

RADIOTERAPIA MOLECULAR NO BRASIL: TRATAMENTOS DISPONÍVEIS E SUA DISTRIBUIÇÃO REGIONAL

*MOLECULAR RADIOTHERAPY IN BRAZIL:
AVAILABLE TREATMENTS AND THEIR REGIONAL DISTRIBUTION*

Nathalia Flôres Minozzo¹ e Mariana Zancan Tonel²

RESUMO

Com o avanço da medicina nuclear no cenário brasileiro e mundial, torna-se de extrema importância o estudo das possíveis terapias oriundas da modalidade, chamadas de radioterapias moleculares. Mesmo com os significativos avanços tecnológicos do Brasil, o setor ainda possui um desfalcque em relação às terapias disponíveis no mercado internacional. Além disso, por ser um país de grande população e extenso território, existe o questionamento de como os serviços de medicina nuclear do país estão organizados geograficamente, incluindo a importância da análise populacional com acesso a estes. Assim, torna-se relevante um estudo que compare as terapias com medicina nuclear disponíveis por regiões brasileiras, considerando a população local e área territorial de cada uma destas regiões. Com o objetivo de facilitar o acesso à informação para estudantes, profissionais da área e interessados, a construção do trabalho se baseou em uma escrita simples e direta, com a utilização de gráficos e tabelas para esquematizar visualmente as informações. Foram coletados dados públicos disponíveis no website da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) referentes ao número de serviços de medicina nuclear do país e contabilizados os radionuclídeos autorizados para uso em cada instituição. Dessa forma, foi possível demonstrar como as terapias estão divididas territorialmente e realizar a análise comparativa dos principais radionuclídeos presentes na prática clínica, além de sua distribuição entre regiões brasileiras.

Palavras-chave: Medicina nuclear terapêutica; Radionuclídeos; Serviços de saúde no Brasil.

ABSTRACT

With the advancement of nuclear medicine in Brazil and globally, the study of potential therapies derived from this modality, known as molecular radiotherapies, has turned out extremely important. Even with Brazil's significant technological advances, the sector still faces a shortage of therapies available in comparison with the international market. Furthermore, as a country with a large population and vast territory, there are questions about how the country's nuclear medicine services are organized geographically, including the importance of analyzing the population's access to these services. Therefore, a study comparing the nuclear medicine therapies available by Brazilian region, considering the local population and territorial area of each region, is relevant. To facilitate access to information for students, professionals in the field, and interested parties, the study was based on simple and straightforward writing, using graphs and tables to visually summarize the information. Public data available on the website of the National Nuclear Energy Commission (CNEN) regarding the number of nuclear medicine services in the country was collected, and the radionuclides authorized for use in each institution were recorded. In this way, it was possible to demonstrate

¹ Bacharel em Física Médica - Universidade Franciscana (UFN). E-mail: nathminozzo@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-5451-246X>

² Professora doutora (orientadora) do Curso de Física Médica - Universidade Franciscana (UFN). E-mail: marianaztonel@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9541-8578>

how therapies are divided territorially and to carry out a comparative analysis of the main radionuclides present in clinical practice, in addition to their distribution among Brazilian regions.

Keywords: Therapeutic nuclear medicine; Radionuclides; Healthcare services in Brazil.

INTRODUÇÃO

A radiofarmácia pode ser resumida na fusão de fármacos e radionuclídeos, gerando um radiofármaco capaz de emitir radiação ionizante ao ser administrado no paciente. A área responsável pela manipulação e uso de radiofármacos é chamada de Medicina Nuclear. Seus usos se estendem a muitas áreas, mas seu maior destaque é na área da saúde. Nesta, cerca de 95% dos radiofármacos são direcionados para diagnóstico de patologias, onde são utilizados emissores de radiação eletromagnética (raios gama), restando apenas 5% para terapias, que utilizam emissores de radiação corpuscular (alfa e beta) (Elgazzar, 2006; Thral *et al.*, 2003).

A radioterapia molecular, também mencionada como terapia radiofarmacêutica ou medicina nuclear terapêutica, é uma modalidade relativamente nova de tratamento para diversas doenças (Sgouros *et al.*, 2020). São utilizados radionuclídeos de emissão alfa (α) e beta (β), podendo ser conjugados a um carregador - fármaco que possui afinidade com determinado tecido - ou de forma livre, nos casos em que o próprio nuclídeo tem essa afinidade. Desse modo, busca-se erradicar o tumor, suas metástases ou ainda, é feito o uso exclusivamente como agente paliativo, a fim de melhorar a qualidade de vida de pacientes cuja cura não é mais possível (Oliveira *et al.*, 2006).

A CNEN, criada em 1956, é uma autarquia cujo objetivo é a produção, comercialização e promoção de radioisótopos e serviços de interesse da energia nuclear no Brasil, sendo atualmente responsável pela produção de 43 radiofármacos. Além disso, também é responsável por expedir licenças, autorizações e certificações que ditam o uso de materiais radioativos. Atualmente existem 466 instalações autorizadas a realizarem procedimentos de medicina nuclear no país, de acordo com a CNEN (2025). O Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), criado em 1970 e coordenado pela CNEN, é uma das unidades pioneiras produtoras de radiofármacos no Brasil, sendo responsável pela produção de radioisótopos, radiofármacos e fontes para estudo e pesquisa (Rocha e Brumati, 2022).

O presente trabalho tem como objetivo levantar e organizar todos os serviços de medicina nuclear autorizados pela CNEN no Brasil que trabalham com terapias, discriminando os radionuclídeos utilizados por cada serviço e sua distribuição por estado, com base em dados coletados em 18 de abril de 2025, com o intuito de facilitar a compreensão sobre a disponibilidade de diferentes terapias em cada região do país, por meio de análises comparativas considerando dados geográficos. Ademais, busca-se contribuir para estudos comparativos e pesquisas futuras na área de radioterapia molecular, mapeando padrões de utilização de radionuclídeos e serviços.

METODOLOGIA

Foram coletados dados referentes às clínicas de medicina nuclear no Brasil que realizam terapias com radiofármacos, utilizando informações de domínio público disponibilizadas no site da CNEN, especificamente na seção “*Instalações Autorizadas em Medicina Nuclear*”. A coleta de dados incluiu a identificação das clínicas, os tipos de radionuclídeos utilizados, a abrangência geográfica das instalações e o tipo de serviços oferecidos.

Posteriormente, os dados foram organizados e analisados utilizando técnicas de visualização estatística. Foram elaborados gráficos comparativos e mapas de distribuição, permitindo a correlação entre a presença de determinados radionuclídeos, a distribuição regional das clínicas, a densidade populacional e as áreas geográficas das diferentes regiões do país.

Além disso, foram considerados fatores demográficos e regionais, como número de habitantes por estado e extensão territorial, com o objetivo de avaliar a equidade no acesso às terapias com radiofármacos. Esta abordagem permitiu identificar padrões de distribuição, possíveis lacunas na oferta de tratamentos e fornecer uma visão integrada sobre a disponibilidade de terapias nucleares no contexto nacional.

RESULTADOS

Os resultados apresentados a seguir foram organizados a partir das informações disponibilizadas pela CNEN, contemplando todos os serviços de medicina nuclear autorizados no Brasil. A análise considerou tanto a distribuição desses serviços por estado quanto os radionuclídeos liberados para uso em cada instituição.

Como destacou Pozzo *et al.* (2025), “o acesso da população brasileira aos serviços de Medicina Nuclear está diretamente relacionado à disponibilidade destes serviços nos estabelecimentos públicos de saúde no âmbito do Sistema Único de Saúde (SUS) e à contratação de serviços da iniciativa privada”. Todos os serviços de medicina nuclear do país devem, obrigatoriamente, possuir autorização para funcionamento dada pela CNEN, juntamente com a delimitação de quais radionuclídeos podem ser adquiridos por cada serviço e a dose permitida para aquisição semanal de cada radionuclídeo.

Para compreender a disponibilidade e distribuição das terapias com radionuclídeos no Brasil, é fundamental analisar os dados das instituições de medicina nuclear autorizadas pela CNEN. A investigação desses serviços permite identificar padrões regionais, desigualdades no acesso aos tratamentos e a cobertura de radionuclídeos terapêuticos consolidados e emergentes. Além disso, o levantamento fornece uma visão detalhada sobre a implementação prática das terapias, contribuindo para a avaliação do cenário nacional e subsidiando futuras estratégias de expansão e otimização dos serviços de medicina nuclear terapêutica.

Com base nesse contexto, a Tabela 1 foi organizada incluindo valores referentes a todos os radionuclídeos com comprovação de eficácia terapêutica, tanto em âmbito nacional quanto internacional. No entanto, considerando o cenário brasileiro, as análises e os gráficos foram restritos aos radionuclídeos atualmente utilizados em radioterapia molecular no país, excluindo (Gálio-67), (Iodo-123), (Iodo-125), (Índio-111) e (Cobre-64). Assim, foram considerados os radionuclídeos (Iodo-131), (Lutécio-177), (Rádio-223), (Samário-153), (Ítrio-90), (Actínio-225), (Estrôncio-89), (Fósforo-32), (Hólmlio-166) e (Rênio-188). Alguns radionuclídeos, como o possuem uma dualidade de uso, ou seja, podem ter seu uso tanto em diagnóstico quanto em terapia, conforme descrito por Lima (2025). Isso diminui a exatidão dos dados coletados, o que faz com que a estimativa de aplicações terapêuticas deste radionuclídeo não seja necessariamente fiel à realidade.

A Tabela 1 apresenta a base de dados utilizada para a elaboração dos gráficos e comparações subsequentes. Foram analisados todos os serviços de medicina nuclear autorizados pela CNEN, considerando dados coletados em 18 de abril de 2025. A primeira coluna organiza os serviços por região do país, seguida da discriminação por estado. A última linha da tabela apresenta a soma de cada radionuclídeo em todas as regiões, proporcionando uma visão consolidada do cenário nacional. Já a última coluna à direita indica o total de serviços por estado, independentemente da oferta terapêutica, totalizando 466 instituições autorizadas pela CNEN na data de referência.

Tabela 1 - Dados coletados em 18 de abril de 2025, com a descrição dos radionuclídeos usados em terapias autorizados em cada estado do Brasil.

REGIÃO	UF	Ga ⁶⁷	I ¹²³	I ¹²⁵	I ¹³¹	In ¹¹¹	Lu ¹⁷⁷	Ra ²²³	Sm ¹⁵³	Y ⁹⁰	Ac ²²⁵	Sr ⁸⁹	Cu ⁶⁴	P ³²	Ho ¹⁶⁶	Re ¹⁸⁸	SERVIÇOS
SUL	RS	31	25		32	6	12	20	26	5							34
	SC	14	9	3	16	2	6	12	12	3							17
	PR	16	9		17	3	8	17	16	2							25
SUDESTE	ES	15	8		16	4	3	7	11	2		1					16
	MG	42	34		43	23	20	32	33	8	2						48
	RJ	42	34	7	47	25	27	33	24	12	2		1				56
CENTRO-OESTE	SP	105	73	5	109	37	47	77	72	30	4			1	1	1	128
	MT	5	5			5			4	3							5
	GO	7	7	2	8	2	6	5	6	1							11
NORTE	MS	5		4	4	3	1	4	3	1							6
	DF	11	9			16	5	10	10	9	6	1					22
	AC	1	1			1				1							1
NORDESTE	AP	2	1			2				2							2
	AM	4	3		4	1	1	5	4	1							6
	PA	6	3		7	2	3	5	5								8
	RO	2	1		2	1	1	1			1						2
	RR	1			1				1								1
	TO	2	1		2		1	2	1	1							2
	AL	6	2		6	2	1	4	3	3							6
	BA	17	13	1	19	12	11	10	12	3							22
	CE	5	4		8	3	4	4	3	1							9
	MA	4	2		5	1	3	3	4	1							5
	PB	5	4		5	5	4	5	5	1							5
	PE	14	12	1	16	12	6	10	10	2							16
	PI	4	3		4	4	2	3	4								5
	RN	4	1		3	1	1	2	2								4
	SE	3	2	2	3		2	3	3								4
TOTAL		373	266	25	401	154	180	278	275	84	9	1	1	1	1	1	466

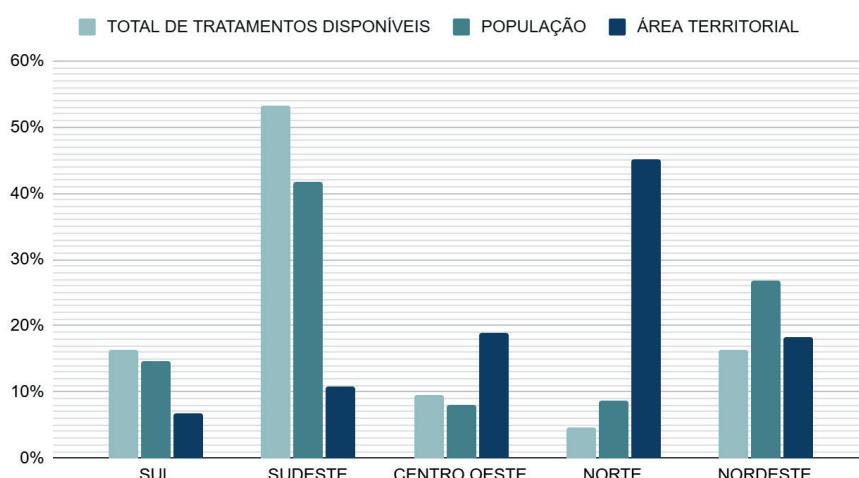
Fonte: Construção das autoras

De acordo com dados do IBGE (2024), a população total residente no Brasil em julho de 2024 era de 212.583.750 pessoas, divididos em cinco regiões: sul, sudeste, centro-oeste, norte e nordeste, que possuem respectivamente a população estimada de: 31.113.021, 88.617.693, 17.071.595, 18.669.345 e 57.112.096 pessoas. Já em termos de área territorial, o Brasil possui 8.509.379,576 km², divididos em: 576.736,822 km² na região sul, 924.558,342 km² na região sudeste, 1.606.354,015 km² na região centro-oeste, 3.849.554,979 km² na região norte e 1.552.165,419 km² na região nordeste.

A Figura 1 compara o total de tratamentos disponíveis no país com a população e área territorial de cada região. Desta forma, é possível perceber a disparidade entre regiões sudeste e norte, por exemplo, que possuem um gráfico invertido, ou seja, o norte mesmo com a maior área territorial do país é a região com menor disponibilidade de tratamentos. Ao comparar apenas as colunas de tratamentos disponíveis e população, a análise se torna menos agressiva, com pesos semelhantes. Porém, as regiões norte e nordeste ainda possuem um número de tratamentos relativamente menor que o ideal quando comparado ao tamanho da população local. Em contrapartida, a região sudeste se destaca pelo maior pico de disponibilidade de tratamentos quando comparados com sua população. As regiões sul e centro-oeste mantém picos semelhantes, com pouca disparidade entre tratamentos disponíveis e população - considerado o ideal para a manutenção da saúde local.

Ao comparar todas as terapias ofertadas em todas as regiões do país, percebe-se que a predominância está na região sudeste, seguida pela região sul e nordeste. Destaca-se o valor abaixo de 5% na região norte do país, o que sugere a necessidade de maior foco de desenvolvimento no local. Apesar do alto número de serviços de medicina nuclear atualmente em funcionamento no país, algumas terapias ainda permanecem restritas. Como exemplo, pode-se citar o , , e , presentes em apenas um serviço cada, na região sudeste, e o , presente em nove instituições no país, sendo oito delas no sudeste. Tratamentos comuns para câncer de próstata, como o , e (Muralidhar *et al.*, 2023), possuem uma disponibilidade semelhante, com crescimento em maiores centros e diminuição conforme o padrão nacional de disponibilidade.

Figura 1 - Gráfico comparativo entre regiões brasileiras.

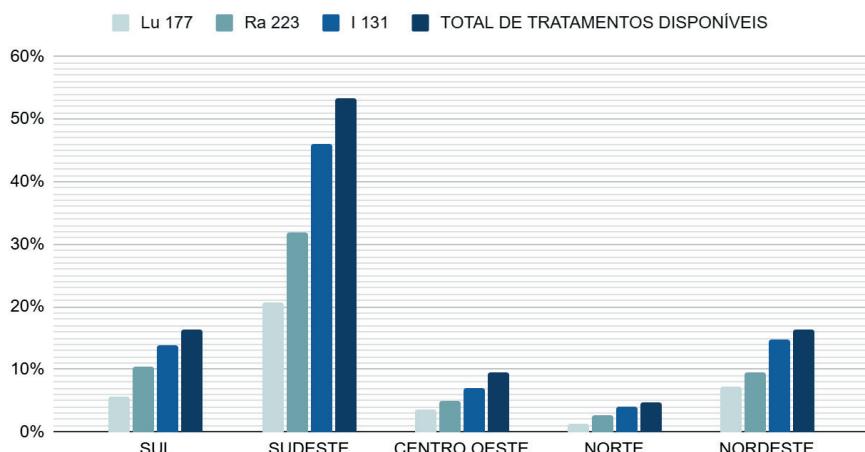


Fonte: Construção das autoras.

Algumas terapias como o e trazem dados desanimadores, por conta da baixa presença dos radionuclídeos. Do total de 466 instituições do país, apenas 180 trabalham com Lu^{177} e 278 com Ra^{223} , o que representa 38,6% e 59,7% das instituições autorizadas, respectivamente, conforme mostra a Figura 3. Esses valores estão abaixo do esperado ao se considerar o destaque que ambos os tratamentos têm em pacientes de câncer de próstata metastático resistente à castração, com alta resposta terapêutica ou paliativa, conforme descrito em Barańska *et al.* (2025) e Lunan-Taylor *et al.* (2025).

Em contrapartida, a presença de I^{131} demonstra que o tratamento das patologias da tireóide está assegurado (Lima, 2025), pois o total de 401 localidades que possuem o radionuclídeo em seu escopo representam 86% do total do país. Por ser um tratamento já consolidado, o número é considerado otimista, mesmo que esse dado inclua aplicações diagnósticas e terapêuticas, sendo, portanto, impreciso quando observado do ponto de vista do objetivo do presente trabalho. A Figura 2 compara os tratamentos utilizando , e com o total de instituições que trabalham com terapias com radionuclídeos, valores demonstrados por região, a fim de destacar o peso de cada tipo de tratamento quando comparados com o total disponível no país.

Figura 2 - Comparativo de tratamentos com , e



Fonte: Construção das autoras

Em síntese, os resultados evidenciam uma distribuição desigual da radioterapia molecular no Brasil, tanto em termos de número de tratamentos quanto de cobertura populacional e territorial. O Sudeste concentra a maior oferta, seguido por Sul e Nordeste, enquanto Norte e Centro-Oeste apresentam cobertura insuficiente. Além disso, radionuclídeos terapêuticos emergentes ainda possuem presença limitada, reforçando a necessidade de expansão equitativa dos serviços de medicina nuclear, priorizando regiões com menor acesso e apoiando a implementação de terapias promissoras. Esses achados fornecem uma base sólida para futuras estratégias de planejamento, alocação de recursos e ampliação de tratamentos, contribuindo para um cenário nacional mais equilibrado e acessível.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho permitiu aos diferentes públicos interessados na área - estudantes, profissionais de saúde, pesquisadores e pacientes - a compreensão da disponibilidade de radionuclídeos com potencial terapêutico no Brasil e sua distribuição regional. A análise detalhada dos dados coletados no website da CNEN possibilitou não apenas identificar quais radionuclídeos estão em uso, mas também revelar padrões de concentração de serviços e desigualdades significativas entre regiões, evidenciando a necessidade de estratégias para ampliação equitativa do acesso às terapias.

Além disso, o estudo oferece subsídios para a avaliação do cenário atual da radioterapia molecular, destacando tanto os tratamentos consolidados, como o I^{131} , quanto os radionuclídeos emergentes, como Lu^{177} e Ra^{223} , cuja presença ainda é limitada, apesar do reconhecido potencial clínico. A compreensão dessas dinâmicas é essencial para orientar políticas públicas, investimentos em infraestrutura, capacitação profissional e desenvolvimento tecnológico no país, contribuindo para a melhoria da cobertura terapêutica nacional.

Por fim, os resultados reforçam a importância de pesquisas contínuas na área, que possam mapear tendências, otimizar a distribuição de recursos e apoiar a implementação de terapias inovadoras, com o objetivo de ampliar a eficácia do tratamento de diversas doenças e promover um sistema de saúde mais justo e acessível. Esse estudo, portanto, não apenas organiza informações críticas sobre a medicina nuclear terapêutica no Brasil, mas também oferece uma base sólida para futuras pesquisas, planejamento estratégico e tomada de decisões voltadas à melhoria do atendimento e da qualidade de vida dos pacientes.

REFERÊNCIAS

BARANSKA, K. *et al.* Spectacular effect of [177Lu]Lu-PSMA-617 therapy in a patient with hormone-resistant prostate cancer after failure of other therapeutic options. **Nuclear Medicine Review. Central & Eastern Europe**, v. 28, p. 61-64, 2025.

BRASIL. Comissão Nacional de Energia Nuclear. **Instalações Autorizadas**. Disponível em: <https://appasp2019.cnen.gov.br/seguranca/cons-ent-prof/entidades-aut-cert.asp>. Acesso em 18 abr. 2025.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR (Brasil). **Tabela de preços dos produtos e serviços da CNEN: vigência agosto 2024**. Rio de Janeiro: CNEN, 2024. Disponível em: https://www.gov.br/cnen/pt-br/acesso-rapido/tabela_de_precos_cnen_2024.pdf. Acesso em: 17 jun. 2025.

ELGAZZAR, A. **The Pathophysiologic Basis of Nuclear Medicine**. New York: Springer, 2006

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Áreas Territoriais.** Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15761-areas-dos-municipios.html>. Acesso em: 06 jun. 2025

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Tabelas de estimativas populacionais para os municípios e para as Unidades da Federação brasileiros em 01.07.2024.** Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html>. Acesso em: 06 jun. 2025.

LIMA, N. M. **Comunicação em medicina nuclear: uma abordagem educacional aos cuidados pós-tratamento com iodo-131.** Tese (Mestrado em Tecnologia das Radiações em Ciências da Saúde) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. São Paulo, 2025.

LUNAN-TAYLOR, M. *et al.* Radium-223 in Men with Metastatic Castration-resistant Prostate Cancer: A Systematic Literature Review of Real-world Outcomes in Observational Studies. **European Urology Oncology**, v. 8, n. 4, p. 1150-1164, agosto de 2025.

MURALIDHAR, A. *et al.* Targeted Radiation and Immune Therapies-Advances and Opportunities for the Treatment of Prostate Cancer. **Pharmaceutics**, v. 15, n. 252, janeiro de 2023.

OLIVEIRA, R. *et al.* **Preparações radiofarmacêuticas e suas aplicações.** Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas, São Paulo, SP, v. 42, n. 2, janeiro de 2006.

POZZO, L. *et al.* A Medicina Nuclear no Sistema Único de Saúde. **Ciência & saúde coletiva**, v. 30, n. 1, janeiro de 2025.

ROCHA, H; BRUMATI, L. Regulação da medicina nuclear no Brasil - O setor de radiofármacos. **R. de Dir. Público da Economia**, ano 20, n. 78, p. 133-148, abril/junho de 2022.

SGOUROS, G. *et al.* Radiopharmaceutical therapy in cancer: clinical advances and challenges. **Nature**, v. 19, p. 589-608, setembro de 2020.

THRALL, J. H.; ZIESSMAN, H. A. **Medicina Nuclear.** 2º ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.