



RADIOLOGIA INDUSTRIAL COMO CAMPO DE ATUAÇÃO PARA O TECNÓLOGO EM RADIOLOGIA

Maria Eduarda F. F. Milo¹, Adriana de Souza Medeiros Batista^{1,2}

¹Faculdade de Medicina, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Avenida Alfredo Balena, 190, Santa Efigênia, Belo Horizonte, MG/Brasil, CEP 30.130-100

²Departamento de Engenharia Nuclear da Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Av. Antônio Carlos, 6627, Belo Horizonte, MG/Brasil, CEP 31.270-901
adriananuclear@yahoo.com.br

Palavras-Chave: Radiologia industrial, Campo de atuação, Formação profissional

RESUMO

Este trabalho propõe explorar o campo da radiologia industrial como uma promissora área de atuação para tecnólogos em radiologia. Com base em entrevista com um especialista reconhecido na área, complementada com levantamento de dados secundários, aborda as diversas aplicações da radiologia industrial, incluindo inspeções de segurança, controle de qualidade e testes não destrutivos em setores como o petroquímico e de mineração. A entrevista foi conduzida de forma remota e foi norteadada pelo questionamento sobre a atuação do tecnólogo em radiologia no campo industrial, sua visibilidade enquanto profissional e caminhos de acesso a este mercado de trabalho. Como resultado, o estudo destaca as oportunidades de carreira na supervisão de radioproteção e a necessidade de prévia certificação pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). Para melhor conhecer este cenário de atuação foi realizada uma pesquisa quanto a distribuição nacional de supervisores autorizados a atuar no campo industrial para o ano de 2024. Levantou-se também a localização das instalações autorizadas ao uso de radiação no setor industrial, com foco em uma comparação enquanto disponibilidade de supervisores autorizados e oferta de campo de trabalho. Os resultados apontam para uma concentração de profissionais certificados e instalações autorizadas na região Sudeste, em especial no estado de São Paulo.

1. INTRODUÇÃO

O uso da radiação ionizante no campo industrial pode ser contextualizado nos chamados ensaios não destrutivos (END) por serem definidos como conjunto amplo de testes para avaliação da integridade estrutural de um objeto sem destruí-lo. São utilizadas na indústria para avaliar as propriedades de um material, componente ou sistema [1]. Segundo a Sociedade Americana de Ensaios Não Destrutivos (*American Society for Nondestructive Testing - ASNT*), "a radiografia industrial é uma das várias técnicas de END que utilizam radiação para examinar a estrutura interna de um componente. A radiografia é utilizada para detectar e avaliar descontinuidades, como porosidade, trincas e inclusões em materiais que seriam invisíveis a olho nu" [2].

Assim como a radiografia, a gamagrafia é uma subcategoria da radiologia industrial, que utiliza fontes radioativas emissoras de radiação gama, como o Iridio-192 ou o Selênio-75, para gerar imagens internas de objetos. Diferente da radiografia, que pode utilizar raios X gerados eletricamente, a gamagrafia emprega radioisótopos que emitem radiação gama de alta energia. Essa técnica é particularmente útil para a inspeção de materiais espessos e densos, na qual a penetração de radiação é crítica para a obtenção de imagens claras e detalhadas. Segundo a ASNT, "a gamagrafia é utilizada para inspecionar soldas, fundições e estruturas complexas em situações em que outras técnicas radiográficas podem ser menos eficazes. A radiação gama penetra profundamente em materiais densos, fornecendo imagens detalhadas que revelam defeitos internos não visíveis externamente" [2].



A radiologia industrial, que inclui, portanto, equipamentos geradores de radiação ionizante e radioisótopos, representa uma das áreas mais promissoras e tecnicamente desafiadoras para o tecnólogo em radiologia, oferecendo um campo de atuação que vai além do ambiente hospitalar tradicional. Utilizando princípios semelhantes aos empregados na radiologia médica, essa especialidade se concentra na aplicação de técnicas de imagem para a inspeção e análise de materiais, estruturas e componentes industriais, garantindo a segurança, a qualidade e a eficiência dos processos produtivos.

Nos últimos anos, a demanda por profissionais qualificados em radiologia industrial tem crescido, impulsionada pelo avanço tecnológico e pela crescente exigência de padrões rigorosos de controle de qualidade em setores como o petroquímico, aeroespacial, automotivo e de construção civil [3]. Nesse contexto, o tecnólogo em radiologia encontra um vasto campo de atuação, quando suas habilidades podem ser aplicadas em diversas etapas de produção, desde a inspeção de soldas e fundições até a detecção de falhas e corrosões em tubulações e equipamentos. Além disso, a radiologia industrial oferece oportunidades de desenvolvimento profissional, permitindo que o tecnólogo em radiologia se especialize em técnicas abordadas de forma limitada na formação voltada ao campo médico, como a tomografia computadorizada industrial, a radiografia digital e a gamagrafia. Estas técnicas não só ampliam o escopo de atuação do profissional, mas também agregam valor às indústrias que demandam inspeções precisas e confiáveis.

O presente trabalho tem como objetivo explorar o campo da radiologia industrial, destacando suas aplicações e as oportunidades de carreira para o tecnólogo em radiologia. Pretende-se, também, apresentar o cenário da radiologia industrial enquanto instalações autorizadas pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), perfil das mesmas e distribuição no território nacional. A distribuição de supervisores de radioproteção autorizados a atuarem em instalações industriais também foi abordada, uma vez que referida pelo entrevistado enquanto caminho possível para inserção do tecnólogo em radiologia neste mercado de trabalho. Assim, foi desenvolvido um estudo baseado em entrevista com um especialista da área e levantamento de dados secundários atuais, disponibilizados pela CNEN, baseada na necessidade de fornecer um conteúdo atualizado e prático. Em um trabalho realizado por Dourado e Menezes sobre o tecnólogo em radiologia e o mundo do trabalho, sinalizou-se a necessidade destes profissionais estarem atentos a tudo que venha a ser: inovador, transformador e de grande valia para um maior e melhor aperfeiçoamento neste campo [4].

2. METODOLOGIA

O trabalho foi construído com base em entrevista com um especialista na área de radiologia industrial, complementada por levantamento de dados secundários. A escolha por essa abordagem essencialmente qualitativa visou obter uma compreensão contextualizada das práticas, desafios e oportunidades existentes no campo, diretamente a partir de uma fonte experiente e ativa no setor. A complementação com dados quantitativos foi a estratégia escolhida para compor um cenário nacional da radiologia industrial enquanto possível campo de atuação para o tecnólogo em radiologia.

2.1. Seleção do Especialista

O primeiro passo foi identificar e selecionar um especialista com ampla experiência e reconhecimento na área de radiologia industrial. Para isso, foram considerados critérios como a formação, o histórico profissional e as contribuições relevantes para o campo. A escolha recaiu sobre Marcus Michélini, formado em Engenharia de Segurança do Trabalho, responsável pela



segurança dos procedimentos em radiologia industrial da *Vallourec Brasil*®, em Jeceaba, Minas Gerais.

2.2. Entrevista e Análise dos Dados

Com base nos objetivos do trabalho, foi elaborado um roteiro de entrevista contendo perguntas abertas e direcionadas, divididas em duas categorias temáticas: contexto da radiologia industrial; oportunidades de carreira e para desenvolvimento profissional de tecnólogos em radiologia. A entrevista foi realizada de forma remota com auxílio de equipamento de celular, garantindo que o entrevistado escolhesse o melhor momento para responder às perguntas previamente enviadas. A duração da entrevista foi de aproximadamente vinte minutos, tendo o entrevistado se colocado à disposição para explorar cada tópico em profundidade. Após a coleta dos dados, a entrevista foi transcrita na íntegra para garantir precisão na análise. Os dados foram então categorizados e analisados tematicamente. A análise qualitativa permitiu a extração de informações relevantes que foram integradas ao corpo do trabalho, enriquecendo a discussão com perspectivas práticas e experiências reais.

2.3. Perguntas Feitas ao Especialista

As seguintes perguntas nortearam a entrevista conduzida com o especialista:

- Quais os campos de atuação para o tecnólogo em radiologia na área industrial?
- Quais tipos de indústria trabalham com radiação ionizante?
- Qual a função do tecnólogo nessas indústrias?
- Qual o limite de atuação para o tecnólogo em radiologia nessas indústrias?
- Qual a importância da atuação do tecnólogo nessas indústrias?
- Quais são os diferentes tipos de fontes de radiação usadas na radiologia industrial?

2.4. Seleção e Coleta de Dados Secundários

Seguindo os apontamentos do entrevistado sobre a importância da função de supervisor de radioproteção como forma de acesso para os tecnólogos em radiologia ao campo industrial, realizou-se um levantamento de dados na página eletrônica da CNEN sobre os profissionais com certificação vigente no Brasil para o ano de 2024. Da mesma forma, foram levantados dados atuais sobre instalações autorizadas a atuarem com equipamentos produtores de radiação e/ou radioisótopos no setor industrial. Foi realizada uma discussão pautada na oferta de campo de trabalho e presença de supervisores autorizados no território brasileiro.

3. RESULTADOS

Abordando o contexto da radiologia industrial em conjunto com a perspectiva de atuação para tecnólogos em radiologia, o entrevistado relatou abertura ao profissional tecnólogo para a função de supervisor de radioproteção. Sinalizou que seria a maneira mais específica de se aproveitar os conhecimentos acumulados na formação tecnológica. Isto porque existe um campo de atuação mais operacional, mas que, em geral, é ocupado por profissionais com formação técnica, complementada por uma especialização na área da Radiologia Industrial, com carga horária mínima de 360 (trezentos e sessenta) horas. Mediante esta qualificação os profissionais podem se



registrar no Conselho Nacional de Técnicos [Tecnólogos] em Radiologia (CONTER) na categoria de Técnico em Radiologia Industrial, oriunda da categoria anteriormente chamada de Operadores de Radiografia Industrial. Ressalta-se que o tecnólogo em radiologia pode pleitear atividade operacional e, em princípio, sem necessidade de complementar sua formação. No entanto, considera-se que, ao exercer as atividades dos técnicos em Radiologia, neste caso, o tecnólogo é obrigado a cumprir os mesmos requisitos [5].

O profissional sinalizou a necessidade de se ampliar a visão das aplicações industriais da radiação ionizante para além dos ENDS e a atuação puramente operacional, citando as outras áreas abrangidas e especificadas na Tab. 1. Nesta tabela, apesar de serem descritas treze diferentes aplicações industriais das radiações ionizantes, destacou-se aquelas associadas ao trabalho com radioisótopos para uso em gamagrafia, medidores de espessura e/ou fluxo, além de equipamentos produtores de raios X para radiografia industrial. Isto porque, são as aplicações que mais têm levantado interesse por certificação da CNEN para autorização de atuação profissional na função de supervisor de radioproteção, o que sugere maior demanda. Isso coloca a radiologia industrial bem contextualizada entre os ENDS, embora ressaltado que existem outras aplicações que também estão entre subgrupos e que poderiam ser englobadas no âmbito da radiologia industrial. Dentre elas temos aplicações em irradiadores de grande porte, em instalações contendo aceleradores de partículas, radiofarmácia industrial, entre outras constantes na Tab.1.

Tab. 1. Aplicações industriais das radiações ionizantes e número de supervisores com autorização atualizada através de certificação CNEN em 2024 [6].

Aplicações industriais das radiações ionizantes segundo classificação CNEN	Supervisores de radioproteção certificados
1. Acelerador de partículas	-
2. Gamagrafia industrial e radiografia industrial com equipamentos geradores de raios X ($V > 600$ kV)	161
3. Instalação com acelerador para fins industriais ou inspeção de cargas	40
4. Instalação com acelerador de partículas para produção de radioisótopos	24
5. Irradiador de grande porte	13
6. Medidor nuclear fixo ou móvel	463
7. Mineração e beneficiamento físico, químico e metalúrgico de minérios com U ou Th associados	23
8. Perfilagem de poços de petróleo	28
9. Processamento físico e químico de materiais irradiados	-
10. Radiofarmácia industrial	30
11. Radiografia industrial com equipamentos geradores de raios X ($V \leq 600$ kV)	53
12. Serviço de calibração de equipamentos com fontes radioativas ou equipamentos geradores de radiação ionizante	9
13. Traçador radioativo industrial	5
Total	849

Observa-se na Tab. 1. uma grande procura pela atuação em radiologia industrial, no que se refere a função de supervisor de radioproteção, para a monitoração do trabalho com medidor nuclear fixo e móvel, gamagrafia industrial e radiografia industrial com equipamentos geradores de raios X. É neste contexto que o entrevistado relata estar a demanda na *Valourec Brasil*®, com destaque para o uso de fontes de Césio-137 e Cobalto-60. Observa-se ausência de supervisores de



radioproteção certificados para as aplicações em acelerador de partículas e processamento físico e químico de materiais irradiados.

Como a certificação pela CNEN foi citada pelo entrevistado como desejável ao profissional tecnólogo para inserção no campo da radiologia industrial, foi considerado de interesse para a discussão uma verificação de como os supervisores hoje autorizados se distribuem no território nacional. Isto para dar uma visão acerca da distribuição destes profissionais no Brasil, para inferências quanto a demandas e mercado de trabalho. Para tanto, pesquisou-se os profissionais certificados por região. Os resultados são mostrados na Fig. 1. onde se destaca o estado de São Paulo (SP) e, de maneira mais geral, a região Sudeste do Brasil, uma vez que há expressivo número de supervisores de radioproteção certificados para aplicações industriais também no Rio de Janeiro (RJ) e Minas Gerais (MG).

Observa-se grande concentração de supervisores de radioproteção certificados para aplicações industriais na região Sudeste, o que sugere maior demanda nestes estados e/ou defasagem de atendimento aos demais. Foi realizado um agrupamento de dados referentes às regiões do Brasil para destacar a discrepância da distribuição por região S, N, CENTRO-OESTE, NE, SE. Destaca-se que existe uma maior distribuição no Brasil de supervisores de radioproteção para aplicação com medidor nuclear fixo ou móvel, estando presentes em 25 estados. As demais aplicações envolvem, no máximo, 10 estados brasileiros [6].

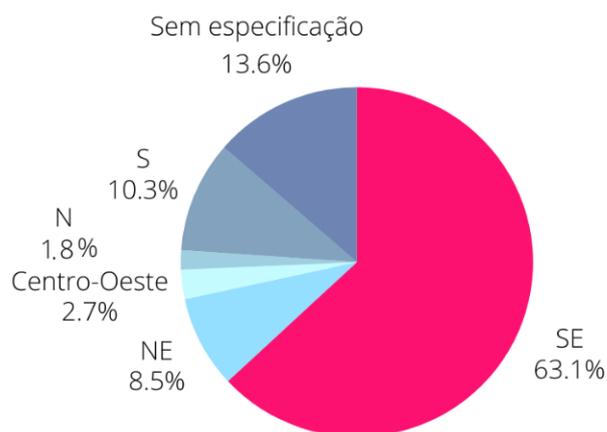


Fig. 1. Distribuição de supervisores de radioproteção autorizados para atuação em aplicações industriais pelo Brasil, dados obtidos da CNEN para o ano de 2024.

Para explorar um pouco mais a questão de demanda por profissionais supervisores de radioproteção e o mercado de trabalho, realizou-se um levantamento na página da CNEN sobre as instalações autorizadas ao uso de equipamentos produtores de raios X e/ou radioisótopos no setor industrial. O resultado pode ser conferido na Tab.2.

Observa-se na Tab. 2. que existe um número expressivo de instalações autorizadas ao uso de medidores nucleares para controle de processos, uso de técnicas analíticas e radiografia industrial. Quando pesquisado pelas instituições foi possível identificar, para o uso de técnicas analíticas, fabricantes de bebida como a *Ambev S.A.* (várias unidades no Brasil), *Cervejarias Kaiser Brasil*



S.A., entre outras. Para esta categoria de uso se identificou também indústrias da área de cimentos e grupos de aeroportos.

Tab. 2. Instalações autorizadas pela CNEN para área industrial – dados de 2024 [7].

Classificação das instalações	Instalações autorizadas
1. Irradiação por equipamento gerador de radiação	14
2. Irradiação por fonte	7
3. Medidores nucleares – controle de processos	495
4. Medidores nucleares – sistemas portáteis	13
5. Perfilagem de poços	12
6. Radiografia industrial	87
7. Técnicas analíticas	103
8. Traçadores radioativos industriais	3
9. Troca de fontes	1
Total	735

Na categoria Radiografia Industrial foram identificadas grandes empresas privadas, estatais e militares, tais como o *Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo*, *Instituto de Aeronáutica e Espaço*, *Empresa Brasileira de Aeronáutica S.A. (Embraer)*, *Indústrias Nucleares do Brasil/Nuclebras Equipamentos Pesados S.A. (INB/NUCLEP)*. Também nesta categoria aparecem indústrias de borracha, tais como a *Pirelli Pneus LTDA*, *Michelin Indústria e Comércio* e *Goodyear do Brasil Produtos de Borracha LTDA*. Em várias categorias aparecem as indústrias do setor de mineração e siderurgia, tais como a *Gerdau S.A.*, *Companhia Vale do Rio Doce (CVRD)*, *Anglo América Minério de Ferro* e *Anglogold Ashanti Corrego do Sítio de Mineração S.A.* Também se destacam indústrias de papéis e celulose, além de refinarias da *Petrobrás* [7]. Uma distribuição destas instituições no território brasileiro pode ser conferida na Fig. 2.

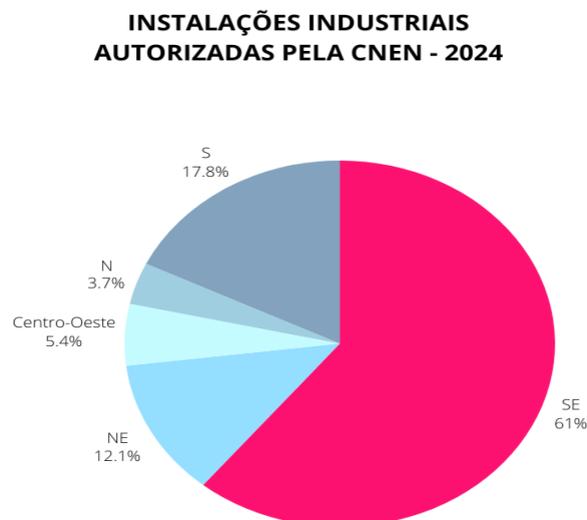


Fig. 2. Distribuição das instalações autorizadas para usos industriais da radiação pelo Brasil, dados obtidos da CNEN para o ano de 2024.



Observa-se na Fig. 2. que a região Sudeste concentra mais da metade das instalações autorizadas para usos industriais da radiação no Brasil. Mais uma vez se optou por juntar os estados por regiões. Com esses dados e a relação dos supervisores de radioproteção certificados para atuação na área, percebe-se coerência regional no quantitativo de pessoal autorizado pela localidade das instalações industriais.

SP apresenta a única instalação autorizada para troca de fontes, sendo ela a *Elekta Medical Systems Comércio e Serviços para Radioterapia LTDA*. O estado se destaca ainda nas irradiações por fonte, contendo cinco das oito que estão presentes no Brasil. Neste quesito MG conta com um irradiador no *Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN)* e a Bahia com a *Biofábrica Moscamed Brasil*. Embora SP tenha se destacado, há algumas categorias de instalações em que este estado não contribui, como por exemplo, em perfisagens de poços e com medidores nucleares – sistemas portáteis.

4. CONCLUSÃO

O profissional entrevistado sinalizou como promissora ao tecnólogo em radiologia a atuação como supervisor de radioproteção no contexto da Radiologia Industrial. Ressaltou o diferencial da formação tecnológica frente a técnica, em geral aproveitada para trabalhos operacionais. Uma avaliação deste campo de atuação foi realizada através de dados da CNEN e mostraram a região Sudeste como a que apresenta maior número de instalações industriais que fazem uso de equipamentos geradores de raios X e/ou radioisótopos. Também foi possível averiguar que esta região tem supervisores de radioproteção autorizados para atuação industrial, o que é coerente com a oferta de campo de trabalho. Uma análise das instalações autorizadas permitiu identificar uma variedade de setores industriais nos quais o tecnólogo em radiologia pode procurar atuar, tais como mineração, siderurgia, petroquímica, indústria da borracha, papel e celulose. Para atuação específica como supervisor de radioproteção há necessidade de certificação pela CNEN, não sendo uma atividade privativa do tecnólogo em radiologia.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao profissional Marcus Michelini pela disponibilidade, discussões e esclarecimentos sobre a atuação possível para o tecnólogo no campo da Radiologia Industrial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] T. V. CLAUS *et al.*, Avaliação experimental do uso de filtração adicional na saída do tubo radiográfico clínico na qualidade de imagem para ensaios não destrutivos em Radiologia Industrial, *Disciplinarum Scientia| Naturais e Tecnológicas*, Vol. 24 (2), pp. 1-21 (2023).
- [2] <https://www.asnt.org/MajorSiteSections/Publications> acessado em 18/07/2024.
- [3] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK573879/> acessado em 18/07/2024.
- [4] <https://www.minerva.edu.py/archivo/13/9/ARTIGO%20PARA%20PUBLICACAO%20-%20M%C3%94NICA%20BACELAR%20-%20Marlei%20Luiz%20Rodrigues.pdf> acessado em 16/09/2024.
- [5] https://www.abendi.org.br/abendi/Upload/file/duvidas_conter.pdf acessado em 18/07/2024.
- [6] <https://appasp2019.cnen.gov.br/seguranca/cons-ent-prof/prof-certificados.asp> acessado em 18/07/2024.



Semana Nacional de Engenharia Nuclear e da Energia e Ciências das Radiações – VII SENCIR
Belo Horizonte, 12 a 14 de novembro de 2024

[7] <https://appasp2019.cnen.gov.br/seguranca/cons-ent-prof/entidades-aut-cert.asp> acessado em 18/07/2024.