


Maria Raidalva Nery Barreto  
Maria Cândida Arrais de Miranda Mousinho  
Wéltima Teixeira Cunha  
Organizadoras



# Difusão do conhecimento em foco

saberes multidisciplinares





O livro intitulado *Difusão do conhecimento em foco: saberes multidisciplinares* tem como organizadoras as professoras Maria Raídalva Nery Barreto, Maria Cândida Arrais de Miranda Mousinho e Wéltima Teixeira Cunha. A obra em pauta possui 14 capítulos e 35 autores, que versam sobre temas das grandes áreas do saber: ciências exatas e da terra, ciências biológicas, ciências da saúde, ciências agrárias, ciências sociais aplicadas e ciências humanas. Acredita-se que o presente livro tenha a capacidade de proporcionar aos leitores uma visão crítica sobre a importância da interconexão entre os diferentes campos do conhecimento.

# **Difusão do conhecimento em foco**

saberes multidisciplinares

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA

Reitor

*Paulo Cesar Miguez de Oliveira*

Vice-reitor

*Penildon Silva Filho*



EDITORA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA

Diretora

*Susane Santos Barros*

Conselho Editorial

Titulares

*Angelo Szaniecki Perret Serpa*

*Caiuby Alves da Costa*

*Cleise Furtado Mendes*

*Evelina de Carvalho Sá Hoisel*

*Maria Vidal de Negreiros Camargo*

Suplentes

*George Mascarenhas de Oliveira*

*José Amarante Santos Sobrinho*

*Mônica de Oliveira Nunes de Torrenté*

*Monica Neves Aguiar da Silva*

*Paola Berenstein Jacques*

*Rafael Moreira Siqueira*



Apoio:

Programa de Pós-Graduação Multi-institucional em Difusão do Conhecimento (PPGDC/UFBA)  
Proap/Capes

**Maria Raidalva Nery Barreto**  
**Maria Cândida Arrais de Miranda Mousinho**  
**Wéltima Teixeira Cunha**  
Organizadoras

# **Difusão do conhecimento em foco**

saberes multidisciplinares

Salvador  
Edufba  
2024

2024, autores.

Direitos para esta edição cedidos à Edufba.

Feito o Depósito Legal.

Grafia atualizada conforme o Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa de 1990, em vigor no Brasil desde 2009.

Coordenação editorial  
*Cristovão Mascarenhas*

Capa, projeto gráfico e diagramação  
*Rodrigo Oyarzábal Schlabit*

Coordenação gráfica  
*Edson Nascimento Sales*

Revisão  
*Mariana Leiro Cal*

Coordenação de produção  
*Gabriela Nascimento*

Normalização  
*Tainara Santos de Azevedo*

Assistente editorial  
*Bianca Rodrigues de Oliveira*

Imagem da capa  
*freepik.com*

Sistema Universitário de Bibliotecas - SIBI/UFBA

---

Difusão do conhecimento em foco : saberes multidisciplinares / Maria Raidalva Nery Barreto, Maria Cândida Arrais de Miranda Mousinho, Wéltima Teixeira Cunha, organizadoras. - Salvador : EDUFBA, 2024.  
420 p.

Contém biografia  
ISBN: 978-65-5630-529-5

1. Abordagem interdisciplinar do conhecimento na educação.  
2. Conhecimento e aprendizagem. I. Barreto, Maria Raidalva Nery. II. Mousinho, Maria Cândida Arrais de Miranda. III. Cunha, Wéltima Teixeira.

CDU - 370.71

---

Elaborada por Jamilli Quaresma / CRB-5: BA-001608

Editora afiliada à



Editora da UFBA

Rua Barão de Jeremoabo, s/n - *Campus* de Ondina  
40170-115 - Salvador, Bahia / Tel.: +55 71 3283-6164  
edufba@ufba.br / <https://edufba.ufba.br>

# SUMÁRIO

## **Apresentação** 9

Maria Raidalva Nery Barreto  
Maria Cândida Arrais de Miranda Mousinho  
Wéltima Teixeira Cunha

## **Parte I - Educação e difusão do conhecimento**

### Capítulo 1

#### **Análise das concepções dos monitores e coordenadores de uma atividade de educação ambiental voltada às abelhas** 15

Marcelo Pereira  
Leonardo Nascimento de Paula  
Maria Raidalva Nery Barreto

### Capítulo 2

#### **O livro acadêmico digital como ferramenta para difusão do conhecimento** 45

Fabiano Oliveira  
Luís Américo Silva Bonfim  
Roque Pinto

### Capítulo 3

#### **Educação para a biodiversidade e a produção e validação de sequências didáticas investigativas** 71

Marcelo Tadeu Motokane  
Marcelo Pereira

Capítulo 4

**O ensino de ciências nos anos finais do ensino fundamental:  
entre práticas e saberes** 119

Ana Rita Silva Almeida  
Romilson Lopes Sampaio  
Kevin Klinsman Ribeiro Chaves  
Leudmar Oliveira Salomão

Capítulo 5

**Alcance de pensamento crítico em discussões  
de licenciandos de Pedagogia sobre a dengue:  
implicações para as séries iniciais do ensino fundamental** 143

Maria Aparecida da Silva Andrade  
Dália Melissa Conrado  
Rosiléia Oliveira de Almeida

Capítulo 6

**Difusão de conhecimento e mídias sociais  
em tempos de pandemia:  
o 2º Concurso de Redação Meio Ambiente & Paz** 171

Alvany Maria dos Santos Santiago  
Cláudia Albuquerque de Lima Queiroz Costa  
Julimar Barreto Ferreira  
Suiane Rodrigues Leão  
Erika Maria Ribeiro Souza

Capítulo 7

**A integração de espaços não formais em atividades de ensino  
de ciências por meio de sequências didáticas investigativas** 189

Marcelo Pereira  
Adriana Vieira dos Santos  
Thiago Luis Silva de Oliveira

## **Parte II – Difusão do conhecimento no contexto político e econômico**

### Capítulo 8

**Proteção radiológica:** 229  
difundir o conhecimento para fortalecer a segurança

Maria Rosangela Soares  
Wilson Otto Gomes Batista

### Capítulo 9

**Políticas públicas para o desenvolvimento rural no Brasil e a agricultura familiar:** 257  
uma perspectiva histórica

Maria Elisa Huber Pessina

### Capítulo 10

**Um *cluster* de alimentos e bebidas em Salvador, Bahia:** 277  
antes e durante a pandemia

Aliger dos Santos Pereira  
Antonio Carlos dos Santos Souza  
José Mário Araújo

### Capítulo 11

**Produção e gestão de conhecimento migrante:** 297  
o caso da comunidade croata no Brasil

Katia Gavranich Camargo  
Milan Puh

Capítulo 12

**Interculturalidade na migração como  
propulsora de relações internacionais** 325

Marcelo Rocha e Silva Zorovich  
Milan Puh

Capítulo 13

**Pós-verdade e negacionismo:** 353  
um ensaio sobre a produção da ignorância no bolsonarismo

Jean Carlos Hochsprung Miguel

Capítulo 14

**The feminization of poverty and  
conditional cash transfer programs:** 379  
the experience of Latin America

Ana Patricia Silva Vara

**Sobre os autores** 407

# Apresentação

A presente obra, composta por 14 capítulos, está dividida em dois eixos: educação e difusão do conhecimento e difusão do conhecimento no contexto político e econômico, e tem como objetivo principal difundir estudos e pesquisas construídos em diversas áreas do saber. Nessa perspectiva, este livro apresenta os seguintes capítulos:

**Capítulo 1 - Análise das concepções dos monitores e coordenadores de uma atividade de educação ambiental voltada às abelhas.** Os autores Marcelo Pereira, Leonardo Nascimento de Paula e Maria Raidalva Nery Barreto abordam o que pensam os monitores e coordenadores de um projeto voltado à discussão da questão do desaparecimento das abelhas, por meio de atividades de educação ambiental direcionadas a alunos do ensino fundamental.

**Capítulo 2 - O livro acadêmico digital como ferramenta para difusão do conhecimento.** Os autores Fabiano Oliveira, Luís Américo Silva Bonfim e Roque Pinto propõem uma reflexão sobre o livro acadêmico digital, na condição de uma oportuna ferramenta para a difusão do conhecimento.

**Capítulo 3 - Educação para a biodiversidade e a produção e validação de sequências didáticas investigativas.** Os autores Marcelo Tadeu Motokane e Marcelo Pereira discutem o processo de produção e validação de sequências didáticas investigativas (SDIs) de biologia, que possam contribuir para construção de práticas escolares que visem à conservação e à preservação da biodiversidade.

**Capítulo 4 - O ensino de ciências nos anos finais do ensino fundamental: entre práticas e saberes.** Os autores Ana Rita Silva Almeida, Romilson Lopes Sampaio, Kevin Klinsman Ribeiro Chaves e Leudmar

Oliveira Salomão apresentam uma pesquisa de natureza quanti-qualitativa, do tipo exploratória descritiva, que foi realizada em dois municípios da região metropolitana de Salvador: Simões Filho e Camaçari, com o objetivo de mapear a formação dos professores que atuam no ensino de ciências nos anos finais do ensino fundamental das escolas públicas.

**Capítulo 5 – Alcance de pensamento crítico em discussões de licenciandos de Pedagogia sobre a dengue: implicações para as séries iniciais do ensino fundamental.** As autoras Maria Aparecida da Silva Andrade, Dália Melissa Conrado e Rosiléia Oliveira de Almeida analisam o alcance do pensamento crítico de estudantes de Pedagogia na discussão de uma sequência didática (SD) sobre dengue.

**Capítulo 6 – Difusão de conhecimento e mídias sociais em tempos de pandemia: o 2º Concurso de Redação Meio Ambiente & Paz.** As autoras Alvany Maria dos Santos Santiago, Cláudia Albuquerque de Lima, Julimar Barreto Ferreira, Suiane Rodrigues Leão e Erika Maria Ribeiro Souza apresentam uma experiência de difusão do conhecimento com o uso das mídias sociais que permitiu a realização do 2º Concurso de Redação Meio Ambiente & Paz 2020, uma ação interinstitucional coordenada pela Universidade Federal do Vale do São Francisco (Univasf), pela Universidade do Estado da Bahia (UNEB) e pelo Ministério Público da Bahia.

**Capítulo 7 – A integração de espaços não formais em atividades de ensino de ciências por meio de sequências didáticas investigativas.** Os autores Marcelo Pereira, Adriana Vieira dos Santos e Thiago Luis Silva de Oliveira discutem sobre o uso de sequências didáticas investigativas como forma de integrar a visita a espaços não formais no planejamento de atividades de ensino que visem à alfabetização científica dos alunos.

**Capítulo 8 – Proteção radiológica: difundir o conhecimento para fortalecer a segurança.** Os autores Maria Rosângela Soares e Wilson Otto Gomes Batista apresentam uma abordagem holística, integrando os conceitos

de física das radiações, metrologia, radiobiologia, regulamentos e ações de organismos nacionais e internacionais, visando à boa compreensão e ao cumprimento dos princípios fundamentais da proteção radiológica.

**Capítulo 9 - Políticas públicas para o desenvolvimento rural no Brasil e a agricultura familiar: uma perspectiva histórica.** A autora Maria Elisa Huber Pessina apresenta ensaio teórico que tem como objetivo discutir, sob a perspectiva histórica, a construção das políticas de desenvolvimento rural no Brasil, com foco na estruturação das políticas voltadas para o fortalecimento da agricultura familiar.

**Capítulo 10 - Um *cluster* de alimentos e bebidas em Salvador, Bahia: antes e durante a pandemia.** Os autores Aliger dos Santos Pereira, Antônio Carlos Dos Santos Souza e José Mário Araújo apresentam o mapeamento e a descrição da rede intra e inter *cluster* (aglomeração) das empresas de alimentos e bebidas no bairro do Rio Vermelho, em Salvador, Bahia.

**Capítulo 11 - Produção e gestão de conhecimento imigrante: o caso da comunidade croata no Brasil.** A autora Katia Gavranich e o autor Milan Puh apresentam os modos como um grupo de imigrantes, - no caso o croata -, se organiza para administrar e difundir seus conhecimentos no Brasil e no exterior, por meio da introdução das bases históricas e da estrutura social croata que favoreceram a constituição de redes de contato e perpetuação de laços comunitários, alinhadas ao trabalho atual de produção de modelos de desocultamento étnico e tecnologias de gestão de redes.

**Capítulo 12 - Interculturalidade na migração como propulsora de relações internacionais.** Os autores Marcelo Rocha e Silva Zorovich e Milan Puh tratam sobre a criação de relações múltiplas entre os países e organizações que possuem como um dos seus principais elos a migração.

**Capítulo 13 – Pós-verdade e negacionismo: um ensaio sobre a produção da ignorância no bolsonarismo.** O autor Jean Carlos Hochsprung Miguel aborda algumas questões-chave sobre a chamada “era da pós-verdade”, o negacionismo científico e suas implicações político-epistêmicas.

**Capítulo 14 – The feminization of poverty and conditional cash transfer programs: the experience of Latin America.** The author Ana Patricia Silva Vara addresses the term feminization of poverty and its relationship with social protection. In addition, the chapter presents the experience of CCT programs in Latin America in order to discuss whether poverty reduction programs targeting women provide the most appropriate way to promote women’s empowerment and gender equality. A autora aborda o termo feminização da pobreza e sua relação com a proteção social. Além disso, o capítulo apresenta a experiência dos programas CCT na América Latina, a fim de discutir se os programas de redução da pobreza voltados para mulheres fornecem o caminho mais adequado para promover o empoderamento das mulheres e a igualdade de gênero.

Desejamos a todos uma excelente leitura.

*Maria Raidalva Nery Barreto*  
*Maria Cândida Arrais de Miranda Mousinho*  
*Wéltima Teixeira Cunha*

Outono de 2022.

# Proteção radiológica

## difundir o conhecimento para fortalecer a segurança

Maria Rosangela Soares  
Wilson Otto Gomes Batista

### Introdução

O termo radiação, geralmente, nos remete a imagens assustadoras de perigo, morte e acidentes. Ainda na atualidade, os fatos históricos com respeito à utilização da radiação na sociedade moderna são mais associados à guerra, como os ataques a Hiroshima e Nagasaki, no Japão (1945), e à acidentes, como a Usina de Chernobyl (1986), na atual Ucrânia, ou a unidade de  $^{137}\text{Cs}$  em Goiânia, Brasil (1987), e, mais recentemente, ao tsunami que atingiu a Usina de Fukushima, no Japão (2011) (Bernado; Cordeiro, 2020). No entanto, os benefícios da utilização das radiações ionizantes na atividade humana são maiores que os riscos inerentes à radiação e até aqueles derivados da utilização indevida. Como exemplo, a radiação ionizante é amplamente utilizada em diferentes aplicações e processos, tais como: indústrias automotiva, aeronáutica, química, alimentícia, petrolífera e de energia elétrica. Também presente em outras atividades como conservação de obras de arte e conservação de sementes. As aplicações na saúde humana e de animais, sejam para diagnóstico ou para terapia,

são indiscutíveis e inquestionáveis e devem ser tratadas com especial atenção, considerando o equilíbrio entre risco e benefício (Lopez; Holmberg; Johnston, 2017).

A utilização da radiação ionizante com finalidade diagnóstica, terapêutica e intervencionista, na área da saúde humana, beneficia centenas de milhões de pessoas anualmente. Na atualidade verifica-se que mais de 10 milhões de procedimentos de radiologia diagnóstica e 100 mil procedimentos de diagnóstico de medicina nuclear são realizados diariamente em todo mundo. As aplicações terapêuticas somam mais de 14.000 sessões por dia (Lopez; Holmberg; Johnston, 2017).

A partir da constatação da ampla utilização da radiação em exposições médicas e avaliação de seus benefícios, entre as décadas de 1980 e 1990 despertou, na comunidade científica, um interesse mais relevante sobre os efeitos colaterais, principalmente devido a grandes diferenças de dose para mesmos procedimentos em países diferentes, lesões cutâneas em pacientes submetidos a procedimentos intervencionistas e a exposições acidentais em radioterapia. Para responder a esses fatos, a Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA), junto a entidades internacionais, promoveu a conferência internacional de proteção radiológica, em Málaga, no ano de 2001. Dessa conferência resultou o “Plano de Ação”, com o propósito de garantir que a proteção radiológica seja uma parte integral da prática médica, reconhecendo os benefícios das aplicações médicas da radiação e a proteção radiológica, sem limitar esses benefícios (Vañó, 2017). Como consequência e com objetivos similares aos da Conferência de Málaga, em 2012 aconteceu a segunda conferência, em Bonn, na Alemanha, que estabeleceu um cenário para a próxima década.

O principal resultado da Conferência de Bonn, a denominada Chamada de Bonn para a Ação, foi a identificação de dez medidas prioritárias para melhorar a proteção contra as radiações na saúde humana na próxima década. Os objetivos dessa chamada foram: a) fortalecer a proteção radiológica dos pacientes e dos profissionais de saúde em geral; b) obter o maior benefício com o menor risco possível para todos os pacientes, mediante a utilização segura e correta da radiação ionizante em saúde

humana; c) facilitar a plena integração da proteção radiológica nos sistemas de assistência sanitária; d) ajudar a melhorar o diálogo benefício/risco com os pacientes e o público; e) melhorar a segurança e qualidade dos procedimentos radiológicos em saúde humana.

A partir desses objetivos a Conferência de Bonn (International Atomic Energy Agency, 2012) definiu as dez ações prioritárias para proteção radiológica em saúde humana. Elas são: (1) melhorar a aplicação do princípio da justificação; (2) melhorar a implementação do princípio da otimização da proteção e segurança; (3) reforçar o papel dos fabricantes na contribuição para o regime geral de segurança; (4) fortalecer a educação e a formação dos profissionais de saúde em proteção radiológica; (5) delinear e promover uma agenda de investigação estratégica para a proteção radiológica em saúde humana; (6) aumentar a disponibilidade e qualidade de informações globais sobre as exposições radiológicas e ocupacionais em saúde humana; (7) melhorar a prevenção de incidentes e acidentes com radiação utilizada em contexto clínico; (8) fortalecer a cultura de segurança radiológica na área da saúde; (9) fomentar um melhor diálogo sobre o risco-benefício no uso da radiação; e (10) fortalecer a implementação de requisitos de segurança a nível global.

Nesse contexto, o objetivo deste capítulo é apresentar uma abordagem holística que integre os conceitos de física das radiações, metrologia, radiobiologia, regulamentos e ações de organismos nacionais e internacionais, visando à boa compreensão e ao cumprimento dos princípios fundamentais da proteção radiológica.

## **História e organização internacional de proteção radiológica**

Desde sua descoberta, a radiação ionizante sempre esteve associada à saúde humana. Esse fato justifica-se, principalmente, pela radiografia da mão da esposa de Wilhelm Conrad Roentgen, apresentada por ele em 1895, como efeito da sua descoberta. Era a primeira vez que a saúde humana tinha possibilidade de observar o corpo humano, internamente, sem cirurgias invasivas. Desde então, o uso das radiações ionizantes para

tratamentos e diagnósticos tornou-se uma realidade que foi modernizada ao longo dos últimos 100 anos. No entanto, efeitos colaterais do consequente uso de radiações ionizantes (raios X e radioisótopos) começaram a ser observados (Podgorsak, 2016).

Os efeitos adversos das radiações ionizantes foram identificados, inicialmente, por pesquisadores de materiais radioativos e/ou de máquinas geradoras de raios X (Lopez; Holmberg; Johnston, 2017). Por outro lado, a observação e análise de seus efeitos adversos, principalmente danos aos tecidos biológicos vivos, despertou a ideia de uso das radiações para causar danos intencionais em tumores, em tratamentos de câncer. Os primeiros tratamentos foram registrados na Suécia, em 1899 (Mould, 1993).

Em 1928, com a fundação do Comitê Internacional de Proteção contra Raios X e Radium (IXRPC), durante o segundo Congresso Internacional de Radiologia, em Estocolmo, na Suécia, surge a primeira iniciativa de aprofundamento científico no campo da proteção radiológica. Esse comitê foi reestruturado em 1950 e adotou o nome de Comissão Internacional de Proteção Radiológica (International Commission on Radiological Protection, 1977), que é uma organização internacional independente, não governamental, que tem a incumbência de compilar conhecimento científico, produzir recomendações e orientações sobre a proteção contra as radiações.

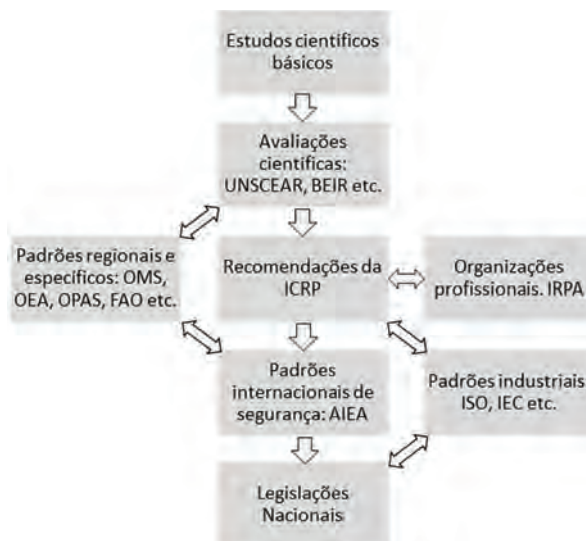
Com a ideia “átomos para a paz”, introduzida na Assembleia Geral da ONU, em 1953, objetivando a prevenção do uso bélico da energia atômica, a Agência Internacional de Energia Atômica, AIEA (International Atomic Energy Agency, 1957), foi criada em 1957. Na atualidade, a AIEA tem abrangência geral para todas as aplicações da radiação ionizante, no que concerne à segurança, e consiste em “[...] estabelecer ou adotar, em consulta e, dado o caso, em colaboração com os órgãos competentes das Nações Unidas e com os organismos especializados interessados, normas de segurança para proteger a saúde... e tomar medidas para a aplicação destas normas [...]” (International Atomic Energy Agency, 2018).

As primeiras medidas de proteção e segurança a respeito das radiações ionizantes foram publicadas, internacionalmente, em 1960, e em 1962 foram publicadas as primeiras normas básicas de segurança para quem

atuava diretamente com radiação ionizante. Apenas em 1996 foi publicada a primeira norma enfatizando a proteção radiológica de paciente, tornando-se, desde então, parte importante da proteção radiológica (Lopez; Holmberg; Johnston, 2017).

A proteção radiológica encontra-se estruturada no plano internacional pela AIEA, Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP), Organização Mundial da Saúde (OMS), Organização Internacional do Trabalho (OIT), dentre outras de igual importância. De forma resumida, a estrutura internacional da proteção radiológica pode ser ilustrada de acordo com o diagrama apresentado na Figura 1. No Brasil, o órgão máximo para legislar, recomendar e intervir é a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) atua com poder de polícia, podendo autuar, fechar e fazer cumprir as normas e regulações da CNEN e internacionais de proteção radiológica. Atualmente, na condição de Estado-membro da Organização das Nações Unidas (ONU), o país é signatário dos documentos da AIEA, e dessa forma segue suas recomendações (International Atomic Energy Agency, 2020).

**Figura 1** - Estrutura hierárquica internacional de proteção radiológica



Fonte: elaborada pelos autores.

Essa estrutura hierarquizada e com sólidas bases científicas demonstra como a proteção radiológica é um campo do conhecimento bem-organizado e estabelecido mundialmente. Outro aspecto importante nessa estrutura é a independência dos órgãos nacionais quanto à adoção de padrões industriais diretamente de entidades como a Comissão Eletrotécnica Internacional (IEC) e a Organização Internacional de Normalização (ISO), desde que não contrarie diretamente acordos mais relevantes.

A partir da preocupação da comunidade internacional com a divergência em dados sobre exposições a pacientes (Lopez; Holmberg; Johnston, 2017), ocorreu em 2001 a primeira conferência internacional de proteção radiológica em medicina, resultando em um “plano de ação” cujo propósito foi garantir a proteção radiológica integral na prática médica. Esse propósito foi retomado em 2012, com a segunda conferência internacional de proteção radiológica, conhecida como Conferência de Bonn. O principal resultado dessa conferência foi denominado “Chamada de Bonn para a Ação”, apresentando dez ações prioritárias de proteção radiológica em medicina.

Com uma abordagem holística sobre a utilização das radiações ionizantes, e envolvendo a sociedade civil, governos nacionais, organizações internacionais, instituições de ensino e associações de profissionais, a Conferência Ibero-Americana sobre Proteção Radiológica em Medicina (International Atomic Energy Agency, 2012; Conferência Ibero-Americana sobre Proteção Radiológica em Medicina, 2017), em 2017, apontou diversos problemas de proteção radiológica e possíveis ações para solucioná-los.

Como consequência da estrutura, com bases sólidas e bem estabelecidas, pode-se afirmar que, independentemente da instituição, as recomendações de proteção radiológica em todo mundo são razoavelmente uniformes e seguem basicamente três princípios fundamentais: justificação, otimização e limitação da dose individual.

## **Princípios da proteção radiológica**

Os objetivos da proteção contra as radiações são a prevenção da ocorrência de exposições desnecessárias, a minimização das exposições

justificadas ou desejáveis a níveis aceitáveis e o estabelecimento de regras e conhecimento sobre os efeitos da radiação ionizante. A cultura da proteção de agentes físicos também é importante nesse sistema.

Para o estrito cumprimento desses objetivos, a ICRP, em 1977, apresentou no relatório 26 os princípios gerais da proteção radiológica. Esses princípios foram revisados em publicações posteriores e adotados pela AIEA como princípios a serem observados nos Estados-membros, na implantação e/ou manutenção de qualquer atividade com uso de radiação ionizante. A redação final dos princípios anteriormente mencionados encontra-se na publicação ICRP Report 60 (International Commission on Radiological Protection, 1990). São eles:

- Princípio da justificação: nenhuma prática ou fonte associada a essa prática estará justificada, a não ser que a prática produza benefícios, para os indivíduos expostos ou para a sociedade, suficientes para compensar o comprometimento correspondente, tendo-se em consideração fatores sociais e econômicos, assim como outros fatores pertinentes:
  - as exposições de pacientes para fins de diagnóstico ou tratamento, quer na prática médica quer na prática odontológica, devem ser justificadas, ponderando-se os benefícios diagnósticos ou terapêuticos que elas venham a produzir em relação ao comprometimento correspondente, levando-se em consideração os riscos e benefícios de técnicas alternativas disponíveis que não envolvam exposição;
  - com exceção das práticas com finalidade diagnóstica ou terapêutica justificadas, são proibidas exposições de seres humanos por motivos frívolos, para fins de demonstração ou treinamento, assim como o uso de seres humanos como cobaias. Nesse último caso, excetuam-se as pesquisas biomédicas devidamente justificadas.
- Princípio da otimização: baseia-se nos efeitos estocásticos, que não têm limiar para que a probabilidade de ocorrência seja diferente de zero. Dessa forma, desde que a exposição seja justificada, a dose deve ser tão baixa quanto exequível (do inglês *as low as reasonably*

*achievable*). A ideia desse princípio é a revisão e crítica constante de todas as práticas.

- Princípio da limitação da dose individual: a exposição do indivíduo deve ser restringida de tal modo que nem a dose efetiva nem a dose equivalente nos órgãos ou tecidos de interesse, resultantes de exposições originadas por práticas autorizadas, excedam o limite de dose estabelecido na legislação em vigor, salvo em circunstâncias especiais, permitidas pela autoridade reguladora. Esses limites de dose não se aplicam às exposições médicas e não devem ser considerados como fronteira entre condição segura e perigosa.

No Brasil, encontra-se em vigor os seguintes valores de dose limite para exposição de indivíduos do público e indivíduos ocupacionalmente expostos (Quadro 1), publicados na norma NN 3.01 da Comissão Nacional de Energia Nuclear (Brasil, 2014). As grandezas dosimétricas e suas respectivas unidades serão abordadas em outra seção deste capítulo.

**Quadro 1** - Limites de dose para indivíduos do público e ocupacionalmente expostos

Limites de dose anuais (1)			
Grandeza	Órgão	Indivíduo ocupacionalmente exposto	Indivíduo do público
Dose efetiva	Corpo inteiro	20 mSv (2)	1 mSv (3)
Dose equivalente	Cristalino	20 mSv (2)	15 mSv
	Pele (4)	500 mSv	50 mSv
	Mãos e pés	500 mSv	-

Fonte: Brasil (2014).

- (1) Para fins de controle administrativo efetuado pela CNEN, o termo "dose anual" deve ser considerado como dose no ano calendário, isto é, no período de janeiro a dezembro de cada ano.
- (2) Média aritmética em cinco anos consecutivos, desde que não exceda 50 mSv em qualquer dos anos.
- (3) Em circunstâncias especiais, a CNEN poderá autorizar um valor de dose efetiva de até 5 mSv em um ano, desde que a dose efetiva média em um período de cinco anos consecutivos não exceda a 1 mSv por ano.
- (4) Valor médio em 1cm<sup>2</sup> de área na região mais irradiada.

A proteção radiológica é, normalmente, associada unicamente a aspectos ocupacionais, conduzindo aqueles que não são especialistas a dedicar importância exclusiva ao princípio da limitação da dose. Contudo,

as exposições ocupacionais somente se originam a partir de práticas justificadas e com conseqüente necessidade da demonstração de sua otimização. Vale ressaltar que o princípio da limitação da dose não é aplicável a exposições médicas. Para a situação específica das exposições médicas, que são práticas justificadas que conduzem à exposição de seres humanos, vamos discutir a importância da proteção radiológica em pacientes na lógica de uma construção que contempla conceitos essenciais e estrutura normativa.

## **Conceitos essenciais**

Para uma compreensão satisfatória da proteção radiológica é necessário conhecer as bases, as definições e os parâmetros físicos sobre radiações ionizantes, fenômeno da radioatividade, detecção e quantificação, grandezas e unidades.

### ***O que é radiação?***

Radiação é a propagação de energia na forma de ondas eletromagnéticas ou partículas, seja no vácuo ou em qualquer meio material, podendo ser classificada como energia em trânsito, e podendo ocorrer por meio de uma onda eletromagnética ou partícula.

As radiações podem ser classificadas quanto à capacidade de ionizar a matéria, em radiação ionizante e radiação não ionizante. A radiação ionizante é definida como aquela que possui valor de energia mínima necessária para ionizar um átomo. Esse valor de energia é, normalmente, expresso em eletro-volts (eV). A classificação da radiação e as formas de ionização estão ilustradas na Figura 2. A radiação não ionizante não possui energia suficiente para ionizar a matéria, ou seja, ejetar um elétron do átomo do meio material em que a radiação incide. Assim ocorre, porque a energia de ligação entre o elétron e o núcleo é maior que a energia da radiação incidente.

**Figura 2** - Classificação da radiação em relação ao poder de ionização e às formas de ionização

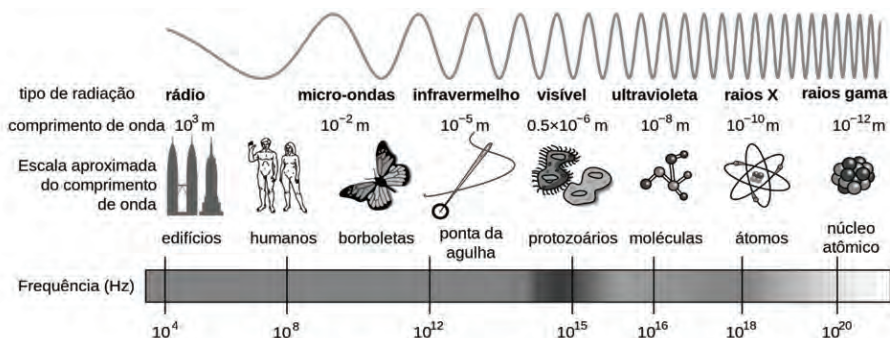


Fonte: elaborada pelos autores.

Em relação à sua natureza, as radiações ionizantes podem ser classificadas em partículas ou ondas eletromagnéticas. Ainda podem ser classificadas em relação à carga elétrica, como eletricamente positiva, eletricamente negativa ou neutra.

As ondas eletromagnéticas acumulam a propriedade de não possuir carga elétrica e massa, e quando apresentam as condições de ionizar a matéria são classificadas como radiação ionizante. Fazem parte dessa categoria os raios x e raios  $\gamma$ . Na Figura 3 é possível localizar esse tipo de radiação no espectro eletromagnético.

**Figura 3** - Espectro eletromagnético em função da frequência. Quanto maior a frequência, menor o comprimento de onda e maior o poder de penetração

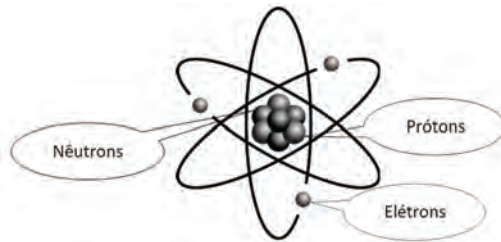


Fonte: adaptada de Espectro eletromagnético (2022).

## Fenômeno da radioatividade

Toda a matéria é composta de átomos (Figura 4). O átomo consiste no núcleo, parte central do átomo com uma carga elétrica positiva (prótons) e sem carga elétrica (nêutrons) e uma parte externa do átomo, que rodeia o núcleo, formada por carga elétrica negativa (elétrons). Os prótons e os nêutrons são conhecidos como núcleons, e a região onde se localizam tem dimensão muito pequena com relação ao átomo como todo.

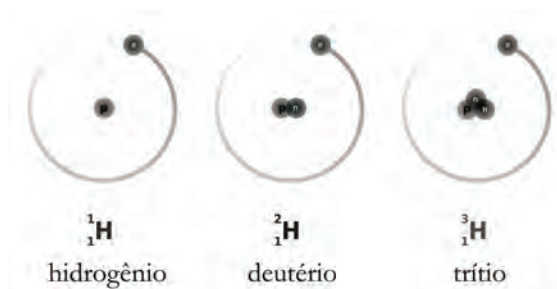
Figura 4 - Modelo clássico do átomo



Fonte: elaborada pelos autores.

O que define o elemento químico do átomo é o número de prótons (também conhecidos como número atômico). Porém, esses elementos podem ter diferentes números de nêutrons, e então eles são chamados isótopos desse elemento. O hidrogênio, por exemplo, possui três isótopos: hidrogênio, deutério e trítio (Figura 5).

Figura 5 - Isótopos do hidrogênio



Fonte: elaborada pelos autores.

Alguns núcleos atômicos são instáveis do ponto de vista energético, e se transformam em outros núcleos até alcançar a estabilidade energética. Essas transformações, também chamadas de desintegrações, são caracterizadas pela emissão de partículas e/ou ondas eletromagnéticas. Esse fenômeno, identificado pelo físico francês Antoine-Henri Becquerel em 1896, é conhecido como radioatividade. Essas emissões são chamadas de radiação e os três tipos principais são: partículas alfas (constituídas por dois nêutrons e dois prótons); partículas betas (elétrons positivos e negativos); e, finalmente, radiação gama<sup>1</sup> (constituída por fótons), ou também descrita como radiação eletromagnética.

### ***Atividade e meia vida***

No sistema internacional de unidades, para quantificar as desintegrações em um núcleo instável, utiliza-se a magnitude atividade, definida como o número de desintegrações na unidade de tempo.

A unidade de atividade é o becquerel (Bq), em homenagem ao físico francês Antoine-Henri Becquerel (1852 - 25 de agosto de 1908). 1 (um) Bq = 1 (uma) desintegração por segundo. Essa unidade é muito pequena, os seres humanos, em sua constituição, são portadores de atividades radioativas entre 2.000 e 3.000 Bq, devido a dois radionuclídeos naturais, <sup>14</sup>C e <sup>40</sup>K. Por essa razão e por tradição é comum o uso de outra unidade, o curie (Ci). 1 (um) Ci =  $3,7 \times 10^{10}$  Bq.

Outro parâmetro importante relacionado a radionuclídeos é o tempo necessário para que uma amostra reduza sua atividade à metade. Esse tempo é chamado de meia-vida física.

### ***Detecção e quantificação da radiação ionizante***

Algumas formas de energia e/ou sua propagação, como calor, luz visível e ondas sonoras, podem ser facilmente percebidas, detectadas, por meio

---

1 Lembramos que entes físicos em escala subatômica apresentam facilmente comportamento dual. O princípio da dualidade onda-partícula explica o comportamento dual de ondas eletromagnéticas, e por essa razão os raios gama são referidos às vezes como um feixe de fótons, e em determinados momentos como uma onda eletromagnética.

de nossos sentidos. Contudo, as interações da radiação ionizante com a matéria não são percebidas pelos nossos sentidos. Mesmo que nossos sentidos fossem capazes de identificar tais interações, ainda necessitaríamos de um sistema de quantificação dessas interações.

### ***Magnitudes e unidades***

Para quantificar um campo de radiação ionizante e suas interações com a matéria, é necessário definir magnitudes e unidades. De modo semelhante a outras quantidades físicas como massa, tempo, temperatura, busca-se a avaliação de alguma propriedade ou característica básica para constituir o sistema de quantificação. Dessa forma, para quantificar as magnitudes relacionadas às radiações ionizantes, preferencialmente, contamos a quantidade de pares de íons gerados e/ou a energia total depositada no processo de interação.

As grandezas dosimétricas estão relacionadas com o campo de radiação, por meio dos coeficientes das interações.

As grandezas e unidades dosimétricas estão sujeitas a constante revisão desde 1920. Na última década, graças aos esforços principalmente da Comissão Internacional de Unidades e Medidas Radiológicas e da Agência Internacional de Energia Atômica (International Atomic Energy Agency, 2007), as grandezas necessárias para quantificação das radiações ionizantes estão padronizadas.

A seguir serão apresentadas as definições das principais grandezas e suas respectivas unidades, que são para fins de proteção radiológica: dose absorvida, dose equivalente e dose efetiva.

**Dose absorvida** é uma quantidade física fundamental na dosimetria e para as considerações dos efeitos associados às exposições a radiação. Ela é definida como o valor médio da energia depositada ( $dE_{dep}$ ) em certo volume infinitesimal ( $dV$ ) por unidade de massa (Equação 1):

$$D_{abs} = \frac{dE_{dep}}{dm} D_{abs} = \frac{dE_{dep}}{dm} \quad (1)$$

A unidade de dose no sistema internacional (SI) de unidades é J/kg, que recebe também o nome de gray (Gy), em homenagem ao físico britânico Louis Harold Gray (1905 - 9 de julho 1965). Se avaliarmos a dose num volume (V) finito, definiremos a dose média absorvida (Equação 2):

$$\underline{D} = \frac{E_{\text{dep}}}{\text{massa}} \underline{D} = \frac{E_{\text{dep}}}{\text{massa}} \quad (2)$$

**Dose equivalente e dose efetiva** são grandezas utilizadas para avaliar a probabilidade de danos para a saúde em baixas doses de radiação ionizante. A ICRP propôs uma quantidade teórica, a dose efetiva, em 1977, sendo esse conceito reformulado em 1990 e 2007 (International Commission on Radiological Protection, 1990; International Commission on Radiological Protection, 2007). A dose efetiva (E) é definida por uma soma ponderada das doses equivalentes de tecidos (Equação 3 e 4):

$$E = w_T \times \sum_T H_T \quad H_T E = w_T \times \sum_T H_T \quad H_T \quad (3)$$

$$H_T = w_R \times \sum_R D_{T,R} \quad D_{T,R} H_T = w_R \times \sum_R D_{T,R} \quad D_{T,R} \quad (4)$$

$H_T$  é a dose equivalente média no tecido ou órgão para ambos os sexos. Onde  $D_{T,R}$  é a dose absorvida no tecido ou órgão, para uma determinada radiação (R), e  $w_R$  é o fator de ponderação para radiação (Quadro 2). E  $w_T$  é o fator de ponderação para tecido e órgãos (Figura 6).

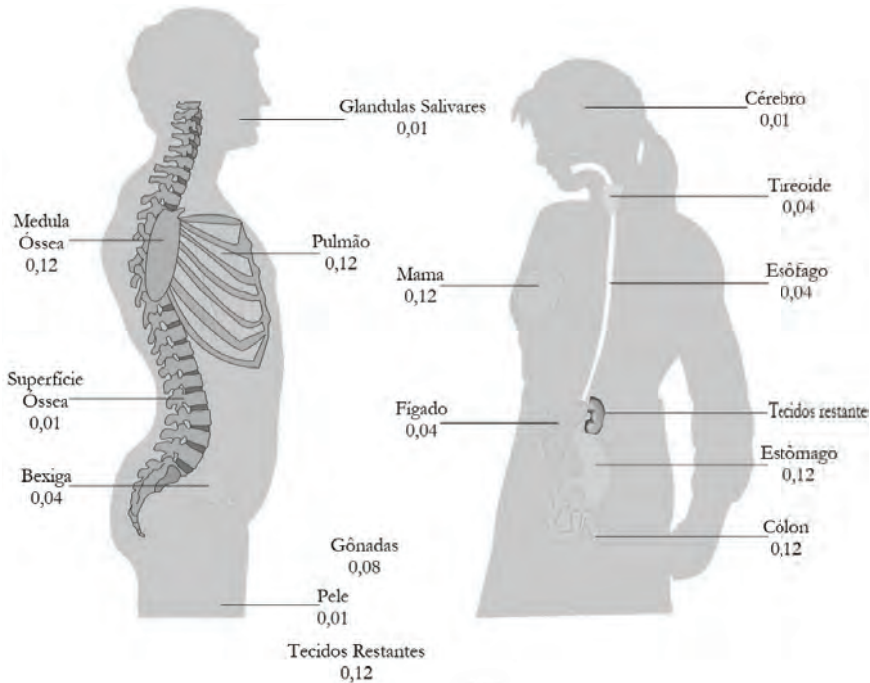
**Quadro 2** - Fatores de ponderação da radiação <sup>a</sup> ( $w_R$ )

Tipo de radiação	Fator de peso da radiação ( $w_R$ )
Fótons	1
Elétrons e múons	1
Nêutrons <sup>a</sup>	
Prótons e píons carregados	2
Partículas alfa, fragmentos de fissão, núcleos pesados	20

Fonte: International Commission on Radiological Protection (2007).

[a] Função contínua dependente da energia do nêutron (ICRP, 2007).

**Figura 6** - Fatores de peso para órgãos e tecidos



Fonte: International Commission on Radiological Protection (2007).

A soma dos fatores de ponderação (Quadro 2) engloba todos os órgãos e tecidos, que são considerados sensíveis à indução de efeitos estocásticos, incluindo câncer e efeitos hereditários. Os valores de  $w_T$  são obtidos por meio da avaliação de indivíduos acidentados, experimentos com animais e simulação computacional. Para fins de cálculo de dose efetiva, consideram-se os tecidos restantes: glândulas suprarrenais, região extratorácica (ET), vesícula, coração, rins, nódulos linfáticos, músculo, mucosa oral, pâncreas, próstata, intestino delgado, baço, timo, útero/cérvix. A unidade de dose efetiva é o  $J.kg^{-1}$ , com o nome especial de sievert (Sv), em homenagem ao físico sueco Rolf Maximilian Sievert (1896 - 3 de dezembro de 1966).

Na Figura 7 é apresentada uma ilustração para auxiliar o entendimento acerca das grandezas atividade, dose absorvida, dose equivalente e dose efetiva.

**Figura 7** - Ilustração da atividade, dose absorvida, dose efetiva e dose equivalente em um indivíduo



Fonte: adaptada de Rincon Educativo ([202-?]).

## Como nos afeta a radiação ionizante?

Antes de responder a essa importante questão, se faz necessário definir exposição e contaminação, além de também classificar os tipos de exposição, categorias, efeitos biológicos e seus limites.

### *Tipos de exposição*

Entendendo a estrutura e o princípio fundamental da proteção radiológica, se faz necessário classificar e categorizar as exposições de seres humanos à radiação ionizante. Essas exposições são classificadas e categorizadas da seguinte forma:

- Exposições planejadas: introdução e operação deliberada de fontes de radiação e/ou prática com radiação para obter algum benefício.

- Exposições de emergência: estas decorrem de exposições planejadas. Situações de acidentes, por exemplo, exigem ações urgentes para minimizar as consequências.
- Exposições existentes: exposições que já estão ocorrendo quando surge a necessidade de tomada de decisão quanto à proibição, isolamento de área, segregação etc. Geralmente são uma consequência de atividades planejadas ou acidentes do passado ou a presença de radiação de origem natural.

### *Categorias de exposição*

- **Exposição ocupacional:** toda exposição decorrente de atividade profissional, com fontes radioativas artificiais ou naturais, manipuladas pela ação humana;
- **Exposição médica:** exposição em consequência dos procedimentos de diagnóstico ou tratamento de seres humanos;
- **Exposição do público:** inclui todas as exposições não incluídas nas ocupacionais ou médicas, e que são consequências das atividades que deram origem às duas anteriores, bem como as derivadas de fontes naturais que produzem níveis significativos, de acordo com recomendações locais, regionais ou internacionais.

Nesse ponto, é importante introduzir dois conceitos simples, que usualmente geram confusão na apresentação e interpretação de temas relacionados à proteção radiológica: conceito de exposição e conceito de contaminação. Ambos são, normalmente, confundidos ou interpretados de forma equivocada.

Exposição é ato de estar exposto à radiação ionizante, e contaminação é a incorporação indesejada de material radioativo. A Figura 8, a seguir, ilustra os dois conceitos. Quando a pessoa caminha sob o Sol, ela está exposta à sua energia, calor, luminosidade e radiação eletromagnética. Em contrapartida, quando a pessoa caminha sob a chuva, ela é molhada, assim como a roupa, cabelos e espaço onde ela se encontra. Isto representa a contaminação.

Na Figura 9 apresentam-se diversos valores de dose efetiva, devido à exposição a fontes artificiais e exposição e/ou incorporação de fontes naturais.

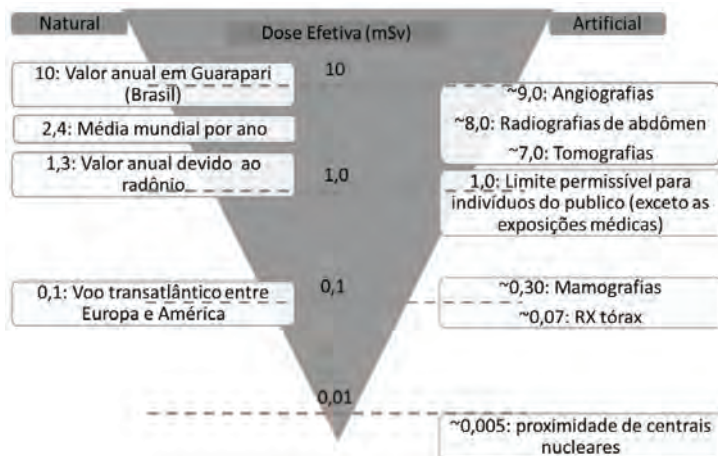
**Figura 8** - Ilustração da diferença de exposição e contaminação. O indivíduo está exposto quando recebe a energia do Sol. A contaminação é representada pela chuva que o molha, assim como a roupa e o espaço



Fonte: elaborada pelos autores.

Em proteção radiológica, contaminação é a incorporação indesejada de substâncias radioativas, seja em seres humanos e/ou áreas e equipamentos.

**Figura 9** - Valores de dose efetiva na vida cotidiana devido a fontes naturais e artificiais



Fonte: elaborada pelos autores.

Esse tipo de comparação apresentada na Figura 9 deve ser vista como dado científico e educacional. A comparação deve ser avaliada de forma a indicar que as exposições artificiais são adicionais e evitáveis.

### ***Efeitos biológicos***

Para o uso seguro da radiação ionizante, é imprescindível que os indivíduos compreendam, além da física que atua na sua interação, os riscos biológicos decorrentes da radiação ionizante. Os efeitos biológicos da radiação ionizante são resultado das modificações que ocorrem nos átomos e moléculas que compõem a matéria viva. Essas modificações são basicamente ionizações e, como consequência, produção de radicais livres que formarão diversos compostos estranhos ao meio biológico. Vale ressaltar que também ocorrem rupturas diretamente na molécula do DNA.

Na célula, algumas dessas modificações podem ter consequências graves a curto e longo prazo. Os efeitos mais graves ocorrem na molécula de DNA, com o rompimento de suas cadeias (“quebra simples”) ou (“quebra dupla”). Essas quebras podem ser causadas pelo efeito direto da radiação na molécula, que são mais frequentes pela interação com a radiação ionizante de natureza corpuscular.

A consequência dos radicais livres, que são altamente reativos, é promover significativas alterações na atividade físico-química do meio. Estas alterações são identificadas como efeito indireto. O efeito indireto compõe mais de 75% das possibilidades dos efeitos, e são mais frequentes na interação das radiações de natureza eletromagnética, raios  $x$  e raios  $\gamma$ , principalmente devido à interação com a molécula da água.

Se essas lesões são reparadas perfeitamente pelos mecanismos enzimáticos da célula, uma situação comum no caso de “quebra simples”, a sobrevivência celular será praticamente garantida. Outra situação oposta é se o reparo não ocorrer, a consequência será a morte celular. Contudo, para doses baixas de radiação, podem ocorrer consequências intermediárias, nas quais as lesões não são reparadas corretamente, resultando em uma mutação que não causa morte celular. Essas mutações podem

ser benignas e sem efeitos graves em longo prazo, mas também podem conduzir a patologias genéticas e/ou cancerígenas.

O surgimento desses efeitos dependerá, entre outros fatores, do tipo de radiação; da intensidade e da velocidade do processo de exposição; do tipo de tecido e da sua capacidade de reparo. Também da idade do indivíduo, no momento da exposição, seu estado de saúde e sua predisposição genética. Por essas razões, pessoas expostas à radiação ionizante, sob as mesmas condições, têm respostas distintas.

Os efeitos biológicos associados à exposição à radiação ionizante podem ser classificados em duas categorias:

**Efeitos determinísticos:** são efeitos que surgem quando a exposição à radiação ionizante causa a morte de uma quantidade significativa de células, que resulta na perda parcial ou total da funcionalidade de um determinado tecido ou órgão. O aparecimento desses efeitos ocorre apenas quando a dose excede um determinado valor chamado limiar da dose. A severidade do efeito dependerá do valor da dose. Os diferentes tecidos e órgãos que compõem o corpo humano apresentam diferentes respostas à radiação ionizante (Quadro 3). Entre os mais radiosensíveis estão os ovários, testículos, lentes e medula óssea. Entre os efeitos determinísticos estão, entre outros, radiodermatite, esterilidade e catarata.

**Quadro 3** - Limiar de dose dos tecidos e órgãos radiosensíveis do corpo humano

Tecido e efeito	Limiar de dose	
	Exposição única	Exposição prologada (anos)
<b>Testículos</b>		
Esterilidade temporária	0,15 Gy	0,4 Gy/ano
Esterilidade permanente	3,5 - 6,0 Gy	2,0 Gy/ano
<b>Ovários</b>		
Esterilidade	2,5 - 6,0 Gy	>0,20 Gy/ano
<b>Cristalino</b>		
Opacidade detectável	0,5 - 2,0 Gy	>0,10 Gy/ano
Catarata	5,0 Gy	>0,15 Gy/ano

Fonte: International Atomic Energy Agency (2002).

**Efeitos estocásticos:** se ocorrerem transformações celulares, devido à exposição à radiação ionizante, elas podem causar o aparecimento de um câncer ou doenças hereditárias nos descendentes da pessoa exposta. Ao contrário dos efeitos determinísticos para esses efeitos, não há limite de dose. Contudo, a probabilidade de sua aparência depende da dose. Clinicamente, não é possível distinguir aqueles que têm sua origem em uma exposição à radiação ionizante daqueles que foram produzidos por outros agentes.

Com base na transmissão dos efeitos da radiação ionizante, eles podem ser classificados como:

**Efeitos somáticos** – se aparecerem no indivíduo exposto.

**Efeitos genéticos** – se afetam os descendentes do indivíduo exposto. O tipo de efeito que a radiação ionizante causa no embrião e no feto depende do momento em que a exposição ocorre com relação ao tempo de gestação.

## Qual a procedência da radiação ionizante?

As radiações ionizantes têm origem em isótopos instáveis encontrados na natureza (nas rochas, na água, na atmosfera, nas plantas, nos seres vivos etc.). Também se originam em radioisótopos produzidos artificialmente e máquinas emissoras de radiação (fontes artificiais).

### *Fontes naturais*

Os seres vivos sempre foram expostos a fontes naturais de radiação ionizante. Uma característica distintiva do processo de exposição à radiação natural é que toda a população mundial é afetada com uma intensidade relativamente constante ao longo do tempo e com apenas algumas variações geográficas.

Uma parcela de nossa radiação presente na superfície da Terra tem sua origem no espaço sideral, e dessa forma, é conhecida como radiação cósmica. Essa parcela de radiação cósmica poderia ser significativamente maior se nossa atmosfera não atuasse como um filtro natural, impedindo

que parte dessa radiação alcance a superfície da Terra. A exposição à radiação cósmica varia dependendo da altitude, sendo mínima ao nível do mar. Também varia com a latitude, sendo menor a intensidade no equador do que nos polos, devido à ação do campo magnético da terrestre.

A presença de radionuclídeos, isótopos instáveis, na crosta terrestre contribui para o estabelecimento de certo nível de exposição à radiação ionizante, oriunda das emissões desses radionuclídeos. A intensidade dessa exposição é dependente da concentração de radionuclídeos no solo e, portanto, a exposição das pessoas à essa radiação varia consideravelmente, dependendo do local.

Outras substâncias radioativas naturais que estão presentes no ar, nos alimentos e na água, são incorporadas ao nosso organismo por meio da ingestão e da respiração, dando origem ao que é conhecido como exposição interna.

### ***Fontes artificiais***

Todos os radionuclídeos produzidos pelo homem e equipamentos emissores de radiação fazem parte das fontes artificiais de radiação. Essa produção pode ser inclusive a manipulação de radionuclídeos que existem naturalmente, visando sua separação e/ou obtenção de amostras concentradas.

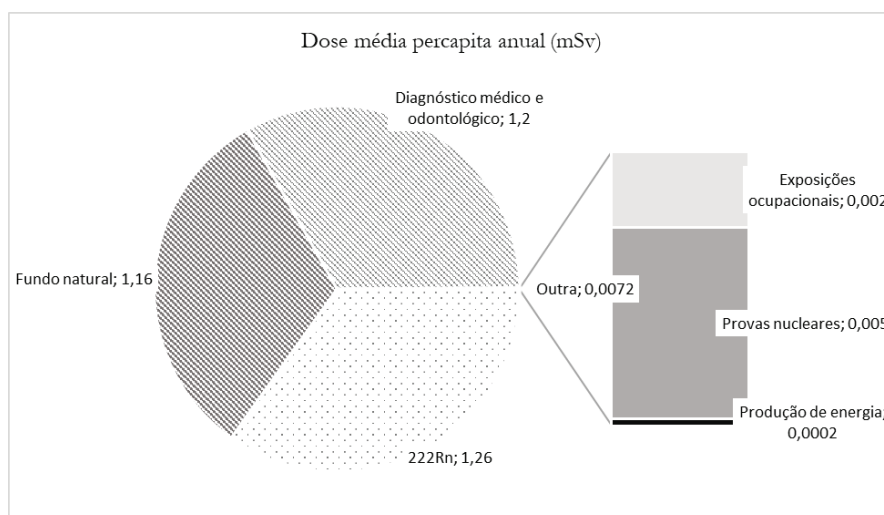
Nessa categoria, seguramente, os equipamentos de uso médico para diagnósticos e terapias são os mais relevantes, seja pela finalidade ou pela sua contribuição no nível de exposição dos seres humanos.

## **Esforços internacionais para o fortalecimento da cultura de segurança radiológica**

A cultura de segurança radiológica é definida pela AIEA no documento INSAG-15 como: “um conjunto de características e atitudes nas organizações e indivíduos que estabelece que, como uma prioridade absoluta e as questões de segurança da instalação recebem a atenção devida para garantir seu significado” (International Atomic Energy Agency, 2002).

Nesse conjunto de atitudes, seguramente, os programas de formação, gestão e difusão do conhecimento básico são elementos fundamentais para o fortalecimento da cultura de segurança radiológica. Há uma constatação internacional de que as exposições médicas representam uma fração significativa na dose média anual da população mundial. Outra fração significativa tem origem nas exposições ocupacionais. Essas duas categorias de exposição são as únicas que de fato podemos minimizar seus valores a níveis tão otimizados que não comprometam os objetivos da prática. A possibilidade de otimizar as exposições a valores tão baixos quanto exequível justifica os esforços propostos. A Figura 10 mostra dados comparativos entres as diferentes exposições e fontes a que a população mundial se encontra exposta.

**Figura 10** - Contribuição de radiação de diferentes fontes, com estimativa hipotética para a população mundial



Fonte: elaborada pelos autores.

A partir da Conferência Internacional sobre Proteção Radiológica em Medicina, resultou em resolução conjunta, dos Estados-membros, o seguinte compromisso:

Não há dúvida de que a aplicação da radiação ionizante e de elementos radioativos em procedimentos de diagnóstico, intervenção ou terapêuticos em medicina é benéfico para centenas de milhões de pessoas todos os anos. No entanto, a utilização da radiação em medicina deve observar um equilíbrio entre os benefícios da melhoria do bem-estar e da saúde humana, bem como os riscos relacionados com a exposição dos indivíduos à radiação. Há a necessidade de uma abordagem holística que inclui parceria dos governos nacionais, da sociedade civil, organismos internacionais, investigadores, educadores, instituições e associações profissionais com o objetivo de identificar, defender e implementar soluções para enfrentar os desafios existentes e emergentes, além de liderarem, harmonizarem e coordenarem atividades e procedimentos a nível internacional (International Atomic Energy Agency, 2012).

A partir desse entendimento, foram lançadas dez ações para a melhoria da proteção radiológica em saúde humana na próxima década. Destas, particularmente três estão relacionadas ao tema da difusão e fortalecimento da cultura de conhecimento e segurança radiológica em medicina. As três ações são as de número 4 (fortalecer a educação e a formação dos profissionais de saúde em proteção radiológica); de número 8 (fortalecer a cultura de segurança radiológica na área da saúde); e de número 9 (fomentar um melhor diálogo sobre o risco-benefício no uso da radiação).

Recentemente a AIEA desenvolveu uma plataforma<sup>2</sup>, em seis idiomas, informativa para o público em geral e formativa para profissionais de saúde dedicados ao uso de radiação em saúde humana. Essa plataforma apresenta temas de proteção radiológica e legislação, com conteúdo claro e conciso baseado em dados científicos sedimentados.

No tocante à proteção radiológica de pacientes, como já afirmado, não se aplica o princípio da limitação da dose. Porém, a exposição de seres humanos à radiação ionizante não é uma prática isenta de qualquer controle. Nesse sentido, entidades internacionais têm proposto níveis de referência para exposições diagnósticas. Um exemplo a esse respeito é o

---

2 Ver em: <https://www.iaea.org/resources/rpop>.

exame de mamografia, em que é recomendada a utilização de parâmetro dosimétrico, que é a dose glandular média, constituindo o único limite de referência associado a um tecido específico. Na ausência de uma grandeza que associe valores de dose diretamente ao paciente/órgão e/ou tecido, a Comissão Europeia de Proteção Radiológica (Euratom) recomenda observar a dose relacionada aos órgãos e tecidos críticos e/ou relevantes (European Commission, 1999, 2018).

## Considerações finais

Em função da proposta das agências internacionais, destacando, principalmente as ações 4, 8 e 9, apresentadas anteriormente, observa-se a necessidade de conhecer o que são radiações, quais os tipos, suas características e alguns conceitos básicos sobre elas.

Percebe-se que, independentemente do local em que o indivíduo esteja, não é possível permanecer imune ou isento de exposição à radiação, interna ou externamente. Em contrapartida, viver sem utilizar radiações ionizantes, sob ações de um mundo globalizado, com exportações e importações de produtos, alimentos, exames e terapias, não é possível. Nesse sentido, conhecer como a radiação ionizante afeta os seres humanos, animais, vegetais e o meio ambiente torna-se necessário e pertinente ao século atual.

## Referências

- BERNADO, A.; CORDEIRO, T. A história de Chernobyl, Fukushima e outros 4 acidentes nucleares. *Super Interessante*, São Paulo, 9 jan. 2020. Disponível em: <https://super.abril.com.br/especiais/radiacao-a-solta/>. Acesso em: 9 fev. 2020.
- BRASIL. *Resolução CNEN 164, de 11 março de 2014*. Diretrizes Básicas de Radioproteção. Rio de Janeiro: Comissão Nacional de Energia Nuclear; Brasília, DF: Ministério da Ciência e Tecnologia, 11 mar. 2014. Disponível em: <http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm301.pdf>. Acesso em: 13 out. 2020.

CONFERÊNCIA IBERO-AMERICANA SOBRE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA EM MEDICINA, 2017, Madrid. [Artigos]. *Radioproteccion*. Madrid: Sociedad Espanola de Proteccion Radiológica, n. 87, 2017. Disponível em: <https://www.sepr.es/recursos/revista/CIPRaM/PR87-CIPRaM-Portugues.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2020.

CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR. *La protección radiológica en la industria, la agricultura, en la docencia o la investigación*. Madrid: CSN, 2012. Disponível em: <https://www.csn.es/documents/10182/914805/Protecci%C3%B3n+radiol%C3%B3gica+en+la+industria%2C+agricultura+%2C+docencia+e+investigaci%C3%B3n>. Acesso em: 20 jan. 2020.

ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO. In: WIKIPÉDIA. [S. l.], 2022. Disponível em: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Espectro\\_eletromagn%C3%A9tico#](https://pt.wikipedia.org/wiki/Espectro_eletromagn%C3%A9tico#). Acesso em: 24 mar. 2021.

EUROPEAN COMMISSION. *European guidelines on diagnostic reference levels for paediatric imaging*. Luxemburgo: European Commission, 2018. (Série Radiation Protection, n. 185). Disponível em: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/6e473ff5-bd4b-11e8-99ee-01aa75ed71a1/language-en>. Acesso em: 15 dez. 2020.

EUROPEAN COMMISSION. *Guidance on diagnostic reference levels (DRL) for medical exposures*. Luxemburgo: European Commission, 1999. (Série Radiation protection, n. 109). Disponível em: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/7a29147a-9545-4a44-b6d3-14310e28cff5>. Acesso em: 15 nov. 2020.

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. *1990 Recommendations of International Commission on Radiological Protection*. Oxford: Pergamon Press, 1990. (Série ICRP Publication, n. 60). Disponível em: <https://www.icrp.org/publication.asp?id=icrp%20publication%2060>. Acesso em: 24 mar. 2021.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. *Bona: chamada para a ação*. Bona: IAEA, 2012. Feito na Conferência Internacional de Proteção Contra Radiações em Medicina: definir o cenário para a Próxima Década. Disponível em: [https://www.iaea.org/sites/default/files/17/12/bonn-call-for-action-statement\\_por.pdf](https://www.iaea.org/sites/default/files/17/12/bonn-call-for-action-statement_por.pdf). Acesso em: 20 dez. 2020.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. *Dosimetry in diagnostic radiology: an international code of practice*. Vienna: IAEA, 2007. (Technical Reports Series, n. 457). Disponível em: <https://www.iaea.org/publications/7638/dosimetry-in-diagnostic-radiology-an-international-code-of-practice>. Acesso em: 24 mar. 2021.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. *Key practical issues in strengthening safety culture - INSAG-15: a report by the International Nuclear Safety Advisory Group*. Vienna: IAEA, 2002. Disponível em: [https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1137\\_scr.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1137_scr.pdf). Acesso em: 24 mar. 2021.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Organizational structure. IAEA, Vienna, 2020. Disponível em: <https://www.iaea.org/about/organizational-structure>. Acesso em: 23 mar. 2021.

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*. Oxford: Pergamon Press, 1977. (Série ICRP Publication, n. 26). Disponível em: <https://www.icrp.org/publication.asp?id=icrp%20publication%2026>. Acesso em: 24 mar. 2021.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. *Statute*. New York: IAEA, 28 dez. 1957. Disponível em: <https://www.iaea.org/about/overview/statute>. Acesso em: 18 fev. 2020.

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. *The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*. Oxford: Elsevier, 2007. (Série ICRP Publication, n. 103). Disponível em: <https://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%20103>. Acesso em: 24 mar. 2021.

LOPEZ, P. O.; HOLMBERG, O.; JOHNSTON, P. Visão histórica global sobre a Proteção radiológica em medicina. *Radioproteccion*, Madrid, n. 87, p. 9-15, 2017. Trabalho apresentado na Conferência Ibero-americana sobre Proteção Radiológica em Medicina (CIPRaM). Disponível em: <https://www.sepr.es/recursos/revista/CIPRaM/PR87-CIPRaM-Portugues.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2020.

MOULD, R. F. *A century of X rays and radioactivity in medicine: with emphasis on photographic records of the early years*. Bristol: Institute of Physics Publishing, 1993.

PODGORSK, E. B. *Radiation physics for medical physicists: graduate texts in physics*. 3. ed. Montreal: Springer, 2016.

RINCON EDUCATIVO. 4. Detección y medida de las radiaciones ionizantes. In: RINCON EDUCATIVO. *Unidad didáctica integrada sobre radiaciones ionizantes y protección radiológica*. Madrid: Rincon Educativo, [202-?]. Disponível em: [https://rinconeducativo.org/contenidoextra/radiacio/4deteccion\\_y\\_medida\\_de\\_las\\_radiaciones\\_ionizantes.html](https://rinconeducativo.org/contenidoextra/radiacio/4deteccion_y_medida_de_las_radiaciones_ionizantes.html). Acesso em: 24 mar. 2021.

VAÑÓ, E. Conferência Ibero-americana sobre Proteção Radiológica em Medicina (CIPRaM). *Radioproteccion*, Madrid, n. 87, p. 9-15, 2017. Trabalho apresentado na Conferência Ibero-americana sobre Proteção Radiológica em Medicina (CIPRaM). Disponível em: <https://www.sepr.es/recursos/revista/CIPRaM/PR87-CIPRaM-Portugues.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2020.

# Sobre os autores

## **Adriana Vieira dos Santos**

Docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA), *campus* de Lauro de Freitas. Possui graduação em Licenciatura em Química e mestrado em Química Aplicada pela Universidade do Estado da Bahia (UNEB). Cursando doutorado no Programa de Pós-Graduação em Difusão do Conhecimento (PPGDC), promovido pelo IFBA, pela UNEB, pela Universidade Federal da Bahia (UFBA), pelo Laboratório Nacional de Computação Científica (LNCC), pelo Centro Integrado de Manufatura e Tecnologia (Senai Cimatec) e pela Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS). Também é administradora e criadora de conteúdo em páginas científicas de redes sociais. Membro do grupo de pesquisa Estudos e Processos de Aprendizagem, Cognição e Interação Social (EsPACIS).

*E-mail:* [adrianavieira@ifba.edu.br](mailto:adrianavieira@ifba.edu.br)

## **Ana Patricia Silva Vara**

PhD em Políticas Públicas e Análise Política pela United Nations University (UNU-MERIT), Maastricht e mestre em Governança e Desenvolvimento pelo Institute of Development Studies. Trabalhou para o governo mexicano como diretora geral do programa de redução de pobreza Supérate, para a Agência Alemã de Cooperação e para o Ministério Alemão para Cooperação Econômica e Desenvolvimento. Sua linha de pesquisa é na área de políticas de proteção social que promovem suporte econômico com educação e empreendedorismo, com foco em mulheres. Ela pesquisou para o governo vietnamita, Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD), Agência das Nações Unidas de Assistência aos Refugiados da Palestina no Próximo Oriente (UNRWA) e Fundo das Nações Unidas para a Infância (Unicef), dentre outras instituições.

*E-mail:* [silva@merit.unu.edu](mailto:silva@merit.unu.edu)

## **Aliger dos Santos Pereira**

Possui pós-doutorado, doutorado e mestrado na área de Análise Regional. É graduada em Administração e Licenciatura em Matemática. É docente da Universidade do Estado da Bahia (UNEB) e do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA). Participa de dois programas de pós-graduação: o Multi-institucional em Difusão do Conhecimento (PPGDC) e o Mestrado em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação (Profnit). Líder do grupo de pesquisa Modelos e Estruturas Organizacionais a Nível Territorial para Ações Sustentáveis (Metas).

*E-mail:* aligerpereira@ifba.edu.br

## **Alvany Maria dos Santos Santiago**

Possui graduação em Ciências Sociais pela Universidade Federal da Bahia (UFBA), mestrado em Administração pela University of Wisconsin, Madison, EUA, revalidado no Brasil pela Universidade de São Paulo (USP), doutorado em Psicologia pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), com estágio pós-doutoral na University of Birmingham, Inglaterra, e na UFBA. É professora associada da Universidade Federal do Vale do São Francisco (Univasf) e docente permanente do Programa de Pós-Graduação em Dinâmicas de Desenvolvimento do Semiárido (PPGDiDeS) e do Mestrado Profissional em Administração Pública em Rede Nacional (Profiap/Univasf). Líder do grupo de pesquisa Laboratório de Carreiras e Desenvolvimento de Competências (LCDC) e membro do grupo Governança para Sustentabilidade e Gestão de Baixo Carbono (GpS/UFBA).

*E-mail:* alvany.santiago@univasf.edu.br

## **Ana Rita Silva Almeida**

Pós-doutora em Estudos da Criança (especialidade em Sociologia da Infância), pela Universidade do Minho, Portugal. Doutora em Psicologia da Educação pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP).

Professora e pesquisadora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA), atuando na graduação e no Programa de Pós-Graduação em Difusão do Conhecimento (PPGDC). Tem publicações na forma de revistas, livros e capítulos de livro, tais como: *A vida afetiva da criança*, *A emoção na sala de aula*, *Identidade e autonomia na criança*, entre outros. É coordenadora do Grupo de Estudo e Pesquisa em Ensino e Aprendizagem de Ciências (Gepeac).

*E-mail:* ana.chiara@ifba.edu.br

### **Antonio Carlos dos Santos Souza**

Doutor em Ciência da Computação pela Universidade Federal da Bahia (UFBA), mestre em Modelagem Computacional, bacharel em Informática pela Universidade Católica do Salvador (UCSal) e técnico em Instrumentação Industrial pela Escola Técnica Federal da Bahia (ETFBA). Atualmente é professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA), coordenador geral (2019-2021) e coordenador institucional (2019-atual) do Doutorado Multi-institucional e Multidisciplinar em Difusão do Conhecimento (DMMDC), promovido pela UFBA, pelo IFBA, pela Universidade do Estado da Bahia (UNEB), pelo Laboratório Nacional de Computação Científica (LNCC), pelo Centro Integrado de Manufatura e Tecnologia (Senai Cimatec) e pela Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS).

*E-mail:* acsantossouza@gmail.com

### **Cláudia Albuquerque de Lima Q. Costa**

Jornalista pela Universidade Católica de Pernambuco (UNICAP), especialista em Políticas Culturais Regionais pela Fundação Joaquim Nabuco (Fundaj), mestre em Comunicação pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e doutora em Comunicação, Cultura e Artes pela Universidade do Algarve (UAlg), Portugal. Atualmente é professora da Universidade do Estado da Bahia (UNEB). É membro do Grupo de Pesquisas Recôncavo e coordenadora do Projeto Narradores do Recôncavo, e também colabora

com o Centro de Investigação em Artes e Comunicação (CIAC), da Faculdade de Ciências Humanas e Sociais da UAlg/PT.

*E-mail:* claudia.adlima@gmail.com

### **Dália Melissa Conrado**

Bióloga, doutora em Ensino, Filosofia e História das Ciências pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências da Universidade Federal da Bahia e da Universidade Estadual de Feira de Santana (PPGEFHC/UFBA/UEFS), doutora em Ecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Biomonitoramento (PPGECOBIO/UFBA), bacharel em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Maringá (UEM), licenciada em Biologia pela Faculdade de Ciências da Bahia (Faciba). Pesquisadora do Laboratório de Ensino, Filosofia e História da Biologia (LEFH BIO) e do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Estudos Interdisciplinares e Transdisciplinares em Ecologia e Evolução (INCT-INTREE). Atua nas áreas de educação em ciências, educação ambiental, ética ambiental e educação em saúde. É professora colaboradora do Programa de Pós-Graduação em Educação da Faculdade de Educação da Universidade Federal da Grande Dourados (PPGEdu/FAED/UFGD).

*E-mail:* profdalia@gmail.com

### **Erika Maria Ribeiro Souza**

Graduação em Geografia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), especialista em Administração Pública pela Universidade Estácio de Sá, mestre em Administração pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). Atualmente trabalha como assistente em administração na UFBA, é pesquisadora das Câmaras de Inovação para Sustentabilidade e Resiliência do PAINEL Salvador de Mudança do Clima e faz parte do grupo de pesquisa Governança para Sustentabilidade e Gestão de Baixo Carbono (GpS), onde desenvolve pesquisas sobre resiliência urbana e compras públicas sustentáveis.

*E-mail:* erikageobr@yahoo.com.br

## **Fabiano Oliveira**

Doutorando em Educação e Contemporaneidade pelo Programa de Pós-Graduação em Educação e Contemporaneidade da Universidade do Estado da Bahia (PPGEduC/UNEB). Mestre em Ciências Sociais pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). Licenciado em Língua Portuguesa. Graduado em Comunicação Social pela Universidade Católica do Salvador (UCSal), especialista em Filosofia Contemporânea pela Faculdade São Bento da Bahia, em Ensino à Distância pela Universidade Paulista (UNIP) e em Gestão de Pessoas pelo Centro Universitário Jorge Amado (UNIJORGE). Atualmente é analista universitário na Editora da Universidade do Estado da Bahia (Eduneb). Membro dos grupos de pesquisa Umanitá: Educação e Humanidades e Modelos e Estruturas Organizacionais a Nível Territorial para Ações Sustentáveis (Metas).

*E-mail:* faviana@uneb.br

## **Jean Carlos Hochsprung Miguel**

Doutor em Política Científica e Tecnológica pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Pesquisador da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp). Ele ensina Sociologia no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul (IFMS). Seu trabalho explora como as infraestruturas de conhecimento climático constituem formas de governamentalidade, e está atualmente pesquisando serviços climáticos para o setor energético e transições energéticas no Brasil.

*E-mail:* jean.dpct@gmail.com

## **José Mário Araújo**

Doutor pela Universidade Federal da Bahia (UFBA) e mestre pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) em Engenharia Elétrica, cursou Licenciatura em Eletricidade na Universidade do Estado da Bahia (UNEB). Professor titular do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA) desde maio de 1999, atuando nos cursos de graduação das

áreas de Engenharia e nos Programas de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas e Produtos (PPGESP) e em Difusão do Conhecimento (PPGDC). Realizou estágio de pós-doutoramento na Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Atingiu o topo da carreira de professor de ensino básico, técnico e tecnológico com apresentação de tese acadêmica inédita.  
*E-mail:* araujo@ieee.org

### **Julimar Barreto Ferreira**

Graduação em Direito pela Universidade Federal da Bahia (UFBA), especialização em Preparação à Carreira da Magistratura pela Escola de Preparação e Aperfeiçoamento de Magistrados (EPAM), especialização em Desenvolvimento Regional Sustentável pela Universidade do Estado da Bahia (UNEB) e em Direito Civil e Processual Civil pelo Centro de Estudos e Aperfeiçoamento Funcional do Ministério Público do Estado da Bahia (CEAF/MPBA). Atualmente é promotor de Justiça do MPBA, titular da Promotoria de Justiça de âmbito regional, especializada em meio ambiente, com sede em Santo Antônio de Jesus-BA.

*E-mails:* julimar@mpba.mp.br e julimarbf46@gmail.com

### **Katia Gavranich Camargo**

Bacharel em Nutrição pela Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo (FSP/USP), aprimoranda em Nutrição Clínica pela Fundação para o Desenvolvimento Administrativo de São Paulo (FUNDAP) e Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FMUSP), mestre em Engenharia de Produção, na modalidade Inteligência Aplicada, pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e gestora cultural pelo curso de Gestão Cultural do Centro de Pesquisa e Formação do Serviço Social do Comércio de São Paulo (CPF/SESC-SP). Criadora e apresentadora do programa *A Europa de Lá*, sobre música e cultura dos Balcãs e do Leste Europeu, pela Rádio Cultura FM de São Paulo.

*E-mail:* katia.camargo19@gmail.com

### **Kevin Klinsman Ribeiro Chaves**

Licenciando em Eletromecânica no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA), participou de projetos de extensão e pesquisa. Foi bolsista de iniciação científica da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (Fapesb), no projeto de pesquisa “Formação docente para o ensino de Ciências”. Atualmente é estagiário na rede pública de ensino e membro do Grupo de Estudo e Pesquisa em Ensino e Aprendizagem de Ciências (Gepeac).

*E-mail:* kevinkchaves@gmail.com

### **Leonardo Nascimento de Paula**

Licenciado e bacharel em Ciências Biológicas – Ênfase em Biologia Molecular e Tecnológica pela Universidade de São Paulo (USP). De 2016 a 2018, realizou iniciação científica no Laboratório de Biologia do Desenvolvimento de Abelhas (LBDA). Tem experiência em biologia geral, atuando principalmente nos seguintes temas: biologia molecular e genética.

*E-mail:* leonardonascimento1106@gmail.com

### **Leudmar Oliveira Salomão**

Licenciado em Eletromecânica pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA), onde participou de projetos de docência, pelo Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (Pibid), e pesquisa, pelo Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (Pibic). Foi estudante de iniciação científica no projeto de pesquisa “Formação docente para o ensino de Ciências”. Atualmente trabalha na rede pública de ensino e é membro do Grupo de Estudo e Pesquisa em Ensino e Aprendizagem de Ciências (Gepeac).

*E-mail:* leudmar@hotmail.com

## **Luís Américo Bonfim**

Bacharel em Desenho Industrial pela Universidade do Estado da Bahia (UNEB), mestre em Sociologia e doutor em Ciências Sociais, formado pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Sociais da Universidade Federal da Bahia (PPGCS/UFBA). Atualmente é professor permanente e coordenador adjunto do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Religião da Universidade Federal de Sergipe (PPGCR/UFS), onde lidera o grupo de pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) Observare - Estudos Empíricos e Aplicados em Religião e Religiosidades.

*E-mail:* americobonfim@gmail.com

## **Marcelo Pereira**

Docente do Departamento de Biologia da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, da Universidade de São Paulo (FFCLRP/USP). Possui pós-doutorado em Educação pela Universidade Federal da Bahia (UFBA) e doutorado e mestrado em Genética pela Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (FMRP/USP). É graduado em Licenciatura e Bacharelado em Ciências Biológicas pela FFCLRP/USP. É orientador do Programa de Pós-Graduação de Biologia Comparada, da FFCLRP/USP. Pesquisador dos grupos de pesquisa Linguagem e Ensino de Ciências (Lince) e Estudos e Processos de Aprendizagem, Cognição e Interação Social (EsPACIS). Atuou como docente no ensino fundamental e médio entre 2001 e 2013.

*E-mail:* mpereira@ffclrp.usp.br

## **Marcelo Rocha e Silva Zorovich**

Pós-doutorando no Swiss Institute of Management and Innovation, onde também é professor no curso de mestrado. Doutor em Relações Internacionais pela Universidade de São Paulo (USP), com mestrados nas áreas de Administração, pela Escola Superior de Propaganda e Marketing (ESPM), e Relações Internacionais, pela Université Laval, Québec, Canada. Faz

parte do grupo de docentes do EU Green – Cátedra Jean Monet ESPM. É professor nos cursos de Relações Internacionais, Negócios e Comunicação da ESPM, onde também atua como gestor da área de serviços acadêmicos.  
*E-mail:* mzorovich@espm.br

### **Marcelo Tadeu Motokane**

Professor associado da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, da Universidade de São Paulo (FFCLR/USP). Bacharel e licenciado em Ciências Biológicas pelo Instituto de Biociências (IB) da USP. Mestre e doutor em Educação (Ensino de Ciências) pela Faculdade de Educação da USP (Feusp). Coordenador do Laboratório de Ensino de Biologia da FFCLRP/USP e líder do grupo Linguagem e Ciência no Ensino (Lince). Suas pesquisas tratam de temas como educação para a biodiversidade, educação e cidadania, ensino de ciências por investigação e linguagem no ensino de ciências.

*E-mail:* mtmotokane@ffclrp.usp.br

### **Maria Aparecida da Silva Andrade**

Graduada em Licenciatura em Biologia pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), mestre em Ensino, Filosofia e História das Ciências pela Universidade Federal da Bahia e Universidade Estadual de Feira de Santana (UFBA/UEFS) e doutora em Ensino, Filosofia e História das Ciências pela UFBA/UEFS. Atualmente, é professora adjunta da UFRB, atuando no Centro de Formação de Professores, localizado em Amargosa. A linha de pesquisa em que atua está relacionada ao uso de questões sociocientíficas na formação de professores, sob a perspectiva freireana e educação com enfoque em ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (CTSA).

*E-mail:* mariaandrade@ufrb.edu.br

### **Maria Elisa Huber Pessina**

Doutora em Administração Pública pela Universidade Federal da Bahia (UFBA), com intercâmbio na University of Queensland, Austrália. Professora e pesquisadora do Programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade Salvador (PPGA/Unifacs). Editora adjunta da *Revista Gestão & Desenvolvimento*. Dedicou-se há dez anos a pesquisar as interfaces do Sistema de Cooperação Internacional para o Desenvolvimento com a gestão pública, social e privada local, resultando em publicações de artigos e livro na temática. Foi proponente e lidera sessões sobre a temática em importantes eventos acadêmicos nacionais.

*E-mail:* mariaelisahp@yahoo.com.br

### **Maria Cândida Arrais de Miranda Mousinho**

Doutora em Energia e Ambiente pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). Participou do curso Managing Global Governance no Deutsche Institut für Entwicklungspolitik e do curso International Futures na Academia de Formação de Diplomatas em Berlim. *Fellow* na Universidade das Nações Unidas (UNU), com um projeto sobre energia e governança. É professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA) e dos Programas de Pós-Graduação em Difusão do Conhecimento (PPGDC) e em Energia e Ambiente (PPGENAM). Em 2021 publicou seu primeiro livro autoral, intitulado *Brazil-India energy cooperation: connecting the continents*, pela Springer Nature.

*E-mail:* mcadmm@yahoo.com.br

### **Maria Raidalva Nery Barreto**

Possui graduação em Pedagogia pela Universidade do Estado da Bahia (UNEB), especialização em Políticas Públicas, mestrado em Políticas Públicas, Gestão do Conhecimento e Desenvolvimento Regional pela UNEB, doutorado em Educação e Contemporaneidade pela UNEB, com

estágio doutoral pela Universidade de São Paulo (USP). Atualmente é professora do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia (IFBA).

*E-mail:* raibarreto@gmail.com

### **Maria Rosangela Soares**

Possui graduação em Matemática e Física pela Universidade Federal de Rondônia (UNIR), mestrado e doutorado em Física – Aplicações em Física Médica pela Universidade Federal de Sergipe (UFS) e pós-doutorado pelo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (Ipen). Supervisora de proteção radiológica pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). Atua principalmente nos seguintes temas: radiodiagnóstico, radioterapia, radioproteção e dosimetria das radiações, calibração de instrumentos, termoluminescência e simulação computacional de Monte Carlo. Atualmente é docente na UNIR.

*E-mail:* mrs@unir.br

### **Milan Puh**

Graduado em História pela Universidade de São Paulo (USP). Doutor em Educação pela Faculdade de Educação da USP (Feusp). Mestre em Filologia e Língua Portuguesa pela Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da USP (FFLCH/USP). Graduado em Antropologia e Língua e Literatura Portuguesa pela Universidade de Zagreb. Docente do Instituto de Letras da Universidade Federal da Bahia (Ilufba/UFBA). Pesquisa assuntos ligados a história, línguas, culturas e educação em diferentes contextos latino-americanos, africanos e europeus.

*E-mail:* milan.puh1@gmail.com

### **Romilson Lopes Sampaio**

Doutor em Educação pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP), mestre em Educação pela Universidade de Brasília (UnB) e bacharel em Informática pela Universidade Católica do Salvador (UCSal).

Atualmente é professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA) e do Programa de Pós-Graduação em Difusão do Conhecimento (PPGDC), promovido pelo IFBA, pela Universidade Federal da Bahia (UFBA), pela Universidade do Estado da Bahia (UNEB), pelo Laboratório Nacional de Computação Científica (LNCC), pelo Centro Integrado de Manufatura e Tecnologia (Senai Cimatec) e pela Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS). Atua principalmente nos seguintes temas: análise de redes sociais, tecnologias aplicadas à educação, tecnologias em ambientes não formais.

*E-mail:* romilson@ifba.edu.br

### **Roque Pinto**

Graduado e mestre em Ciências Sociais pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). DEA e doutor em Antropologia Social, com menção Doctor Europaeus pela Universidad de La Laguna, Tenerife, Espanha. Professor titular de Antropologia na Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC) e atualmente desenvolve trabalhos em cooperação com investigadores brasileiros e estrangeiros, relacionados às temáticas de desenvolvimento local, território e poder, turismo, consumo, saúde pública, segurança pública.

*E-mail:* roquepintosantos@gmail.com

### **Rosiléia Oliveira de Almeida**

Licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), mestre e doutora em Educação pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Pós-doutora em Educação no Instituto de Educação da Universidade de Lisboa. Docente da Faculdade de Educação da Universidade Federal da Bahia (Faced/UFBA), atuando no ensino de graduação (Ciências Naturais) e de pós-graduação (Educação; Ensino, Filosofia e História das Ciências; Currículo, Linguagens e Inovações Pedagógicas) e na pesquisa e extensão nas áreas de educação em ciência, ensino de biologia e educação ambiental.

*E-mail:* roalmeida@ufba.br

### **Suiane Rodrigues Leão**

Graduação em Geologia pela Universidade Federal do Ceará (UFCE), especialização em Auditoria e Perícia Ambiental pela Universidade Gama Filho (UGF) e Geoprocessamento e Georreferenciamento pela Universidade Iguazu (UNIG) e mestrado em Dinâmicas de Desenvolvimento do Semiárido pela Universidade Federal do Vale do São Francisco (Univasf). Atualmente é coordenadora técnica do Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Inema), na unidade regional de Juazeiro-BA.

*E-mail:* suianer.leao@gmail.com

### **Thiago Luis Silva de Oliveira**

Licenciado em Ciências Biológicas e especialista em Ensino de Ciências e Matemática pela Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC). Mestre em Ensino de Ciências pela Universidade de São Paulo (USP). Atualmente é doutorando em Difusão do Conhecimento pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). É efetivo da Secretaria de Educação do Estado da Bahia. Membro do grupo de pesquisa Estudos e Processos de Aprendizagem, Cognição e Interação Social (EsPACIS). Investiga processos de aprendizagem e de cognição no ensino de ciências.

*E-mail:* thiagolsoliveira@gmail.com

### **Wéltima Teixeira Cunha**

Graduada em Farmácia pela Universidade Federal da Bahia (UFBA), Farmácia Industrial de Medicamentos e Alimentos pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB), especialização em Metodologia do Ensino Superior pela Faculdade de Educação da Bahia, especialização em Saúde Pública pela Faculdade de Ribeirão Preto, especialização em Saúde do Trabalhador pela UFBA, mestre em Saúde, Ambiente e Trabalho pela UFBA, doutoranda pelo Programa de Pós-Graduação em Difusão do Conhecimento (PPGDC), promovido pela UFBA, pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA), pela Universidade do Estado da Bahia (UNEB),

pelo Laboratório Nacional de Computação Científica (LNCC), pelo Centro Integrado de Manufatura e Tecnologia (Senai Cimatec) e pela Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS). Professora do IFBA.

*E-mail:* weltimacunha@gmail.com

### **Wilson Otto Gomes Batista**

Bacharel e mestre em Física pela Universidade Federal da Bahia (UFBA) e doutor em Física pela Universidade Federal de Sergipe (UFS). Já foi bolsista da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) no Institut Català d'Oncologia, Barcelona, Espanha. Consultor de proteção radiológica da United Nations Office for Project Services (UNOPS), na Dinamarca, no período de 2015 a 2016. Bolsista da AIEA. Estágio sênior na Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Peru. Professor associado 4 do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA). Tem experiência na área de física aplicada ao radiodiagnóstico e radioterapia.

*E-mail:* wilson.otto@ifba.edu.br