Imaging to Precision Medicine. Cham: Springer, 2021.

**IAEA – INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY.** Radiation protection and safety of radiation sources: international basic safety standards. Vienna: IAEA, 2014. (IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 3).

**IAEA – INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY.** Theranostics: the Future of Diagnosis and Treatment. Vienna: IAEA, 2018. Disponível em: https://www.iaea.org/topics/theranostics. Acesso em: 25 maio 2025.

**IAEA.** Practical Radiation Protection and Safety in Medicine. Vienna: IAEA, 2007.

**ICRP – INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION.** The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Annals of the ICRP, v. 37, n. 2-4, 2007.

**ICRP (International Commission on Radiological Protection).** Radiation Protection Recommendations as Applied to the Management of Radionuclides in the Human Body. ICRP Publication 69, 1995.

**INB – INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL.** O que é radioatividade? Disponível em: https://www.inb.gov.br. Acesso em: 25 maio 2025.

**INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL.** O que é radioatividade? 2023. Disponível em: https://www.inb.gov.br/Contato/Perguntas-Frequentes/Pergunta/Conteudo/-o-que-e-radioatividade?Origem=1760.

**INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA).** Cyclotron produced radionuclides: physical characteristics and production methods. Vienna: IAEA, 2009. (IAEA Radioisotopes and Radiopharmaceuticals Series, no. 1). Disponível em: https://www.iaea.org/publications/7936. Acesso em: 25 maio 2025.

**International Atomic Energy Agency (IAEA).** Radiation Protection and Safety in Medical Uses of Ionizing Radiation. IAEA Safety Standards Series No. SSG-46, 2018.

**INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION (ICRP).** The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Annals of the ICRP, v. 37, n. 2–4, 2007.

**JAIMOVICH, R.** Teranóstica: conceptos y aplicaciones. Revista Médica Clínica Las Condes, v. 33, n. 2, p. 1-8, 2022. DOI: 10.1016/j.rmclc.2022.03.002.

**KNOLL, Glenn F.** Radiation Detection and Measurement. 4. ed. Hoboken: Wiley, 2010.

**LABORATOYS.** Manual Técnico - Radiação e Iodo Radioativo. [Local de publicação], 2018.

**LUSTER, M. et al.** Guidelines for radioiodine therapy of differentiated thyroid cancer. European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging, v. 35, n. 10, p.1941-1959, 1 ago. 2008. Springer Nature. http://dx.doi.org/10.1007/s00259-008-0867-1.

**MINISTÉRIO DA SAÚDE.** Diretrizes para diagnóstico e tratamento do câncer de tireoide. 2020. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretrizes_diagnostico_tratamento_cancer_tireoide.pdf.

**MINISTÉRIO DA SAÚDE.** Portaria nº 453, de 1 de junho de 1998. Regulamento Técnico sobre Proteção Radiológica em Radiodiagnóstico Médico e Odontológico. Diário Oficial da União, Brasília, 2 jun. 1998.

**MINISTÉRIO DA SAÚDE.** Tratamento do câncer diferenciado de tireoide: Protocolo clínico e diretrizes terapêuticas. 2018. Disponível em: https://www.saude.gov.br/images/pdf/2018/marco/06/PCDT-Tireoide.pdf.

**MIZUTA, K. et al.** Diagnostic performance of PET/CT with 18F-FDG in thyroid cancer: systematic review and meta-analysis. Journal of Nuclear Medicine, v. 60, n. 9, p. 1330-1336, 2019.

**MOORE, S. C.; NEAL, D. E.** Radiobiology and radiotherapy. Cancer, v. 45, n. 7, p. 1539-1543, 1980.

**NATIONAL COUNCIL ON RADIATION PROTECTION AND MEASUREMENTS (NCRP).** Report No. 160: Ionizing Radiation Exposure of the Population of the United States. Bethesda, MD: NCRP, 2009.

**NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY (NIST).** X-Ray Mass Attenuation Coefficients. 2021. Disponível em: https://www.nist.gov/pml/x-ray-mass-attenuation-coefficients. Acesso em: 25 maio 2025.

**Nuclear Medicine in Thyroid Cancer.** Seminars in Nuclear Medicine, v. 46, n. 3, p. 235-246, 2016.

**OLIVEIRA, L. G.; PEREIRA, J. P.** Radioproteção em medicina nuclear. Revista Brasileira de Radiologia, v. 53, n. 3, p. 439-446, 2020.

**PEREIRA, C. A. B.** Radioiodine therapy for differentiated thyroid carcinoma. Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia, v. 49, n. 1, p. 123-130, 2005.

**PINHEIRO, G. B.; MENEZES, A. C.; SOUZA, J. C.** Terapia com radioiodo: aspectos clínicos e radiobiológicos. Revista Brasileira de Cancerologia, v. 63, n. 4, p. 547-555, 2017.

**POTTINGER, A. M.** Radioproteção em medicina nuclear: avaliação e controle da dose ocupacional. 2015. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais.

**RADIOPHARMACEUTICALS: Production, Quality Control, and Use.** IAEA Training Materials. Vienna: IAEA, 2015.

**RILEY, John D. et al.** Advances in nuclear medicine theranostics. *Journal of Nuclear Medicine*, New York, v. 60, n. 3, p. 123-134, 2019.

**SAHA, Gopal B**. Physics and Radiobiology of Nuclear Medicine. New York: Springer, 2006.

**SILVA, L. M. et al.** Radioproteção em serviço de medicina nuclear: uma revisão integrativa. Revista Brasileira de Radiologia, v. 54, n. 4, p. 435-441, 2021.

**SOCIEDADE BRASILEIRA DE MEDICINA NUCLEAR.** Manual de radioproteção em medicina nuclear. São Paulo: SBMN, 2010.

**SZONDY, Zoltán et al**. Role of DNA damage response pathways in apoptosis and cell cycle control. Aging (Albany NY), v. 2, n. 9, p. 597–606, 2010.

**TAN, C. S.; GHISLAIN, A.; CHUNG, J. K.** Radioiodine therapy for differentiated thyroid cancer. Journal of Nuclear Medicine Technology, v. 46, n. 3, p. 202-209, 2018.

**TAYLOR, S. A. et al.** Imaging in thyroid cancer: state of the art. European Radiology, v. 29, n. 8, p. 3754-3764, 2019.

**TUTTLE, R. M.; PACINI, F.; SHARMA, S.; et al.** Controversies, consensus, and collaboration in the management of differentiated thyroid cancer. Thyroid, v. 29, n. 6, p. 649-666, 2019.

**WEBER, Wolfgang A.; BARTHEL, Henryk; BENGEL, Frank; et al**. What Is Theranostics? Journal of Nuclear Medicine, v. abril, 2023.

**WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO).** Ionizing radiation, health effects and protective measures. Geneva: WHO, 2016.

## 10. APÊNDICE

### Apêndice A – Pergunta e respostas, formulário elaborado pelo autor

Pergunta: “De que forma são realizadas as orientações aos pacientes que irão se submeter à radioiodoterapia?”

Respondente 1, 2024 “Para seguir as instruções”.

Respondente 2, 2024 “Em consultas médicas previamente ao tratamento, por escrito antes do tratamento, verbalmente e por escrito no dia do tratamento”.

Respondente 3, 2024 “O médico vai realizar as orientações”.

Respondente 4, 2024 “É passado orientações escritas para o paciente antecipadamente e no dia do tratamento é feita uma explanação verbal e novamente orientações escritas.”.

Respondente 5, 2024 “A informação é passada de acordo com os planos de radioproteção dados pelo supervisor de radioproteção, tudo é diretamente explícito ao paciente desde a consulta com o médico até o momento em que ele se direciona para o quarto. O paciente recebe as orientações de forma oral antes de se iniciar a iodoterapia e em papel também, seguido por assinatura do paciente, reforçando que ele está ciente dos termos a serem seguidos pelas normas de radioproteção durante todo período de afastamento”.

Respondente 6, 2024 “Todos os pacientes passam previamente por uma consulta com o médico nuclear, onde é informado procedimentos de preparo e radioproteção durante e após a iodoterapia. Todas as orientações também são passadas por informativo impresso e assinado pelo paciente.”.

Respondente 7, 2024 “Realizo as orientações via oral no dia da consulta e oral e por escrito no dia da dose.”.

Respondente 8, 2024 “Consulta com o médico nuclear”.

Respondente 9, 2024 “Consulta presencial, online ou por chamada, dependendo da preferência do paciente. As orientações gerais, de dieta e de radioproteção são entregues por escrito e todas as dúvidas são sanadas na consulta. Um canal de comunicação via WhatsApp também é disponibilizado para eventuais novas dúvidas.”.

Respondente 10, 2024 “Evitar movimentos durante o tratamento, dieta leve e avisar se estiver sentindo algo de estranho durante o tratamento”.

Respondente 11, 2024 “Se for de baixa dosagem, não ficar próximo de crianças e nem gestantes, já dose mais alta permanecer isolado em quarto terapêutico até o decaimento para liberação após o período pertinente ao tratamento.”.

Respondente 12, 2024 “Orientações de preparo, prévio para uso da iodoterapia”.

Respondente 13, 2024 “As orientações são feitas inicialmente pelo médico nuclear na primeira consulta médica. No ato da internação o paciente e orientado pelo físico médico, sobre os cuidados que deve ter durante o período de internação, e o médico nuclear também visita o paciente podendo tirar possíveis dúvidas. Agora os cuidados pós internação são passados para o paciente no ato da alta hospitalar, também pelo físico médico, tanto verbalmente quanto em formulário impresso.”

Respondente 14, 2024 “O médico nuclear agenda um horário com o paciente e explica como será realizada a radioiodo, dieta necessária, exames que deve realizar previamente e explica os procedimentos pós radioiodo.”.

Respondente 15, 2024 “O preparo compreende 7 dias de dieta pobre em iodo e restrição de contaminantes por 15 dias a 3 meses, dependendo da fonte (contraste, Amiodarona, tintura de cabelo). Quatro dias de cuidados de radioproteção (o dia da dose + 3).”.

## Apêndice B – Cartilha elaborada pelo autor.

**Cartilha Orientativa**

# Bem-vindo à Fase Final do seu Tratamento!

### Você chegou a um momento muito importante: a iodoterapia, também chamada de terapia com iodo radioativo



Esse tratamento é utilizado para eliminar possíveis células restantes da tireoide ou do câncer após a cirurgia (tireoidectomia), ajudando na sua recuperação completa.

A iodoterapia é segura e eficaz, mas **requer alguns cuidados especiais** para garantir sua segurança e também a de outras pessoas ao seu redor.



Nesta cartilha, você encontrará orientações importantes que devem ser seguidas após o recebimento do iodo radioativo.



**Na página seguinte**, estão descritos os **cuidados essenciais de radioproteção** que você deve seguir por alguns dias.

Eles são baseados nas recomendações da CNEN (Comissão Nacional de Energia Nuclear) e da ANVISA, adaptados para facilitar sua compreensão.



Além disso, será necessário realizar os exames de imagem solicitados pela equipe médica para concluir essa etapa do tratamento.

Elaborado por:
Natalia Moreno Lima
Biomédica
(11) 940106720
nataliambiomedica@gmail.com

*Qualquer dúvida entrar em contato com o serviço de Medicina Nuclear*

# Orientações Pós-Dose Iodoterapia

**Cartilha Orientativa**

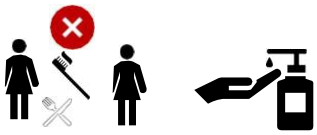
Elaborado por:
Natalia Moreno Lima
Biomédica
(11) 940106720
nataliambiomedica@gmail.com

## Quais os cuidados que devo ter a partir de agora?



### Isolamento e Distanciamento

Após receber a dose de iodo radioativo, você deve ficar isolado para evitar que outras pessoas, como gestantes, crianças e animais de estimação, sejam expostas à radiação.



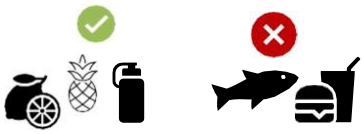
### Cuidados com o Ambiente e Higiene Pessoal

Você precisa ter cuidados especiais com a higiene pessoal e com o ambiente, como lavar bem as mãos após usar o banheiro e não compartilhar utensílios e roupas.



### Monitoramento e Sintomas Pós-Tratamento

Você deve ficar atento a possíveis efeitos colaterais, como náuseas ou dor no pescoço e procurar um médico imediatamente se sentir sintomas mais fortes ou inesperados.



### Dieta e Outras Restrições Alimentares

Nos primeiros dias após o tratamento, você deve evitar alimentos ricos em iodo, como peixes, frutos do mar, entre outros, e preferir frutas cítricas, como por exemplo laranja, mantendo uma alimentação saudável, além de uma boa hidratação.

*Qualquer dúvida entrar em contato com o serviço de Medicina Nuclear*

**INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES**
**Diretoria de Pesquisa, Desenvolvimento e Ensino**
**Av. Prof. Lineu Prestes, 2242 – Cidade Universitária CEP: 05508-000**
**Fone (11) 2810-1570 ou (11) 2810-1572**
**SÃO PAULO – SP – Brasil**
**http://mprofissional.ipen.br**

**O Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN) é uma Autarquia vinculada à Secretaria de Desenvolvimento Econômico do Governo do Estado de São Paulo e gerida técnica e administrativamente pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), órgão do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) do Governo Federal.**