INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE SAÚDE E SERVIÇOS - DAS
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM RADIOLOGIA

NICOLE SIMONES

VITÓRIA MAGALHÃES DOS SANTOS

IMPACTOS DA RADIAÇÃO IONIZANTE NO DESENVOLVIMENTO EMBRIOLÓGICO E FETAL:
uma revisão integrativa da literatura

FLORIANÓPOLIS, 2026.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE SAÚDE E SERVIÇOS - DAS
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM RADIOLOGIA

NICOLE SIMONES

VITÓRIA MAGALHÃES DOS SANTOS

IMPACTOS DA RADIAÇÃO IONIZANTE NO DESENVOLVIMENTO EMBRIOLÓGICO E FETAL:
uma revisão integrativa da literatura

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina como parte dos requisitos para obtenção do título de Tecnólogo em Radiologia.

Orientadora: Karen Borges Waltrick, Dra.

FLORIANÓPOLIS, 2026.

Ficha de Identificação da obra elaborada pelo autor, através do cadastro de ficha de identificação disponível no portal discente do Sistema Integrado de Gestão Acadêmica - SIGAA, do IFSC.

Simones, Nicole
IMPACTOS DA RADIAÇÃO IONIZANTE NO DESENVOLVIMENTO EMBRIOLÓGICO e FETAL: uma revisão integrativa da literatura / Nicole Simones e Vitória Magalhães dos Santos ; orientador(a): Karen Borges Waltrick, Dra.. -- Florianópolis : 2026.
59 p.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) - Instituto Federal de Santa Catarina, Campus Florianópolis. Curso Superior de Tecnologia em Radiologia, Florianópolis, 2026.

Inclui referências.

1. Desenvolvimento fetal. 2. Gestação. 3. Radiação ionizante. 4. Proteção radiológica. I. Dra., Karen Borges Waltrick,. II. Instituto Federal de Santa Catarina, Curso Superior de Tecnologia em Radiologia. III. Título.

TERMO DE APROVAÇÃO

IMPACTOS DA RADIAÇÃO IONIZANTE NO DESENVOLVIMENTO EMBRIOLÓGICO E FETAL: UMA REVISÃO INTEGRATIVA DA LITERATURA

NICOLE SIMONES

VITÓRIA MAGALHÃES DOS SANTOS

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título de Tecnólogo em Radiologia e aprovado na sua forma final pela banca examinadora do Curso Superior de Tecnologia em Radiologia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Florianópolis, 07 de Julho, 2026.

Banca Examinadora:

gov.br Documento assinado digitalmente
KAREN BORGES WALTRICK
Data: 30/08/2026 17:17:10-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Karen Borges Waltrick, Dra.

gov.br Documento assinado digitalmente
ANDREA HUHN
Data: 26/08/2026 16:52:33-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Andrea Huhn, Dra.

IFSC

gov.br Documento assinado digitalmente
GERUSA RIBEIRO
Data: 26/08/2026 18:14:22-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Gerusa Ribeiro, Dra.

IFSC

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer, primeiramente, à nossa orientadora, a professora Karen, por ter confiado em nós e aceitado nos conduzir nesta etapa final, além da amizade e do companheirismo construídos ao longo desses três anos. Agradecemos também aos demais professores do curso pela dedicação e pelos ensinamentos práticos e humanos, que nos moldaram para sermos bons profissionais. Por fim, o nosso muito obrigado às amizades formadas e aos bons momentos compartilhados, que tornaram essa experiência muito mais leve e divertida

Eu, Nicole, agradeço a Deus por esta jornada e por me permitir viver cada momento. Aos meus pais, Nelson e Joseane, e ao meu irmão, Nicolas, dedico minha eterna gratidão; o amor e o apoio de vocês, mesmo de longe, sempre guiaram meus passos e me impulsionaram a ir mais longe. Minha gratidão se estende a todos os meus familiares e amigos, especialmente à minha grande amiga Larissa, que esteve comigo em todos os momentos e, apesar da distância, me lembrava de que eu era capaz e sempre estava disposta a escutar meus desabafos e vibrar com as minhas vitórias. Agradeço também à minha avó Vanilde, pelas preces, e à minha madrinha Janete, pelo colo acolhedor de segunda mãe. Por fim, agradeço à Vitória, minha colega e uma bela amizade que a faculdade me trouxe, a qual espero ter para sempre ao meu lado.

Eu, Vitória, agradeço primeiramente aos meus pais, cuja força e dedicação foram fundamentais em cada etapa da minha jornada. Todas as minhas conquistas carregam um pouco do que aprendi com vocês, e a cada vitória, celebro também os esforços e sacrifícios que fizeram por mim. Aos meus amigos Gab e Raquel, que caminham comigo desde a escola, minha profunda gratidão. Registrar seus nomes aqui é uma forma de agradecer por nunca soltarem a minha mão e por compartilharem comigo tantos momentos da vida. Agradeço ainda à Nicole Simones, minha dupla fixa e irmã que a vida me deu, cuja amizade foi um presente inesperado que trouxe apoio e alegria aos meus dias. Compartilhar essa trajetória ao seu lado fez com que tudo se tornasse mais leve e especial. Por fim, reservo um agradecimento carinhoso à memória do meu avô, Nelson Pazinatto, que partiu pouco antes de ver sua "doutora" se formar. Sua ausência é sentida todos os dias, mas sei que, onde quer que esteja, ele celebra esta conquista comigo.

RESUMO

A aplicação da radiação ionizante em exames de imagem é frequente na medicina, mas gera preocupações quando envolve pacientes gestantes, devido à maior radiossensibilidade do embrião e do feto durante a gestação, principalmente no período inicial de seu desenvolvimento. Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo revisar a literatura sobre os efeitos da radiação ionizante no desenvolvimento embrionário e fetal, por meio de uma revisão integrativa da literatura. Foram analisados, de forma geral, 815 artigos científicos publicados entre 2016 e 2025 nas bases PubMed, BVS, Scopus, Web of Science e Embase, dos quais 22 artigos foram selecionados e incluídos neste trabalho. A análise dos dados revelou que, na maioria dos casos, os efeitos biológicos adversos decorrentes da exposição à radiação ionizante durante a gestação se manifestam apenas em doses significativamente superiores àquelas empregadas em procedimentos diagnósticos convencionais. Com isso, conclui-se que o conhecimento atualizado sobre os limites de exposição segura contribui para a tomada de decisão clínica, promovendo a segurança materno-fetal e evitando restrições desnecessárias ao acesso de gestantes a exames de imagem essenciais. Dessa forma, a realização de exames radiológicos em gestantes não é considerada contraindicada, desde que exista justificativa clínica e sejam utilizados protocolos de otimização da dose.

Palavras-chave: Desenvolvimento fetal. Gestação. Radiação ionizante. Proteção radiológica.

ABSTRACT

The use of ionizing radiation in medical imaging is common but raises concerns regarding pregnant patients due to the heightened radiosensitivity of the embryo and fetus, particularly during early development. In this context, this study aimed to review the literature on the effects of ionizing radiation on embryonic and fetal development through an integrative literature review. A total of 815 scientific articles published between 2016 and 2025 were screened across the PubMed, BVS, Scopus, Web of Science, and Embase databases, with 22 articles ultimately selected for inclusion. Data analysis revealed that, in most cases, adverse biological effects resulting from ionizing radiation exposure during pregnancy manifest only at doses significantly higher than those used in conventional diagnostic procedures. Consequently, up-to-date knowledge regarding safe exposure limits supports clinical decision-making, promoting maternal-fetal safety while avoiding unnecessary restrictions on pregnant women's access to essential imaging examinations. Thus, performing radiological examinations on pregnant women is not considered contraindicated, provided there is clinical justification and dose-optimization protocols are employed.

Keywords: Fetal Development. Pregnancy. Ionizing radiation. Radiation protection.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diferença entre os efeitos biológicos provocados pela radiação ionizante.…… 16
Figura 2 - Ilustração dos períodos de pré-implantação e pré-organogênese…...……. 19
Figura 3 - Ilustração do período de maior sensibilidade do SNC..…….. 20
Figura 4 - Ilustração do período da vida fetal tardia……..…….. 21
Figura 5 - Fluxograma do processo de seleção dos artigos…….. 27
Figura 6 - Design da capa da cartilha educativa ……..……..……...……... 43

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Base de dados utilizadas……..…… 24
Quadro 2 - Estratégias de buscas……...……..…… 25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Métodos de imagem e respectiva dose fetal……...…… 34
Tabela 2 - Efeitos da radiação ionizante no desenvolvimento fetal por período e dose…….……...…… 38

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACOG - Colégio Americano de Obstetras e Ginecologistas

ACR - Colégio Americano de Radiologia

ALARA - *As Low As Reasonably Achievable*

ALADAIP - *As Low As Diagnostically Acceptable, Indication-driven and Patience-specific*

BVS - Biblioteca Virtual em Saúde

CAFe - Comunidade Acadêmica Federada

CBCT - Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico

CC - Craniocaudal

DBT - Tomossíntese Mamária Digital

DM-2D - Mamografia Digital

FOV - Campo de Visão

Gy - Gray

IA - Inteligência Artificial

IAEA - Agência Internacional de Energia Atômica

ICRP - Comissão Internacional de Proteção Radiológica

IFSC - Instituto Federal de Santa Catarina

IMRT - Radioterapia de Intensidade Modulada

kV - quilovoltagem

MBq - Megabecquerel

mGy - Miligray

MLO - Mediolateral-oblíqua

MMG - Mamografia

MN - Medicina Nuclear

mSv - Milisievert

PICOS - População, Intervenção, Comparador, Outcome e Study Design

QI - Redução do quociente de inteligência

RC - Radiografia Convencional

RI - Radiologia Intervencionista

RM - Ressonância Magnética

RO - Radiologia Odontológica

RT - Radioterapia

SNC - Sistema Nervoso Central

Tc-99m - Tecnécio-99m

TC - Tomografia Computadorizada

μGy - Microgray

UNSCEAR - Comitê Científico das Nações Unidas sobre os Efeitos da Radiação Atômica

US - Ultrassonografia

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO..... 12
1.1 Justificativa..... 13
1.2 Pergunta de pesquisa..... 14
1.3 Objetivo geral..... 14
1.4 Objetivos específicos..... 14
2 REVISÃO..... 15
2.1 Explicando a radiação ionizante..... 15
2.2 Efeitos biológicos da radiação ionizante..... 16
2.2.1 Reações teciduais - Efeitos não estocásticos..... 17
2.2.2 Efeitos estocásticos..... 17
2.3 Períodos gestacionais..... 18
2.4 Aplicações médicas da radiação ionizante..... 21
3 METODOLOGIA..... 23
3.1 Delineamento da pesquisa..... 23
3.3 Apresentação dos resultados..... 28
3.4 Aspectos éticos..... 28
3.4.1 Declaração do uso de inteligência artificial (IA)..... 29
4 RESULTADOS..... 30
4.1 Artigo científico..... 30
4.2 Proposta de Cartilha Educativa..... 42
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS..... 44
REFERÊNCIAS..... 45
APÊNDICES..... 50
APÊNDICE A — Cartilha educativa..... 51
ANEXOS..... 53
ANEXO A — Protocolo de busca para a coleta dos dados..... 54
ANEXO B — Diretrizes para autores da Revista Radiologia Brasileira..... 57

1 INTRODUÇÃO

Desde a descoberta dos raios X, em 1895 por Wilhelm Conrad Röntgen, a radiação ionizante tem sido amplamente utilizada na área da saúde, impulsionando avanços significativos tanto no diagnóstico por imagem como nas terapias oncológicas. A forma como essa energia interage com o corpo humano tem sido objeto de investigações contínuas, ampliando o entendimento sobre processos biológicos complexos e possibilitando o avanço de novas pesquisas. No entanto, o uso das radiações ionizantes na saúde demanda uma avaliação cuidadosa dos riscos associados. Efeitos prejudiciais resultantes do uso indiscriminado dos raios X foram observados logo nos primeiros anos após a sua descoberta. Atualmente, entende-se que a gravidade desses danos está diretamente relacionada à duração da exposição, ao número de células afetadas, ao tipo de radiação e ao órgão irradiado, o que reforça que o conhecimento aprofundado sobre a interação da radiação com o corpo humano é fundamental para minimizar e prevenir riscos, principalmente em populações vulneráveis como as gestantes e seus filhos (Aguiar; Lucero; Jesus, 2024).

Diante da sensibilidade aumentada de embriões e fetos, significativamente maior se comparada aos indivíduos adultos, a assistência a gestantes em contextos que utilizam radiação ionizante exige maior cuidado e a implementação de protocolos de proteção rigorosos para garantir a segurança do ser em desenvolvimento intrauterino. A exposição à radiação nesse período crítico pode gerar consequências negativas, como efeitos que podem se manifestar a curto e longo prazo. Malformações congênitas, problemas de crescimento, dificuldades de aprendizado e até mesmo um risco aumentado de desenvolver certos tipos de câncer são algumas das possíveis consequências da exposição à radiação durante a gravidez (Silva; Aires, 2020; Aguiar; Lucero; Jesus, 2024).

A solicitação e realização de exames diagnósticos por imagem que utilizam radiação ionizante em gestantes, como radiografias e tomografias, requer uma análise criteriosa da relação risco-benefício, visando à proteção do embrião/feto. Um ponto crucial nesse processo é garantir a otimização da dose, buscando sempre utilizar a menor dose de radiação a qual é capaz de prover informações diagnósticas precisas, minimizando assim os riscos à exposição (Silva; Aires, 2020).

O presente estudo busca relatar os impactos da exposição à radiação ionizante no desenvolvimento embrionário e fetal, considerando os diferentes estágios da gestação, os períodos críticos de exposição e suas possíveis consequências. Para isso, realizou-se uma revisão integrativa da literatura, com o propósito de traçar um panorama abrangente e

atualizado sobre o tema.

1.1 Justificativa

O avanço da tecnologia trouxe a radiação ionizante para o centro do diagnóstico e tratamento médico, oferecendo benefícios inegáveis, sendo crucial para melhorar a precisão diagnóstica por imagem e aumentar a efetividade das terapias oncológicas. No entanto, a utilidade dessa ferramenta está diretamente ligada à necessidade de um controle de risco rigoroso, cuja gestão se torna mais crítica e complexa no contexto da assistência à paciente gestante (Aguiar; Lucero; Jesus, 2024). Assim, o presente estudo se propõe a analisar, por meio de uma revisão integrativa da literatura, os efeitos da exposição à radiação ionizante durante a gestação, investigando os impactos para o desenvolvimento embriológico e fetal em diferentes períodos críticos e detalhando as possíveis consequências dessa exposição.

A importância deste assunto consiste na vulnerabilidade biológica do embrião e feto em desenvolvimento. Essa vulnerabilidade é resultado da alta taxa de proliferação e diferenciação celular, especialmente durante a organogênese e maturação do sistema nervoso central, o que lhe proporciona uma sensibilidade radiológica significativamente maior do que a de um indivíduo adulto (Silva; Aires, 2020; Aguiar; Lucero; Jesus, 2024).

Assim, ao consolidar esse conhecimento, a pesquisa contribui diretamente para os profissionais que atuam na área radiológica, fornecendo fundamentos científicos que fortalecem sua prática clínica. Dessa forma, apoia a correta aplicação dos protocolos de segurança e proteção radiológica, contribuindo para a redução dos riscos ocupacionais e para a manutenção de um ambiente de trabalho mais seguro.

Apesar de não ser um tema inédito, a literatura científica exige uma consolidação mais rigorosa acerca dos limiares de dose e, principalmente, da correlação precisa entre os danos observados e os três períodos críticos de exposição (pré-implantação, organogênese e período fetal). Consequentemente, os objetivos de identificar os principais efeitos por fase gestacional e descrever as malformações e danos neurológicos mais comuns visam demonstrar de forma clara que a gravidade e o tipo de dano fetal são determinados diretamente pelo momento exato da exposição à radiação.

Da mesma forma, discutir as diretrizes de proteção é fundamental para compreender os protocolos de atendimento e garantir uma prática clínica ética e segura, em conformidade com o Princípio ALARA (*As Low As Reasonably Achievable* - tão baixo quanto razoavelmente exequível). Este princípio orienta minimizar a exposição à radiação ionizante, sempre

buscando o equilíbrio entre os benefícios do exame e a redução dos riscos para pacientes, profissionais e o meio ambiente. Igualmente, o conhecimento e a aplicação dessas normas são indispensáveis para garantir um ambiente seguro e o uso racional da radiação ionizante na área da saúde.

Por fim, o principal resultado prático deste trabalho foi a produção de uma cartilha educativa, por meio digital, que servirá como material didático e fonte de pesquisa acerca do tema, auxiliando os profissionais que atuam com radiações ionizantes na orientação às gestantes de forma precisa. Espera-se que os resultados desta revisão integrativa ofereçam uma base teórica sólida para aprimorar a atuação dos profissionais da área radiológica, fortalecendo assim as medidas de proteção radiológica direcionadas à saúde materna e fetal.

1.2 Pergunta de pesquisa

Qual é o panorama da produção científica entre 2016 e 2025 sobre os efeitos da exposição à radiação ionizante no desenvolvimento embrionário e fetal?

1.3 Objetivo geral

Analisar os impactos da radiação ionizante no desenvolvimento embriológico e fetal, por meio de uma revisão integrativa de literatura.

1.4 Objetivos específicos

É do propósito deste estudo:

a) identificar os principais efeitos da exposição à radiação ionizante em cada fase da gestação (pré-implantação, organogênese e período fetal);
b) descrever as malformações no desenvolvimento embriológico e fetal associados a exposição à radiação ionizante;
c) construir a base teórica para a produção futura de uma cartilha informativa voltada aos profissionais que atuam nas práticas radiológicas.

2 REVISÃO

A radiação ionizante é uma forma de energia presente em diversas áreas da sociedade atual e desperta interesse tanto na área da saúde quanto na população em geral, devido ao seu potencial de provocar efeitos biológicos significativos no organismo humano. Na área da saúde, a radiação ionizante desempenha um papel essencial em diferentes aplicações médicas, sendo amplamente utilizada em exames diagnósticos e procedimentos terapêuticos. Para compreender melhor os riscos e benefícios associados ao uso da radiação ionizante, especialmente no contexto médico, é essencial conhecer seus mecanismos de interação com o organismo humano e as possíveis consequências decorrentes dessas interações para a saúde. Nesse contexto, este capítulo tem como objetivo apresentar os conceitos fundamentais relacionados à radiação ionizante, fornecendo o embasamento teórico necessário à compreensão dos resultados e discussões que serão desenvolvidos ao longo deste trabalho.

2.1 Explicando a radiação ionizante

De acordo com Dorow e Medeiros (2019), a radiação é um tipo de energia que se propaga por meio de partículas, eletricamente carregadas ou neutras, ou na forma de ondas eletromagnéticas. A maneira como a radiação atravessa ou interage com os materiais está diretamente relacionada à sua natureza física. Ondas eletromagnéticas e partículas neutras atravessam as substâncias com maior facilidade, frequentemente sem alterar sua energia inicial. Por outro lado, partículas com carga elétrica tendem a perder energia gradativamente ao colidirem com os átomos do meio o qual atravessam. Dessa forma, de acordo com a sua natureza física e sua capacidade de interagir com a matéria, as radiações são classificadas em ionizantes e não ionizantes.

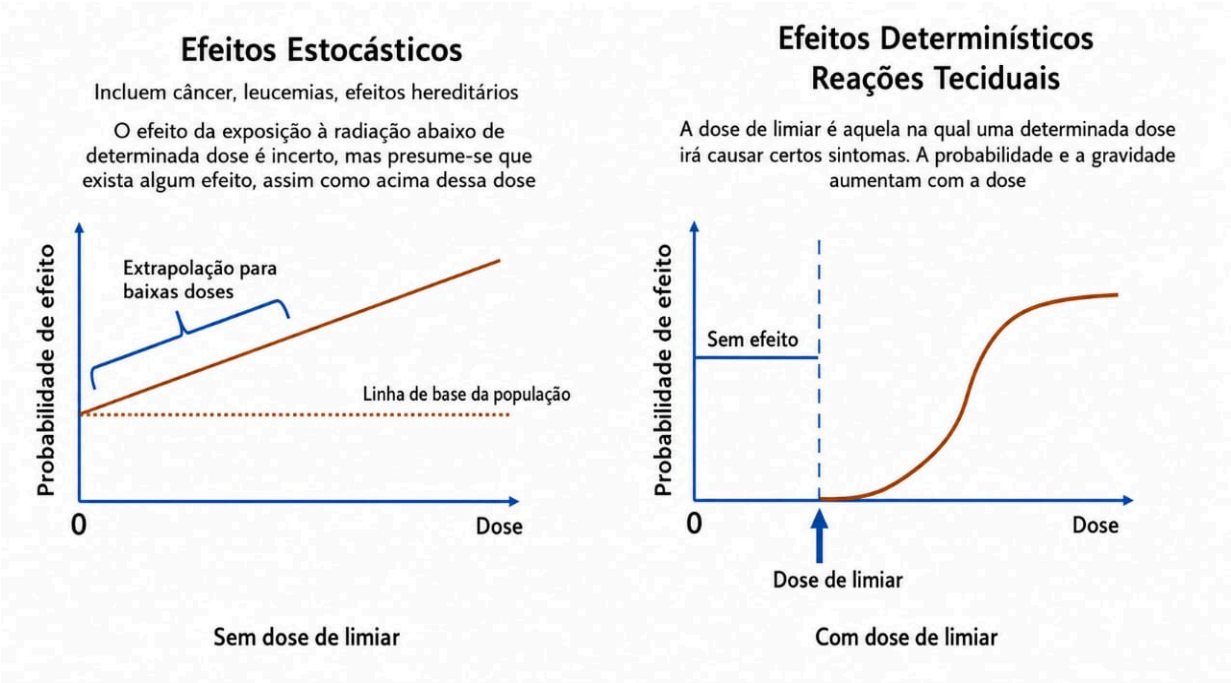
As radiações ionizantes possuem energia suficiente para remover elétrons de átomos gerando íons e podem ser classificadas como corpusculares (alfa, beta) ou eletromagnéticas (raios X, gama). Embora não possam ser percebidas pelos sentidos humanos, essas radiações podem ser detectadas e medidas por meio de instrumentos específicos, mesmo em pequenas quantidades. Os raios X, por exemplo, são ondas eletromagnéticas de alta energia geradas na eletrosfera ou a partir da desaceleração de partículas junto ao núcleo atômico, sendo amplamente empregadas em diagnósticos médicos e indústrias diversas (Dorow; Medeiros, 2019).

2.2 Efeitos biológicos da radiação ionizante

A compreensão dos efeitos biológicos da radiação ionizante é essencial para a avaliação dos riscos associados à exposição, especialmente durante o desenvolvimento embrionário e fetal. Esses riscos variam de acordo com fatores como a dose absorvida e o estágio gestacional no momento da exposição, podendo resultar em diferentes consequências para o desenvolvimento intrauterino do indivíduo e sua saúde futura (Popić Ramač *et al.,* 2016; Rocha *et al.,* 2020). O conhecimento disponível sobre esses efeitos se origina principalmente de estudos em animais e de estudos relacionados às situações de exposição acidental, como os bombardeios de Hiroshima e Nagasaki e os acidentes nucleares de Chernobyl e Fukushima (Popić Ramač *et al.,* 2016).

Para fins de proteção radiológica, os efeitos biológicos da radiação ionizante são classificados em duas categorias específicas: os efeitos estocásticos e as reações teciduais, ou não estocásticos, anteriormente denominadas efeitos determinísticos (Applegate et al., 2021). . A Figura 1 ilustra a principal diferença entre essas duas categorias de efeitos.

Figura 1 - Diferença entre os efeitos biológicos provocados pela radiação ionizante



Fonte: Traduzido de Mainprize *et al.* (2023).

2.2.1 Reações teciduais - Efeitos não estocásticos

As reações teciduais ou efeitos não estocásticos, anteriormente denominados efeitos determinísticos, caracterizam-se pela existência de uma dose limiar de radiação. Esses efeitos biológicos manifestam-se apenas quando esse limiar é ultrapassado e estão relacionados à morte de um número significativo de células decorrente da exposição à radiação (Guilbaud et al., 2018). Uma vez excedido esse limiar, e com o acréscimo da dose absorvida, a gravidade dos efeitos nos tecidos e a probabilidade de ocorrência de manifestações clínicas aumentam progressivamente.

De acordo com Degenhardt; Dumit e Giussani (2024), no sistema atual de proteção radiológica, as malformações congênitas resultantes de radiações intrauterinas classificam-se como reações teciduais, permanecendo clinicamente irrelevantes abaixo do limiar de dose, somente afetando o feto de modo significativo , à medida que a dose se eleva (Gomes; Matias; Macedo, 2015).

Guilbaud *et al.* (2018) relatam que o conhecimento acerca dos efeitos determinísticos decorrentes da radiação ionizante durante a gestação ainda é limitado. No entanto, tais efeitos abrangem uma série de complicações, incluindo abortamento espontâneo, malformações e restrições de crescimento do feto, deficiência intelectual e óbito fetal (Guilbaud *et al.,* 2018; Tomà *et al.,* 2019). Contudo, mesmo no período de maior radiossensibilidade entre a 2ª e a 15ª semana de gestação, esses efeitos só se manifestam quando as doses excedem limiares geralmente acima de 100 mGy, permanecendo ausentes ou sem relevância em exposições inferiores a esse valor (Gomes; Matias; Macedo, 2015; Tomà *et al.,* 2019).

2.2.2 Efeitos estocásticos

Os efeitos estocásticos, por sua vez, são caracterizados pelo fato de sua ocorrência tornar-se mais provável à medida em que a dose recebida aumenta, sem que exista um limite mínimo de exposição considerado livre de risco. Nesse contexto, a severidade do efeito independe da dose, estando relacionada principalmente à probabilidade de manifestação, como exemplificado pelo câncer e pelas alterações genéticas hereditárias induzidas por mutações (Gomes; Matias; Macedo, 2015; Applegate *et al.,* 2021; Degenhardt; Dumit; Giussani, 2024). Além disso, esses efeitos podem se manifestar meses ou até mesmo anos após a exposição (Rocha *et al.,* 2020). Em gestantes, todos os efeitos decorrentes da exposição à radiação são tratados como estocásticos, pois mesmo doses baixas podem resultar

em consequências, reforçando a necessidade de vigilância rigorosa durante todo o período gestacional (Popić Ramač *et al.,* 2016).

Apesar do risco absoluto de câncer induzido por radiação ser considerado baixo, especialmente quando os exames diagnósticos são realizados com rigor e controle adequados, esse risco aumenta proporcionalmente à dose recebida, mantendo-se semelhante em todos os trimestres da gestação, sendo estimado em cerca de 0,4% ao longo da vida para cada 10 mGy de dose fetal (Picone *et al.,* 2023). Segundo Tomà *et al.* (2019), após a implantação do embrião no útero, exposições à radiação abaixo de 100 mGy não têm sido associadas a efeitos determinísticos evidentes, mas permanece a possibilidade de ocorrência de efeitos estocásticos, como o aumento do risco de câncer, cuja probabilidade, embora baixa, cresce proporcionalmente à dose recebida. Além disso, estima-se que o risco de câncer ao longo da vida em indivíduos expostos intrauterinamente à radiação é semelhante ao observado em crianças irradiadas nos primeiros anos de vida.

Fiebich *et al.* (2020) citam que além da carcinogênese, outros efeitos tardios, como malformações congênitas, redução do quociente de inteligência (QI) e maior incidência de tumores e leucemias em crianças expostas à radiação durante o período pré-natal, também são observados, sobretudo em situações de doses mais elevadas. No entanto, destaca-se que o conhecimento acerca desses riscos permanece limitado e cercado de incertezas, o que reforça a necessidade de cautela na exposição fetal à radiação (Tomà *et al.,* 2019).

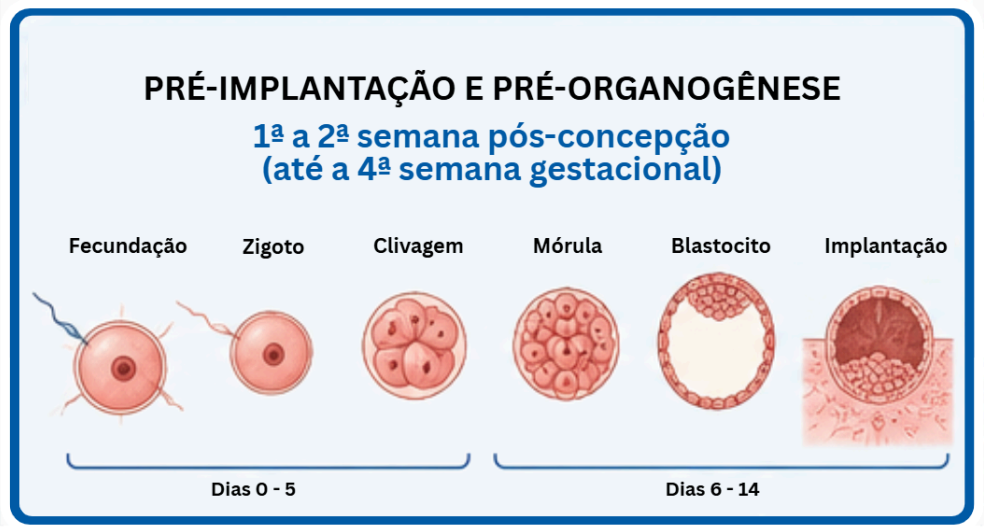
2.3 Períodos gestacionais

Considerando a interação da radiação ionizante com a matéria e seus possíveis efeitos, a exposição desse tipo de energia durante a gestação implica em riscos particulares devido à intensa atividade celular do período. Durante o desenvolvimento intrauterino, o embrião e o feto passam por etapas intensas de multiplicação, diferenciação e migração celular, o que os torna especialmente vulneráveis à radiação ionizante (Fiebich *et al.,* 2020). Esse risco é ainda mais marcante nas fases iniciais da gestação, quando a exposição pode interromper processos biológicos fundamentais. Vale ressaltar que tanto a gravidade quanto a natureza dos efeitos adversos dependem do tipo e da intensidade da radiação, além do momento específico do desenvolvimento em que ocorre a exposição (Fiebich *et al.,* 2020).

A fase da pré-implantação e pré-organogênese, que compreende as primeiras duas semanas após a concepção (ou até a quarta semana a partir da última menstruação), representa o período de maior sensibilidade para o embrião (Rocha *et al.,* 2020; Applegate *et al.,* 2021).

Nesse estágio inicial, o principal efeito da exposição a radiação é conhecido como “tudo ou nada”, quando a irradiação pode resultar na reabsorção ou aborto espontaneo do embrião, ou então permitir que o desenvolvimento prossiga normalmente e sem quaisquer sequela (Picone *et al.,* 2023; Lowe, 2020; Adejolu; Shenoy-Bhangle e McGettigan, 2023; Riquelme *et al.,* 2022; Guilbaud *et al.,* 2018; Applegate *et al.,* 2021). O limiar para que ocorra a perda embrionária é estimado acima de 50 a 100 mGy (Picone *et al.,* 2023; Adejolu; Shenoy-Bhangle e McGettigan, 2023; Riquelme *et al.,* 2022). É importante destacar que essas doses são superiores às normalmente utilizadas em exames diagnósticos, como a TC (Picone *et al.,* 2023). A Figura 2 demonstra o nível de desenvolvimento do embrião nesse período.

Figura 2 - Ilustração dos períodos de pré-implantação e pré-organogênese



Fonte: Gerada por IA e adaptada pelas autoras (2026).

Em seguida, entre a 2ª e a 7ª semana pós-concepção (ou da 4ª à 10ª semana gestacional), ocorre a fase de organogênese precoce, período de formação dos órgãos fetais e intensa diferenciação celular (Mainprize *et al.*, 2023; Picone *et al.,* 2023). Nessa etapa, os riscos passam a envolver a teratogênese, com a possibilidade de malformações graves e microcefalia (Mainprize *et al.*, 2023; Picone *et al.,* 2023; Mazzola, 2019). Quanto aos limites para esses efeitos, Picone *et al.* (2023) e Mainprize *et al.* (2023) estabelecem um limite inicial de 50 a 100 mGy para a ocorrência de malformações, podendo surgir efeitos mais severos a partir de doses acima de 250 mGy, conforme demonstrado em estudos com sobreviventes de bombardeios nucleares (Applegate *et al.,* 2021).

Entre a 8ª e a 15ª semana pós-concepção (ou da 10ª a 17ª semana gestacional), destaca-se a fase de maior sensibilidade do sistema nervoso central (SNC), período em que o

cérebro está em alto desenvolvimento, apresentando uma grande atividade mitótica e migração neuronal (Lowe, 2020; Adejolu; Shenoy-Bhangle e McGettigan, 2023; Applegate *et al.,* 2021). Nessa fase, exposições superiores a 50 e 100 mGy podem provocar uma série de efeitos (Mainprize *et al.*, 2023; Picone *et al.,* 2023; Mazzola, 2019; Guilbaud *et al.,* 2018). À medida em que a gestação avança, a resistência neurológica aumenta, de modo que déficits intelectuais só costumam ocorrer em doses superiores a 100 e 200 mGy (Riquelme *et al.,* 2022; Abushouk *et al.,* 2017; Gurbani *et al.,* 2025). É possível observar seu nível de desenvolvimento durante esse período na Figura 3.

Figura 3 - Ilustração do período de maior sensibilidade do SNC

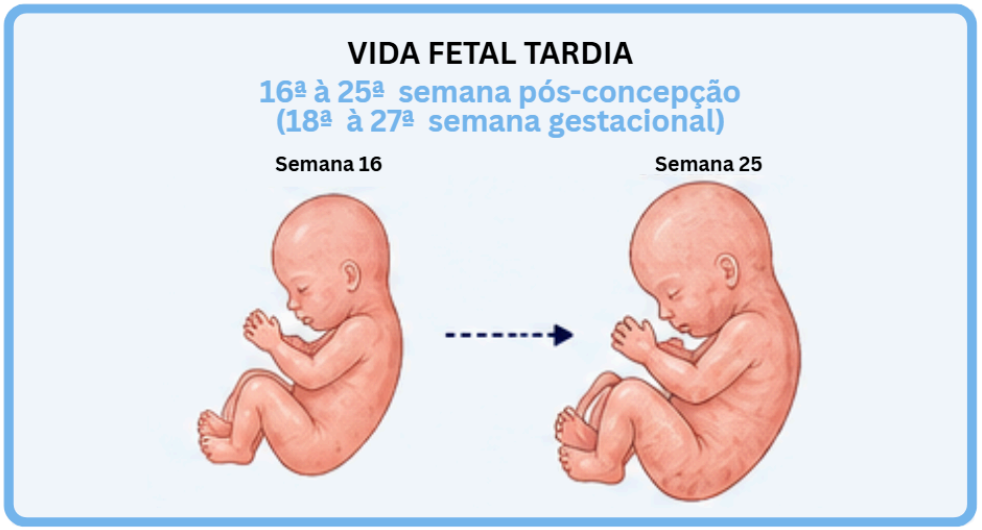


Fonte: Gerada por IA e adaptada pelas autoras (2026).

Estudos realizados com sobreviventes dos bombardeios atômicos indicam que a exposição à radiação entre a 9ª e a 25ª semana pós-concepção pode elevar o risco de efeitos neurológicos, especialmente quando as doses ultrapassam 100 mGy (Mazzola, 2019; Fiebich *et al.,* 2020). Os efeitos são ainda mais acentuados em exposições entre a 9ª e a 15ª semana após a concepção, período em que doses elevadas aumentam significativamente as chances de comprometimento intelectual. Já entre a 16ª e a 25ª semanas, embora o risco persista, a gravidade dos efeitos tende a ser menor (Fiebich *et al.,* 2020; Applegate *et al.,* 2021). Outro aspecto relevante é que alterações no desenvolvimento, como a microcefalia, podem ocorrer, mas geralmente não levam a distúrbios comportamentais ou cognitivos durante a infância quando associadas a exposições em níveis diagnósticos. A literatura indica que não há um limite claro de dose para o surgimento dessa condição (Applegate *et al.,* 2021).

Ao longo da vida fetal tardia, entre a 16ª e a 25ª semana pós-concepção (ou da 18ª a 27ª semana gestacional), ocorre uma redução progressiva da sensibilidade do SNC (Kappas, 2022; Mazzola, 2019; Applegate *et al.,* 2021). Ainda assim, podem ocorrer variados efeitos, mas essas alterações necessitam de exposições a doses mais elevadas (Adejolu; Shenoy-Bhangle e McGettigan, 2023; Kappas, 2022). Não há evidências de déficits de QI em decorrência de exposições diagnósticas convencionais nessa fase (Rocha *et al.,* 2020). Seu estágio de desenvolvimento durante esse período é demonstrado na Figura 4.

Figura 4 - Ilustração do período da vida fetal tardia



Fonte: Gerada por IA e adaptada pelas autoras (2026).

De acordo com Rocha *et al*. (2020), a partir da 26ª ou 27ª semana gestacional até o nascimento, os riscos de efeitos determinísticos sobre o feto se tornam insignificantes, sendo necessário receber doses muito acimas das praticadas na medicina para que algum efeito relevante ocorra (Mainprize *et al.*, 2023; Adejolu; Shenoy-Bhangle e McGettigan, 2023; Mazzola, 2019). Os estudos realizados com sobreviventes dos bombardeios atômicos também confirmaram a ausência de impacto intelectual em crianças expostas após a 26ª semana pós-ovulação (Applegate *et al.,* 2021).

2.4 Aplicações médicas da radiação ionizante

Nas últimas décadas, foi possível observar um aumento significativo na frequência de exames de imagem realizados em gestantes, abrangendo métodos como a ultrassonografia (US), ressonância magnética (RM) e tomografia computadorizada (TC), com a US sendo o

método mais utilizado e a RM e TC geralmente solicitadas para esclarecimento diagnóstico (Rocha *et al.*, 2020). Durante a gestação, a utilização de métodos de imagem que não fazem uso de radiação ionizante torna-se uma prioridade, com a US e a RM apresentando vantagens sobre a TC, embora essa última possa fornecer dados relevantes para o diagnóstico em variadas ocasiões (Rocha *et al.,* 2020; Picone *et al.,* 2023). Esse aumento demonstra a crescente dependência de técnicas de imagem na prática médica moderna, particularmente em emergências, onde milhares de gestantes são expostas à radiação ionizante de forma involuntária todos os anos (Abushouk *et al.,* 2017).

Entre os demais métodos, de imagem ou terapêuticos, que utilizam a radiação ionizante, destacam-se a radiografia convencional (RC), a radiologia odontológica (RO), a radioterapia (RT), a medicina nuclear (MN) e a radiologia intervencionista (RI), cuja frequência de realização em gestantes varia conforme a indicação clínica e a análise criteriosa dos riscos e benefícios. De modo geral, as RC e os exames de RO são mais frequentemente realizados, principalmente devido ao baixo risco fetal associado a esses procedimentos (Rocha *et al.,* 2020; Gamba, 2024). Por outro lado, a RT, a MN e a RI são reservadas para situações clínicas específicas, sendo indicadas apenas quando extremamente necessárias, como no contexto oncológico, ou quando os demais métodos não forem viáveis e compatíveis com a necessidade clínica. E esses métodos devem sempre seguir protocolos rigorosos para garantir a segurança da gestante e do feto (Mazzola, 2019; Mathur *et al.,* 2020; Mattsson; Leide-Svegborn; Andersson, 2021).

3 METODOLOGIA

De natureza descritiva, este estudo adotou uma abordagem qualitativa para a análise dos dados, utilizando a revisão integrativa da literatura como método de coleta de informações e tendo como objetivo analisar o panorama atual da produção científica sobre os efeitos da exposição à radiação ionizante no desenvolvimento embrionário e fetal, com foco na identificação dos períodos críticos de maior sensibilidade e descrição das principais consequências dessa exposição (Gil, 2019).

A revisão integrativa examina de forma detalhada estudos variados para unir resultados de diferentes abordagem, experimentais ou não, com o mesmo rigor metodológico das revisões sistemáticas, por meio de seu processo estruturado em etapas bem definidas. Ela mistura observações reais com dados científicos comprovados, criando novas ideias, revelando temas inexplorados e expandindo análises em diferentes áreas do conhecimento. Esse método flexível inclui pesquisas quantitativas, qualitativas, teóricas e experimentais, ideal para problemas complexos que precisam de múltiplas visões. No entanto, embora eficaz para identificar padrões e estimular discussões científicas, ela exige critérios claros de triagem e avaliação para prevenir erros de interpretação decorrentes da diversidade de estudos incluídos (Camargo Jr *et al.,* 2023; Soares, 2025).

3.1 Delineamento da pesquisa

O passo inicial do trabalho consistiu na seguinte pergunta: “qual é o panorama da produção científica entre 2016 e 2025 sobre os efeitos da exposição à radiação ionizante no desenvolvimento embrionário e fetal?”. A partir dessa pergunta, definiu-se como objetivo geral analisar o panorama da produção científica sobre os efeitos da exposição à radiação ionizante no desenvolvimento embrionário e fetal, no período de 2016 a 2025. Para atingir o objetivo geral, os objetivos específicos incluíram: identificar os principais efeitos da exposição em cada fase da gestação, descrever as malformações, o retardo de crescimento e os danos biológicos mais comuns, além de produzir uma cartilha educativa para os profissionais das radiações ionizantes sobre os riscos relacionados à exposição à radiação nesse contexto.

As etapas seguintes consistiram na seleção de palavras-chave para a elaboração da estratégia de busca e na escolha das bases de dados. Foram selecionadas: “desenvolvimento fetal”, “gestação”, “radiação ionizante” e “proteção radiológica”, combinadas com os

operadores booleanos “AND, OR, NOT”. Para a escolha das bases de dados foi definido o critério da reputação das bases nos meios científicos, priorizando aquelas comumente utilizadas em pesquisas acadêmicas na área da saúde. Dessa forma, as bases de dados escolhidas foram: Embase, Web of Science, PubMed/Medline, Scopus e BVS conforme demonstrado no Quadro 1.

Quadro 1 - Base de dados utilizadas

Nome	Descrição	Forma de acesso
Embase	É uma plataforma digital de referência para a busca e a análise da literatura científica, abrange diversas áreas e é vinculada a Elsevier.	Acesso pago; acesso gratuito via Portal de Periódicos da CAFe nas instituições.
Web of Science	É uma plataforma digital para a busca e a análise da literatura científica internacional, vinculada à Clarivate.	Acesso pago; acesso gratuito via Portal de Periódicos da CAFe nas instituições.
PubMed/Medline	É uma plataforma digital do U.S. *National Institutes of Health (NIH)* de periódicos envolvendo áreas da biomedicina e ciências biológicas.	Acesso gratuito via navegador.
Scopus	Vinculada a Elsevier, é uma das plataformas digitais mais completas das várias áreas do conhecimento.	Acesso pago; acesso gratuito via Portal de Periódicos da CAFe nas instituições.
BVS: Biblioteca Virtual em Saúde	Essa é uma plataforma digital da América Latina e Caribe, focada em estudos na área da saúde.	Acesso gratuito via navegador.

Fonte: Elaborado pelas autoras (2026).

Como passo final para a seleção dos estudos foram definidos como critérios de inclusão os artigos completos, publicados entre 2016 e 2025, nos idiomas português, inglês ou espanhol e vinculadas exclusivamente à revistas científicas. Inicialmente foi considerado restringir geograficamente a seleção de publicações somente das Américas, no entanto, após uma análise prévia do primeiro resultado das buscas, essa restrição geográfica foi removida.

Com base nas informações fornecidas, o bibliotecário do IFSC desenvolveu três estratégias de busca distintas. Dentre elas, a segunda estratégia foi a escolhida, pois produziu o maior volume de resultados pertinentes. Para sua elaboração utilizou-se a seguinte sintaxe, conforme apresentado no Quadro 2. O formulário completo com as informações elaboradas pelo bibliotecário está disponível no Anexo A.

Quadro 2 - Estratégias de buscas

1ª Estratégia	2ª Estratégia	3ª Estratégia
(("Desenvolvimento fetal" OR "Programação Fetal" OR "Fetal Development" OR "Desarrollo Fetal" OR "Gestação" OR "Gravidez" OR "Pregnancy" OR "Embarazo") AND ("Radiação Ionizante" OR "Radiation, Ionizing" OR "Radiación Ionizante" OR “Radiações Ionizantes”) AND (“Proteção radiológica” OR “Radiation Protection” OR “Protección Radiológica” OR “Radioproteção”))	(("Desenvolvimento fetal" OR "Programação Fetal" OR "Fetal Development" OR "Desarrollo Fetal" OR "Gestação" OR "Gravidez" OR "Pregnancy" OR "Embarazo") AND ("Radiação Ionizante" OR "Radiation, Ionizing" OR "Radiación Ionizante" OR “Radiações Ionizantes” OR “Proteção radiológica” OR “Radiation Protection” OR “Protección Radiológica” OR “Radioproteção”))	(("Desenvolvimento fetal" OR "Programação Fetal" OR "Fetal Development" OR "Desarrollo Fetal" OR "Gestação" OR "Gravidez" OR "Pregnancy" OR "Embarazo") AND ("Radiação Ionizante" OR "Radiation, Ionizing" OR "Radiación Ionizante" OR “Radiações Ionizantes”))

Fonte: Elaborado pelo bibliotecário do IFSC (2026).

Após a definição da estratégia de busca, iniciou-se o levantamento dos trabalhos nas bases de dados previamente citadas, acessadas via internet por meio do sistema CAFe/IFSC. A busca aconteceu entre fevereiro e abril de 2026, o que garantiu que fossem consideradas as informações mais atuais disponíveis. Durante esse levantamento, foram aplicados os filtros de acordo com os critérios de inclusão estabelecidos, o que resultou na identificação de 64 artigos na Web of Science, 203 na Scopus, 243 na PubMed/MEDLINE, 14 na BVS e 291 na Embase, totalizando 815 artigos para análise inicial.

A triagem e seleção dos artigos foi realizada com o auxílio da plataforma online e gratuita Rayyan (Ouzzani *et al.,* 2016), que tem como objetivo otimizar o processo de avaliação dos dados coletados e promover maior controle sobre os estudos incluídos para a análise final. Inicialmente, todos os registros foram importados para a ferramenta, que automaticamente escaneou e identificou 603 possíveis duplicatas, restando 212 artigos. Em sequência, as duplicatas foram individualmente avaliadas, resultando na exclusão definitiva de 374 registros, enquanto outros 229 foram mantidos para análise posterior. Ao final desse processo, a utilização da Rayyan (Ouzzani *et al.,* 2016) permitiu a seleção de 441 artigos para avaliação final, baseada nos critérios de inclusão estabelecidos para o estudo.

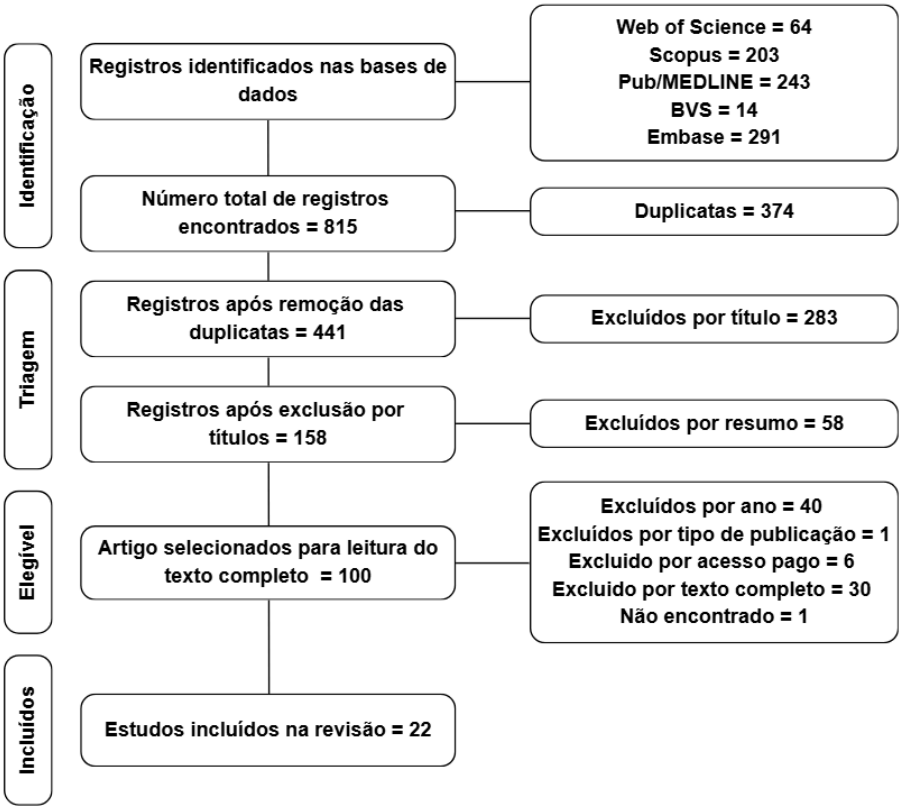
A etapa seguinte consistiu em uma análise detalhada dos títulos dos 441 artigos inicialmente selecionados. Nessa etapa foram aplicados critérios de exclusão, eliminando todos os trabalhos que não abordavam diretamente a proteção radiológica, que não tratavam da radiação ionizante durante a gestação ou que não discutiam os diferentes tipos de métodos por imagem. Como resultado, 283 artigos foram excluídos por não atenderem aos requisitos

do estudo. Após esse processo, foi realizada a avaliação dos resumos dos artigos restantes. Nessa etapa, foram aplicados os mesmos critérios de inclusão e exclusão previamente definidos, o que resultou em mais 58 trabalhos excluídos por não atenderem completamente aos requisitos estabelecidos. Ao final, 100 artigos foram considerados relevantes para o estudo e avançaram para a etapa seguinte.

Como etapa final, foi realizada a leitura integral dos 100 artigos selecionados. Durante esse processo, tornou-se necessário a criação de um critério de inclusão adicional relacionado a disponibilidade de acesso livre ao texto completo dos artigos, especificamente por meio do portal CAFe/IFSC. Dessa forma, todos os artigos que não apresentavam acesso integral ao seu conteúdo foram excluídos da análise. Além disso, foram excluídos também os trabalhos cuja abordagem não estava de acordo com os objetivos deste estudo, garantindo que apenas as publicações alinhadas com o problema de pesquisa fossem incluídas. Após essa análise final, 22 artigos atenderam completamente aos requisitos de inclusão e foram incorporados à presente revisão.

A Figura 2 apresenta o fluxograma que ilustra as etapas do processo de seleção e inclusão dos artigos. Todo esse processo foi orientado pelas recomendações da estratégia PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*), reconhecida internacionalmente por estabelecer padrões para revisões sistemáticas e meta-análises. A utilização do protocolo PRISMA busca garantir a transparência, precisão metodológica e reprodutibilidade em todas as etapas, desde a busca inicial dos estudos até a análise e apresentação dos artigos selecionados (Page *et al.,* 2021).

Figura 2 - Fluxograma do processo de seleção dos artigos



Fonte: Elaborado a partir do resultado da pesquisa realizada pelas autoras (2026).

Paralelamente à busca de artigos já descrita, a pesquisa de documentos e diretrizes da ICRP, UNSCEAR e IAEA foi realizada por meio de um processo diferente daquele utilizado para os artigos, uma vez que não foi possível aplicar a mesma estratégia de busca nas plataformas próprias dessas instituições. Além disso, como os sites dessas organizações também não permitiam a importação automática dos documentos, devido a limitações técnicas, foi necessário realizar uma triagem manual individualizada diferenciada.

A coleta dos dados dos artigos e documentos selecionados foi realizada por meio do preenchimento de tabelas estruturadas, nas quais foram registradas informações relevantes, como autores, ano de publicação, objetivo do estudo, metodologia empregada, tema principal e principais resultados de cada trabalho. Para facilitar esse processo e garantir maior organização e controle, o Google Planilhas foi utilizado como ferramenta de apoio, permitindo o acompanhamento contínuo dos dados extraídos e a seleção dos conteúdos mais pertinentes ao desenvolvimento do presente estudo.

Para o desenvolvimento da cartilha, buscou-se fundamentação teórica que orientasse desde a seleção de conteúdos até a definição do design e identidade visual do material. A

Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia (Mayer, 2001) embasou o uso integrado de textos e imagens, estruturando o conteúdo conforme os cinco processos cognitivos fundamentais para promover a aprendizagem significativa e a transferência do conhecimento. Para garantir a acessibilidade, foram adotadas as recomendações de Fiocruz (2019), priorizando o uso de infográficos e a simplificação da informação visual.

A redação dos textos seguiu os princípios do Manual de Linguagem Simples (Roedel, 2024), garantido a clareza e objetividade, bem como a realização de etapas de planejamento, desenvolvimento e avaliação com o público-alvo. O processo de elaboração e validação do material foi inspirado no estudo de Timponi (2025), que destaca a importância de protocolos padronizados e de fácil acesso.

Após a definição dos principais conceitos e conteúdos, o material foi encaminhado para uma profissional da área de design. Ela ficou responsável por transformar o conteúdo escrito em uma cartilha visualmente adequada e atrativa. Para isso, a profissional se baseou nas ideias previamente planejadas pelas autoras, que incluíram a definição das cores, do formato e da estrutura geral pretendida para o material. Essa colaboração possibilitou a tradução das ideias em elementos práticos do design, sempre seguindo as diretrizes de acessibilidade e linguagem simples recomendadas pelas referências teóricas utilizadas. o objetivo foi garantir que o material final fosse não só informativo, mas também fácil de ler, facilitando a compreensão e o interesse dos leitores.

3.3 Apresentação dos resultados

A seção de resultados será apresentada em duas partes. A primeira consiste na apresentação dos dados obtidos a partir da revisão de literatura, organizados mediante a estrutura de um artigo científico e formatados de acordo com as diretrizes de uma revista para posterior publicação (Anexo B). A segunda parte apresenta os resultados parciais do processo de construção da cartilha educativa, fundamentada nos resultados teóricos reunidos na primeira parte do estudo e direcionada aos profissionais da área radiológica.

3.4 Aspectos éticos

Considerando que o estudo consiste em uma revisão de literatura, baseada em informações já publicadas, a submissão e aprovação por um Comitê de Ética em Pesquisa é dispensada.

3.4.1 Declaração do uso de inteligência artificial (IA)

Durante a elaboração deste trabalho, foram utilizadas ferramentas de IA exclusivamente para apoiar a formatação, tradução e o aprimoramento gramatical. Especificamente, o ChatGPT (*Generative Pre-trained Transformer*) versão GPT-5.5, desenvolvido pela OpenAI, foi utilizado para a geração e tradução de ilustrações. O Google Gemini, versão Gemini 3.5 Flash, desenvolvido pelo Google AI e DeepMind, auxiliou na estruturação das tabelas e quadros, a partir de trechos previamente selecionados, bem como no suporte à formatação e organização das referências bibliográficas. A revisão textual final foi realizada com o auxílio do Grammarly, desenvolvido pela Grammarly Inc., em sua versão mais recente disponível em junho de 2026, para correção e sugestões gramaticais. Todo o material produzido pela IA passou por processo de revisão, verificação de fatos e adaptação, realizado pelas autoras, que assumem total responsabilidade pela precisão, originalidade e integridade do conteúdo apresentado.

4 RESULTADOS

4.1 Artigo científico

IMPACTOS DA RADIAÇÃO IONIZANTE NO DESENVOLVIMENTO EMBRIOLÓGICO E FETAL

Impacts of Ionizing Radiation on Embryological and Fetal Development

Simones N – Nicole Simones[1] – https://orcid.org/0009-0000-3142-4971

dos Santos VM – Vitória Magalhães dos Santos[1] – https://orcid.org/0009-0008-7916-1240

Waltrick KB – Karen Borges Waltrick[1] – https://orcid.org/0000-0002-2283-7616

1. Departamento Acadêmico de Saúde - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina (IFSC) - Florianópolis - SC - Brasil;

Endereço para correspondência: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Câmpus Florianópolis – Av. Mauro Ramos, 950, Florianópolis, SC, Brasil. 88020-300.
Email: karen.waltrick@ifsc.edu.br

CONFLITOS DE INTERESSE

As autoras declaram não haver conflitos de interesses na realização deste trabalho.

Resumo

O emprego de radiações ionizantes em procedimentos por imagem é comum na prática médica, sendo fundamental para o diagnóstico e tratamento de diversas condições clínicas. No entanto, quando se trata de gestantes, essa prática gera preocupações, principalmente em função da maior vulnerabilidade do embrião e do feto à ação da radiação durante o período gestacional, principalmente no início de seu desenvolvimento. Diante desse contexto, esse estudo buscou reunir e analisar informações científicas acerca dos potenciais efeitos da exposição à radiação ionizante sobre o desenvolvimento embrionário e fetal, por meio de uma revisão integrativa da literatura, para a qual foram analisados estudos publicados de 2016 a 2025. Os resultados demonstraram que os danos biológicos significativos decorrentes da exposição à radiação ionizante durante a gestação ocorrem, em geral, apenas quando as doses administradas são superiores àquelas empregadas em exames de rotina. Assim, procedimentos radiológicos em gestantes não devem ser evitados, desde que exista justificativa clínica e sejam seguidos protocolos de otimização de dose. O conhecimento atualizado acerca dos limites de exposição considerados seguros é fundamental para guiar a prática médica, garantindo a proteção materno-fetal e evitando restrições desnecessárias ao acesso de gestantes a procedimentos radiológicos relevantes para o cuidado médico.

Unitermos: Desenvolvimento fetal; Gestação; Radiação ionizante; Proteção radiológica.

Abstract

The use of ionizing radiation in imaging procedures is common in medical practice and is essential for diagnosing and treating various clinical conditions. However, this practice raises concerns regarding pregnant women, primarily due to the heightened vulnerability of the embryo and fetus to radiation, especially during the early stages of development. Against this backdrop, this study aimed to compile and analyze scientific data on the potential effects of ionizing radiation exposure on embryonic and fetal development. An integrative literature review was conducted, analyzing studies published between 2016 and 2025. The results demonstrated that significant biological damage resulting from ionizing radiation exposure during pregnancy generally occurs only when administered doses exceed those used in routine examinations. Therefore, radiological procedures for pregnant women should not be avoided, provided there is clinical justification and dose-optimization protocols are followed. Up-to-date knowledge regarding safe exposure limits is crucial for guiding medical practice, ensuring maternal-fetal protection while avoiding unnecessary restrictions on pregnant women's access to radiological procedures essential for medical care.

Keywords: Fetal Development; Pregnancy; Ionizing radiation; Radiation protection.

INTRODUÇÃO

A maioria das modalidades de imagem utilizadas no radiodiagnóstico fazem uso de radiações ionizantes. Entretanto, por se tratar de uma energia capaz de ionizar a matéria com a qual interage, a radiação ionizante pode ocasionar danos potenciais às células do corpo humano. Dentre as células mais sensíveis a esse tipo de exposição estão aquelas em atividade durante as fases embrionária e fetal do desenvolvimento[1,2]. Conforme demonstrado na literatura, os riscos biológicos associados variam conforme diversos fatores, como o período gestacional e a técnica utilizada[3,4]. Dessa forma, compreender como essa energia interage com o organismo humano é essencial para prevenir e reduzir riscos, principalmente entre grupos mais vulneráveis, como as gestantes. A maioria dos métodos de imagem que fazem uso de radiações ionizantes exige uma avaliação cuidadosa da relação riscos e benefícios, priorizando principalmente a proteção do materno-fetal[3,5,6]. Um fator fundamental para essa proteção é a otimização da dose de radiação, de modo a manter a exposição fetal dentro dos limites considerados seguros, abaixo do limiar de 50 a 100 mGy, sem comprometer a capacidade de prover informações diagnósticas precisas[3,7]. Diante do exposto, o presente estudo busca oferecer um apanhado do que foi publicado na literatura científica na última década, identificando os principais efeitos por fase gestacional e descrevendo as malformações e danos biológicos mais comuns que podem acometer o embrião e o feto.

MÉTODOS DE IMAGEM

A escolha do exame de imagem durante a gestação requer atenção especial à dose de radiação absorvida pelo feto e às estratégias de proteção radiológica adotadas. Diferentes métodos diagnósticos, como radiografia convencional, mamografia, radiologia odontológica, tomografia computadorizada, medicina nuclear, radiologia intervencionista e radioterapia apresentam níveis variados de exposição fetal, que dependem tanto da técnica utilizada quanto de fatores anatômicos maternos e do estágio gestacional. Na maioria das situações clínicas, quando devidamente indicados e realizados com protocolos de otimização, esses exames oferecem doses inferiores aos limiares conhecidos para efeitos adversos no desenvolvimento embrionário e fetal. A Tabela 1 sintetiza as principais características dos diferentes métodos de imagem quanto às doses envolvidas.

Tabela 1 - Métodos de imagem e respectiva dose fetal

Método de Imagem	Dose Fetal Estimada	Observações Clínicas
Radiografia Convencional (RC)	Extremidades: < 0,001 mGy; Tórax: < 0,1 mGy; Abdômen: 0,1 a 3 mGy; Geral: < 50 - 100 mGy	Exames necessários não devem ser adiados por receio da radiação. A exposição é menor quando o útero está fora do feixe primário.
Mamografia (MMG)	Padrão: < 0,03 mGy; Geral: < 50 - 100 mGy	Praticamente não há impacto de radiação fora da área mamária.
Radiografia Odontológica (RO)	Digital Intraoral: 0,006 a 0,007 µGy; CBCT (Feixe Cônico): Pode ultrapassar o limite seguro	Não há contraindicações para exames intraorais e panorâmicos. A CBCT apresenta maior risco biológico.
Tomografia Computadorizada (TC)	Abdômen e Pelve (fase única): < 50 mGy - 100 mGy	Principal método em contextos de oncologia e emergência devido à alta resolução e rapidez.
Medicina Nuclear (MN)	Tc-99m: < 50 mGy; Iodo-131: 370 a 8.325 MBq (Dose Crítica)	O Iodo-131 é contraindicado (especialmente após a 8ª-10ª semana). O Tc-99m é a alternativa segura.
Radiologia Intervencionista	Geral: < 50 - 100 mGy	Risco fetal insignificante se o procedimento não envolver diretamente a região abdominal ou pélvica da gestante.
Radioterapia (RT)	Variável (conforme a distância do tumor ao útero)	Contraindicada no abdômen ou pelve. Restrita a situações específicas como linfomas e câncer de mama.

GESTAÇÃO

A exposição de gestantes a procedimentos médicos que envolvem o uso da radiação ionizante não é recorrente, mas quando ocorre pode provocar preocupações tanto nas pacientes quanto nos profissionais de saúde[2,10,13,17,18,19]. A divulgação de informações equivocadas e a falta de conhecimento sobre os riscos reais da radiação em exames de imagem durante a gestação gera ansiedade em todos os envolvidos e pode levar a interrupções injustificadas da gravidez[10,13,17]. As recomendações atuais deixam claro que doses inferiores a 100 mGy não justificam a interrupção, pois os riscos significativos ao embrião e ao feto só são esperados em exposições muito elevadas[10,11].

De acordo com a ICRP, a maioria dos exames diagnósticos realizados corretamente em gestantes resulta em doses pré-natais muito baixas, sem aumento do risco de malformações, retardo

mental ou morte fetal quando comparado ao desenvolvimento gestacional sem exposição[10]. Os efeitos biológicos da radiação sobre o embrião e o feto dependem da dose administrada e do período gestacional no momento da exposição[3,4]. Segundo a Lei de Bergonie e Tribondeau, o feto é altamente radiossensível devido a sua intensa taxa de divisão celular e a baixa especialização de seus tecidos, principalmente nas fases iniciais da gestação[1,2]. Nas duas primeiras semanas após a fertilização ocorre o fenomeno do "tudo ou nada", em que a exposição à radiação ionizante nesse momento pode resultar no desenvolvimento fetal normal ou em aborto espontaneo, geralmente ocorrendo apenas com doses acima de 50 a 100 mGy[1,2,20].

O atendimento a mulheres em idade fértil deve sempre incluir a confirmação prévia da gravidez, utilizando questionários, protocolos de triagem e o consentimento informado antes da realização dos exames de imagem[3]. Se o uso da radiação ionizante for indispensável, a conduta recomendada é otimizar a dose fetal para o menor valor praticável e, sempre que possível, recorrer a métodos diagnóstico alternativos que não envolvam a radiação[19]. Há um consenso entre órgãos internacionais, como o Colégio Americano de Radiologia (ACR), o Colégio Americano de Obstetras e Ginecologistas (ACOG) e a ICRP, que afirmam que exposições inferiores a 50 mGy são consideradas insignificantes para o feto, e que doses abaixo de 100 mGy não justificam a interrupção da gestação, pois não aumentam o risco de malformações em relação ao desenvolvimento natural[8,10,12,19]. Dessa forma, a avaliação dos riscos associado a radiação ionizante deve sempre ser comparada frente aos possíveis prejuízos decorrentes da ausência do diagnóstico, garantindo assim a melhor decisão para a saúde materna e fetal [6].

Além disso, é importante lembrar que toda gestação envolve seus riscos naturais, independentemente da exposição a radiação ionizante, isto é, aproximadamente 15% resultam em aborto espontâneo, 3% apresentam malformações graves e 4% anomalias leves, além de índices de partos prematuros, restrições de crescimento intrauterino, microcefalia e deficiências intelectuais[1,12,13,19]. Todos os indivíduos ainda estão sujeitos a radiação ambiental de fundo, sendo que ao longo das 40 semanas de gestação, a mãe recebe cerca de 2,3 mSv e o feto, devido a atenuação dos tecidos maternos, absorve entre 0,5 e 1 mSv[5,8,12,13]. Vale ressaltar que a radiação não cria novas

malformações, mas pode aumentar sua incidência em doses moderadas e altas, acima de 100 mGy, e conforme o período do desenvolvimento fetal[19].

O desenvolvimento pré-natal é marcado por variados processos de multiplicação, especialização e migração celular, tornando o embrião e o feto especialmente vulneráveis à radiação, principalmente no primeiro trimestre. A ação da radiação ionizante sobre esses processos pode tornar o embrião e o feto altamente sensíveis durante toda a gestação[18]. A sensibilidade à radiação pode variar conforme o estágio gestacional, com o período de organogênese sendo o mais crítico para o surgimento de malformações[20]. Os efeitos dessa exposição são classificados como determinísticos, que envolvem reações teciduais dependem de um limiar de dose, como aborto espontâneo, malformações, restrição de crescimento e retardo mental[3,8,17]; e estocásticos, como o desenvolvimento de câncer e anomalias hereditárias, cujo a ocorrência é proporcional a dose. Na proteção radiológica, esses efeitos são representados por curvas lineares dose-resposta e não possuem um limiar definido, podendo ocorrer de forma aleatória[3,8,17,18].

Para garantir decisões clínicas seguras e o bem estar materno e fetal, é importante que as informações sobre os riscos e benefícios sejam comunicadas de forma clara a paciente, reduzindo a ansiedade e prevenindo interrupções injustificadas da gestação[3,5]. A literatura alerta que muitos profissionais da saúde, incluindo obstetras, ainda desconhecem detalhes dos riscos radiológicos e a viabilidade de alternativas diagnósticas, o que pode gerar aconselhamentos inadequados e decisões clínicas equivocadas[7]. Riquelme et al.[12] afirma que é responsabilidade dos profissionais de saúde garantir que as pacientes recebam informações claras e compreendam os riscos e benefícios de exames com radiação ionizante, respeitando seu direito à decisão. Além disso, o acompanhamento médico deve sempre ponderar os riscos e benefícios para a saúde imediata e futura da mãe e do feto, orientando para que exames essenciais não sejam recusados sem uma justificativa adequada[5,12,19].

IMPACTOS NO DESENVOLVIMENTO

Como já comentado, a exposição à radiação ionizante durante a gestação é uma preocupação relevante tanto na prática médica quanto na saúde pública, devido ao seu potencial de causar efeitos adversos ao desenvolvimento embrionário e fetal. O impacto da radiação nesse contexto depende de dois fatores importantes, sendo eles a dose absorvida pelo organismo e o período gestacional no momento da exposição[11]. Cada fase do desenvolvimento intrauterino apresenta uma sensibilidade distinta à radiação, determinada pelas características biológicas específicas de cada período. Assim, o entendimento dessas diferenças é fundamental para uma avaliação adequada dos riscos e para a implementação de medidas que sejam eficazes para a proteção radiológica de gestantes.

É importante destacar que o entendimento dos efeitos da radiação no útero é baseado em análises com sobreviventes de bombardeio de Hiroshima e Nagasaki, além de dados epidemiológicos publicados desde 1929[13,18,19]. Esses estudos mostram que exposições elevadas, geralmente acima de 500 mSv, podem levar a consequências tardias na infância, como o desenvolvimento de microcefalia e anormalidades no sistema nervoso. Já durante a infância podem ocorrer alterações como menor estatura e pressão arterial mais elevada[18,19]. Por outro lado, acidentes nucleares como o de Chernobyl não apresentaram um aumento de efeitos gestacionais adversos relacionados à radiação, mas houve maior incidência de doenças da tireoide em crianças e aumento de abortos relacionados ao medo da exposição[19]. Relatórios oficiais, como os da UNSCEAR, reforçam que os dados humanos sobre a teratogênese induzida por radiação são limitados e que, apesar das semelhanças entre as espécies observadas em estudos com animais, é recomendado cautela nas extrapolações quantitativas[19]. Para ilustrar, a Tabela 2 apresenta os principais efeitos da exposição à radiação ionizante conforme o período gestacional e a dose recebida.

Tabela 2 - Efeitos da radiação ionizante no desenvolvimento fetal por período e dose

Período Gestacional	Sensibilidade Principal	Possíveis efeitos	
		Dose de Radiação < 0,1 Gy	Dose de Radiação > 0,1 Gy
Pré-implantação e Pré-organogênese (0-2 semanas pós-concepção / 0-4 semanas gestacionais)	Máxima sensibilidade do embrião	Nenhum	"Tudo ou nada"; reabsorção/aborto espontaneo ou desenvolvimento normal sem sequelas; praticamente nulo em doses diagnósticas
Organogênese Precoce (2-7 semanas pós-concepção / 4-10 semanas gestacionais)	Formação dos órgãos fetais e intensa diferenciação celular	Nenhum	Teratogênese; malformações graves, microcefalia, catarata, microftalmia, deformidades em órgãos, problemas mentais e de crescimento; praticamente nulo em doses diagnósticas
Desenvolvimento do SNC (8-15 semanas pós-concepção / 10-17 semanas gestacionais)	Desenvolvimento cerebral intenso	Nenhum	Restrição de crescimento intrauterino, microcefalia, retardo mental e déficits intelectuais; praticamente nulo em doses diagnósticas
Vida fetal tardia (16-25 semanas pós-concepção / 18-27 semanas gestacionais)	Redução da sensibilidade do SNC	Nenhum	Restrição de crescimento, anomalias fetais, retardo mental; praticamente nulo em doses diagnósticas
Final da gestação (26/27 semanas até o nascimento)	Baixa sensibilidade fetal	Nenhum	Efeitos determinísticos insignificantes; praticamente nulo em doses diagnósticas

Exposição Fetal a Radiação e a Incidência de Câncer

O principal efeito estocástico da radiação ionizante é o risco de câncer, que pode ocorrer independentemente da dose, pois não existe um limite abaixo do qual o risco seja nulo[3,7]. Para esse efeito, é adotada a hipótese Linear Sem Limiar (LNT), segunda qual qualquer dose adicional aumenta proporcionalmente o risco[3,8]. Ainda assim, essa hipótese é controversa, pois enquanto a ICRP e a Organização Mundial de Saúde (OMS) a apoiam, a Associação Nuclear Mundial e a UNSCEAR não concordam e argumentam que existem dados biológicos e epidemiológicos que indicam o contrário[8].

Em exposições fetais inferiores a 100 e 200 mGy, o risco de câncer é considerado muito baixo e, na maioria das vezes, apenas teórico, sendo deduzido por meio de extrapolações de doses mais

elevadas[1]. É estimado que uma dose de 10 mGy aumente o risco de câncer ao longo da vida em cerca de 0,4%, enquanto 20 mGy dobre esse risco para 0,8%, e 30 mGy pode resultar em 1 caso de câncer a cada 500 fetos expostos[3,7,12]. Para leucemia, doses entre 10 e 20 mGy podem dobrar o risco em relação à incidência basal de aproximadamente 1 em 3000[11]. Como já apresentado, a sensibilidade do embrião e do feto varia conforme a fase gestacional, sendo o risco relativo (RR) para efeitos carcinogênicos maior no primeiro trimestre (RR = 3,19), diminuindo nos períodos seguintes, embora existam indícios de aumento do risco no fim da gestação devido ao rápido crescimento dos órgãos[12,19]. Apesar desses números, o risco absoluto permanece muito baixo, já que a incidência natural de câncer infantil é de cerca de 1 em 500 crianças e, mesmo diante da exposição, existe 99% de chance de que o feto não desenvolva câncer ou leucemia durante a infância[3,11,12,13].

CONCLUSÃO

Com base no que foi levantado e apresentado a partir das publicações das últimas décadas, é possível concluir que, embora o período mais crítico sejam as primeiras semanas do desenvolvimento intrauterino, por os embriões apresentarem uma maior suscetibilidade para malformações e danos neurológicos, a exposição à radiação ionizante durante a gestação deve ser avaliada com cautela, mesmo que os exames mais comuns do radiodiagnóstico apresentem riscos insignificantes. É destacado que os benefícios diagnósticos superam os possíveis riscos garantindo o bem-estar materno-fetal. Além disso, a aplicação dos princípios de justificação e otimização como também da atuação ética e consciente dos profissionais de saúde se mostra indispensável na redução de exposições desnecessárias.

REFERÊNCIAS

(1) Stabin MG. Radiation dose and risks to fetus from nuclear medicine procedures. Phys Med. 2017;43:190-8.

(2) Mathur S, Pillenahalli Maheshwarappa R, Fouladirad S, et al. Emergency Imaging in Pregnancy and Lactation. Can Assoc Radiol J. 2020;71:396-402.

(3) Mainprize JG, Yaffe MJ, Chawla T, et al. Effects of ionizing radiation exposure during pregnancy. Abdom Radiol (NY). 2023;48:1564-78.

(4) Ataalla NN. Evaluation of non-healthcare professional women's knowledge regarding ionizing radiation exposure hazards during pregnancy. J Radiat Res Appl Sci. 2024;17:100794.

(5) Vock P. Clinical perspective on diagnostic X-ray examinations of pregnant patients - What to take into account. Phys Med. 2017;43:165-71.

(6) Rocha APC, Carmo RL, Melo RFQ, et al. Avaliação por imagem de condições não obstétricas na gestação: o que todo radiologista deve saber. Radiol Bras. 2020;53:185-194.

(7) Picone C, Fusco R, Tonerini M, et al. Dose Reduction Strategies for Pregnant Women in Emergency Settings. J Clin Med. 2023;12:1847.

(8) Lowe SA. Ionizing radiation for maternal medical indications. Prenatal Diagn. 2020;40:1150-5.

(9) Adejolu M, Shenoy-Bhangle AS, McGettigan M. Imaging modalities and optimized imaging protocols in pregnant patients with cancer. Abdom Radiol (NY). 2023;48:1579-89.

(10) Tomà P, Bartoloni A, Salerno S, et al. Protecting sensitive patient groups from imaging using ionizing radiation: effects during pregnancy, in fetal life and childhood. Radiol Med. 2019;124:736-44.

(11) Mattsson S, Leide-Svegborn S, Andersson M. X-RAY AND MOLECULAR IMAGING DURING PREGNANCY AND BREASTFEEDING-WHEN SHOULD WE BE WORRIED? Radiat Prot Dosimetry. 2021;195:339-48.

(12) Riquelme C, Nesvadba A, Sanhueza C, et al. Radiación y medios de contraste en embarazo y lactancia: lo que el clínico necesita saber. ARS Med Rev Cienc Med. 2022;47(4):59-68.

(13) Kappas C. Pregnancy and medical radiation. Radiat Phys Chem. 2022;201:110478.

(14) Mazzola R, Corradini S, Eidemüller M, et al. Modern radiotherapy in cancer treatment during pregnancy. Crit Rev Oncol Hematol. 2019;136:13-19.

(15) Gamba TO, Visioli F, Bringmann DR, et al. Impact of dental imaging on pregnant women and recommendations for fetal radiation safety: A systematic review. Imaging Sci Dent. 2024;54:1-11.

(16) Cepeda Martins AR, Di Maria S, Afonso J, et al. Assessment of the uterine dose in digital mammography and digital breast tomosynthesis. Radiography (Lond). 2022;28:333-9.

(17) Guilbaud L, Beghin D, Dhombres F, et al. Pregnancy outcome after first trimester exposure to ionizing radiations. Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol. 2019;232:18-21.

(18) Fiebich M, Block A, Borowski M, et al. Prenatal radiation exposure in diagnostic and interventional radiology. Rofo. 2021;193:778-86.

(19) Applegate KE, Findlay U, Fraser L, et al. Radiation exposures in pregnancy, health effects and risks to the embryo/foetus-information to inform the medical management of the pregnant patient. J Radiol Prot. 2021;41(4).

(20) Degenhardt A, Dumit S, Giussani A. Effects of ionising radiation exposure in offspring and next generations: dosimetric aspects and uncertainties. Int J Radiat Biol. 2024;100:1276-82.

(21) Abushouk AI, Sanei Taheri M, Pooransari P, et al. Pregnancy Screening before Diagnostic Radiography in Emergency Department; an Educational Review. Emerg (Tehran). 2017;5(1):e60.

(22) Gurbani SS, Ikuta I, Makary MS, et al. Ionizing Radiation Exposure: What are the Risks Today? Acad Radiol. 2025;32:7012-22.

4.2 Proposta de Cartilha Educativa

A partir das conclusões deste TCC, identificou-se a oportunidade de elaborar uma cartilha educativa que terá como objetivo, além de informar, desmistificar a questão dos exames de radiodiagnóstico durante a gestação. Assim, este trabalho servirá como base para a criação do material, destinado a apresentar aos profissionais das técnicas radiológicas os principais conceitos sobre a proteção radiológica aplicados a pacientes gestantes de modo atualizado e descomplicado, facilitando o acesso e uso dessas informações no dia a dia da prática profissional.

Pensada como um recurso prático, a cartilha oferecerá informações objetivas e visuais sobre os impactos da radiação ionizante no desenvolvimento do feto. Com orientações simples, o material pretende atualizar e reforçar os protocolos de segurança a serem adotados em gestantes submetidas aos procedimentos que utilizam radiação ionizante, buscando facilitar a compreensão de temas complexos e contribuindo para ampliar a conscientização e o compromisso dos profissionais com a proteção radiológica no ambiente de trabalho. A Figura 6 apresenta a capa desenvolvida para a cartilha educativa.

O material se encontra em processo de desenvolvimento, com as etapas de revisão e diagramação em andamento para garantir a qualidade e clareza das informações. Embora o prazo definitivo para a conclusão ainda não tenha sido estabelecido, a previsão é de que a cartilha esteja finalizada no segundo semestre de 2026. Após sua conclusão, o material será disponibilizado em formato digital, facilitando o acesso do público interessado e com estratégias de divulgação em palestras e eventos de radiologia, a fim de ampliar o alcance da cartilha. Uma amostra de parte do material desenvolvido até o momento é apresentada no Apêndice A deste trabalho.

Figura 6 - Design da capa da cartilha educativa



Fonte: Criado pela Designer (2026).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os objetivos propostos por este estudo foram atingidos. A metodologia empregada mostrou-se adequada para analisar os principais efeitos da radiação ionizante durante a gestação, bem como para compreender os fatores que influenciam os efeitos biológicos no desenvolvimento embrionário e fetal.

Com base no que foi apresentado ao longo deste trabalho, é possível concluir que a exposição à radiação ionizante durante a gestação deve ser considerada com cautela e responsabilidade. Para isso, é fundamental evitar tanto o alarmismo quanto interpretações equivocadas sobre os reais riscos envolvidos.

A análise dos estudos selecionados demonstrou que os efeitos da radiação sobre o embrião e o feto estão diretamente relacionados à dose absorvida e ao período gestacional no momento da exposição. Além disso, foi possível compreender que os exames radiológicos mais comuns, quando realizados de acordo com os princípios de proteção radiológica, apresentam riscos mínimos, uma vez que as doses associadas aos efeitos nocivos costumam ser superiores às encontradas nesses procedimentos. Assim, na maioria das situações clínicas, os benefícios diagnósticos superam os possíveis riscos, garantindo o bem-estar materno-fetal.

Adicionalmente, a perspectiva de finalização e divulgação da cartilha educativa representa um avanço importante para esse trabalho, ampliando de maneira significativa seu impacto e alcance. Tornar esse material acessível não promove apenas a disseminação do conhecimento científico produzido, como também fortalece a proteção radiológica, estendendo seus benefícios para além do ambiente acadêmico. Dessa forma, a cartilha se propõe a servir como um material prático de orientação e conscientização dos profissionais que atuam com as radiações ionizantes, incentivando a adoção de práticas seguras e responsáveis no exercício da profissão

REFERÊNCIAS

ABUSHOUK, A. I. *et al.* Pregnancy Screening before Diagnostic Radiography in Emergency Department; an Educational Review. **Emergency**, [S. l.], v. 5, n. 1, p. e60, 2017. Disponível em: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5585830/. Acesso em: 18 mar. 2026.

ADEJOLU, M.; SHENOY-BHANGLE, A. S.; MCGETTIGAN, M. Imaging modalities and optimized imaging protocols in pregnant patients with cancer. **Abdominal Radiology**, [S. l.], v. 48, p. 1579-1589, 2023. DOI: https://doi.org/10.1007/s00261-023-03798-0. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s00261-023-03798-0. Acesso em: 18 mar. 2026

AGUIAR, E. J. S.; LUCERO, M. J.; JESUS, A. L. S. de. Radioproteção de gestantes no diagnóstico e tratamento radioterápico. **Brazilian Journal of Health Review**, [S. l.], v. 7, n. 9, p. e75949, 2024. DOI: https://doi.org/10.34119/bjhrv7n9-393. Disponível em: https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJHR/article/view/75949. Acesso em: 18 mar. 2026.

APPLEGATE, K. E. *et al.* Radiation exposures in pregnancy, health effects and risks to the embryo/foetus-information to inform the medical management of the pregnant patient. **Journal of Radiological Protection**, [S. l.], v. 41, n. 4, p. S522-S539, nov. 2021. DOI: https://doi.org/10.1088/1361-6498/ac1c95. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34380129/. Acesso em: 18 mar. 2026.

ATAALLA, N. N. Evaluation of non-healthcare professional women's knowledge regarding ionizing radiation exposure hazards during pregnancy. **Journal of Radiation Research and Applied Sciences**, [S. l.], v. 17, p. 100794, 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jrras.2023.100794. Disponível em:https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1687850723002728?via%3Dihub. Acesso em: 18 mar. 2026.

CAMARGO JR, R. N. C. et al. Revisão integrativa, sistemática e narrativa-aspectos importantes na elaboração de uma revisão de literatura. **Revista ACB: Biblioteconomia em Santa Catarina**, Florianópolis, v. 28, n. 1, p. 1-15, 2023. Disponível em: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8970882. Acesso em: 18 mar. 2026.

CEPEDA MARTINS, A. R. *et al.* Assessment of the uterine dose in digital mammography and digital breast tomosynthesis. **Radiography**, Londres, v. 28, n. 2, p. 333-339, maio. 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.radi.2021.09.002. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34565679/. Acesso em:18 mar. 2026.

COSTA, V. M. da; ARAUJO, L. D. de. **Orientações para acessibilidade na produção de materiais educativos em saúde**: Parte III. Rio de Janeiro: Fiocruz/Icict, 2019. 18 p. (Curso de Acessibilidade e os Princípios do SUS: Formação Básica para Trabalhadores da Saúde, Módulo 5). Disponível em: https://mooc.campusvirtual.fiocruz.br/rea/acessibilidade-sus/downloads/modulo_5/Apostila-acessivel_mod5_parte3.pdf. Acesso em: 18 mar. 2026.

DEGENHARDT, Ä.; DUMIT, S.; GIUSSANI, A. Effects of ionising radiation exposure in offspring and next generations: dosimetric aspects and uncertainties. **International Journal**

of Radiation Biology, [S. l.], v. 100, n. 9, p. 1276-1282, 2024. DOI: https://doi.org/10.1080/09553002.2023.2280017. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37972296/. Acesso em: 18 mar. 2026.

DOROW, P. F.; MEDEIROS, C. **Proteção radiológica no diagnóstico e terapia**. Florianópolis: IFSC, 2019. Disponível em: https://www.ifsc.edu.br/documents/30701/523474/PROTE%25C3%2587%25C3%2583O%2BRADIOLOGICA%2Bebook%2Bfinal.pdf. Acesso em: 18 mar. 2026.

FIEBICH, M. *et al.* Prenatal radiation exposure in diagnostic and interventional radiology. **Fortschritte auf dem Gebiet der Röntgenstrahle**, [S. l.], v. 193, n. 7, p. 778-786, jul. 2021. DOI: https://doi.org/10.1055/a-1313-7527. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33327031/. Acesso em: 18 mar. 2026.

GAMBA, T. O. *et al.* Impact of dental imaging on pregnant women and recommendations for fetal radiation safety: A systematic review. **Imaging Science in Dentistry**, [S. l.], v. 54, n. 1, p. 1-11, 2024. DOI: https://doi.org/10.5624/isd.20230177. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38571778/. Acesso em: 18 mar. 2026.

GIL, A. C. **Como elaborar Projetos de Pesquisa**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2022. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/150/o/Anexo_C1_como_elaborar_projeto_de_pesquisa_-_antonio_carlos_gil.pdf. Acesso em:18 mar. 2026.

GOMES, M.; MATIAS, A.; MACEDO, F. Risks to the fetus from diagnostic imaging during pregnancy: review and proposal of a clinical protocol. **Pediatric Radiology**, [S. l.], v. 45, n. 13, p. 1916-1929, 2015. DOI: https://doi.org/10.1007/s00247-015-3403-z. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26271622/. Acesso em: 18 mar. 2026.

GUILBAUD, L. *et al.* Pregnancy outcome after first trimester exposure to ionizing radiations. **European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology**, [S. l.], v. 232, p. 18-21, 2018. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ejogrb.2018.11.001. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30453167/. Acesso em: 18 mar. 2026.

GURBANI, S. S. *et al.* Ionizing Radiation Exposure: What are the Risks Today? **Academic Radiology**, [S. l.], v. 32, p. 7012-7022, 2025. DOI: https://doi.org/10.1016/j.acra.2025.08.030. Disponível em: https://www.academicradiology.org/article/S1076-6332(25)00800-1/abstract. Acesso em: 18 mar. 2026.

KAPPAS, C. Pregnancy and medical radiation. **Radiation Physics and Chemistry**, [S. l.], v. 201, p. 110478, nov. 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2022.110478. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0969806X22005175?via%3Dihub. Acesso em: 18 mar. 2026.

LOWE, S. A. Ionizing radiation for maternal medical indications. **Prenatal Diagnosis**, [S. l.], v. 40, n. 9, p. 1150-1155, 2020. DOI: https://doi.org/10.1002/pd.5592. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31697844/. Acesso em: 18 mar. 2026.

MAINPRIZE, J. G. *et al.* Effects of ionizing radiation exposure during pregnancy. **Abdominal Radiology**, [S. l.], v. 48, n. 5, p. 1564-1578, 2023. DOI: https://doi.org/10.1007/s00261-023-03861-w. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36933026/. Acesso em: 18 mar. 2026

MATHUR, S. *et al.* Emergency Imaging in Pregnancy and Lactation. **Canadian Association of Radiologists Journal**, [S. l.], v. 71, p. 1-7, 2020. DOI: https://doi.org/10.1177/0846537120906482. Disponível em: https://www.scopus.com/pages/publications/85083070578?origin=resultslist. Acesso em: 18 mar. 2026.

MATTSSON, S.; LEIDE-SVEGBORN, S.; ANDERSSON, M. X-ray and molecular imaging during pregnancy and breastfeeding-when should we be worried? **Radiation Protection Dosimetry**, [S. l.], v. 195, n. 3-4, p. 339-348, 2021. DOI: https://doi.org/10.1093/rpd/ncab041. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33855370/. Acesso em: 18 mar. 2026.

MAYER, R. E. **Teoria cognitiva da aprendizagem multimédia.** [S. l.: s. n.], [s. d.]. Disponível em: https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=http://webhosting.bombyte.org/~joao.gama/guilhermina/m3/Mod3G2/Mayer_TCAMultimedia.pdf&ved=2ahUKEwjHgduGgJ6VAxUnErkGHQSBMMgQFnoECB8QAQ&usg=AOvVaw1e61dvjPFA3zNOLtSp3VKz. Acesso em: 18 mar. 2026.

MAZZOLA, R. *et al.* Modern radiotherapy in cancer treatment during pregnancy. **Critical Reviews in Oncology/Hematology**, [S. l.], v. 136, p. 13-19, 2019. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30878124/. Acesso em: 18 mar. 2026.

OUZZANI, Mourad *et al.* Rayyan - a web and mobile app for systematic reviews. **Systematic Reviews**, [S.l.], v. 5, n. 210, p. 1-10, dez. 2016. DOI: http://dx.doi.org/10.1186/s13643-016-0384. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1186/s13643-016-0384-4. Acesso em: 18 mar. 2026.

PAGE, Matthew J. *et al.* The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **Plos Medicine**, [S.l.], v. 18, n. 3, p. 1-15, 29 mar. 2021. DOI: http://dx.doi.org/10.1371/journal.pmed.1003583. Disponível em: https://journals.plos.org/plosmedicine/article?id=10.1371/journal.pmed.1003583. Acesso em: 18 mar. 2026.

PICONE, C. *et al.* Dose Reduction Strategies for Pregnant Women in Emergency Settings. **Journal of Clinical Medicine**, [S. l.], v. 12, n. 5, p. 1847, 2023. DOI; https://doi.org/10.3390/jcm12051847. Disponível em: https://www.mdpi.com/2077-0383/12/5/1847. Acesso em: 18 mar. 2026.

POPIĆ RAMAČ, J. *et al.* Safety of radiographic imaging in pregnancy. **Acta Clinica Croatica**, [s. l.], v. 55, n. 2, p. 247-253, 2016. DOI: https://doi.org/10.20471/acc.2016.55.02.10. Disponível em: https://hrcak.srce.hr/clanak/243066. Acesso em: 18 mar. 2026.

RIQUELME, C. *et al.* Radiación y medios de contraste en embarazo y lactancia: lo que el clínico necesita saber. **ARS MEDICA: Revista de Ciências Médicas**, [s. l.], v. 47, n. 4, p. 58-68, 2022. DOI: https://doi.org/10.11565/arsmed.v47i4.1824. Disponível em: https://www.arsmedica.cl/index.php/MED/article/view/1824/1824. Acesso em: 18 mar. 2026.

ROEDEL, P. **Manual de linguagem simples**: como planejar, desenvolver e testar textos que funcionam. Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2024. E-book. Disponível em: https://www.gov.br/gestao/pt-br/acesso-a-informacao/estrategia-e-governanca/estrutura-de-governanca/Manualdelinguagemsimples_comoplanejardesenvolveretestartextosquefuncionam.pdf. Acesso em: 18 mar. 2026.

ROCHA, A. P. C. *et al.* Avaliação por imagem de condições não obstétricas na gestação: o que todo radiologista deve saber. **Radiologia Brasileira**, [s. l.], v. 53, n. 3, p. 185-194, maio/jun. 2020. DOI: https://doi.org/10.1590/0100-3984.2019.0059. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32587428/. Acesso em: 18 mar. 2026.

SILVA, M. L.; AIRES, D. M. P. Os efeitos biológicos da radiação ionizante na gravidez. **Revista da Faculdade Evangélica de Ceres**, [S. l.], v. 5, n. 1, p. 104-118, 2020. DOI: https://doi.org/10.36607/refacer.v8i1.4488. Disponível em: https://periodicos.unievangelica.edu.br/index.php/refacer/article/view/4488. Acesso em: 18 mar. 2026.

SOARES, A. K. de A. Revisões da Literatura: Diferenças, Métodos e Aplicações. **Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences**, [S. l.], v. 7, n. 11, p. 982–1005, 2025. DOI: https://doi.org/10.36557/2674-8169.2025v7n11p982-1005. Disponível em: https://bjihs.emnuvens.com.br/bjihs/article/view/6626. Acesso em: 18 mar. 2026.

STABIN, M. G. Radiation dose and risks to fetus from nuclear medicine procedures. **Physica Medica**, [S. l.], v. 43, p. 190-198, 2017. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2017.04.001. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28454782/. Acesso em: 18 mar. 2026.

TIMPONI, S. C. J. **Elaboração e validação de um guia informativo para as equipes assistenciais e de pesquisa sobre o preparo de pacientes para exames radiológicos e de imagem**. 2025. 199 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Pesquisa Clínica) – Hospital de Clínicas de Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2025. Disponível em: http://hdl.handle.net/10183/300132. Acesso em: 18 mar. 2026.

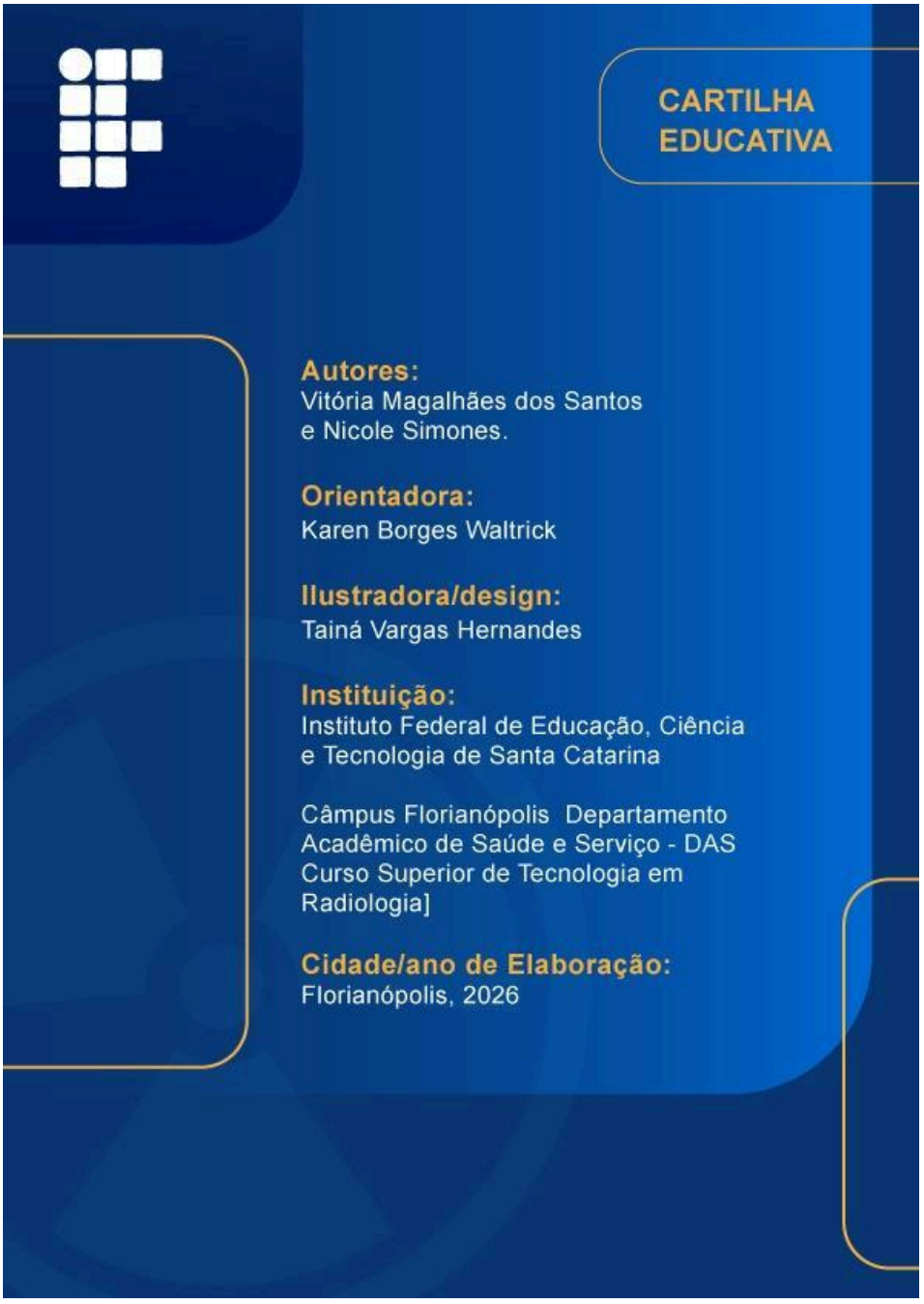
TOMÀ, P. *et al.* Protecting sensitive patient groups from imaging using ionizing radiation: effects during pregnancy, in fetal life and childhood. **La Radiologia Medica**, [S. l.], v. 124, n. 8, p. 736-744, 2019. DOI: https://doi.org/10.1007/s11547-019-01034-8. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30949891/. Acesso em: 18 mar. 2026.

VOCK, P. Clinical perspective on diagnostic X-ray examinations of pregnant patients - What to take into account. **Physica Medica**, [S.l.], v. 43, p. 165-171, 2017. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2017.05.004. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28599991/. Acesso em:18 mar. 2026.

APÊNDICES

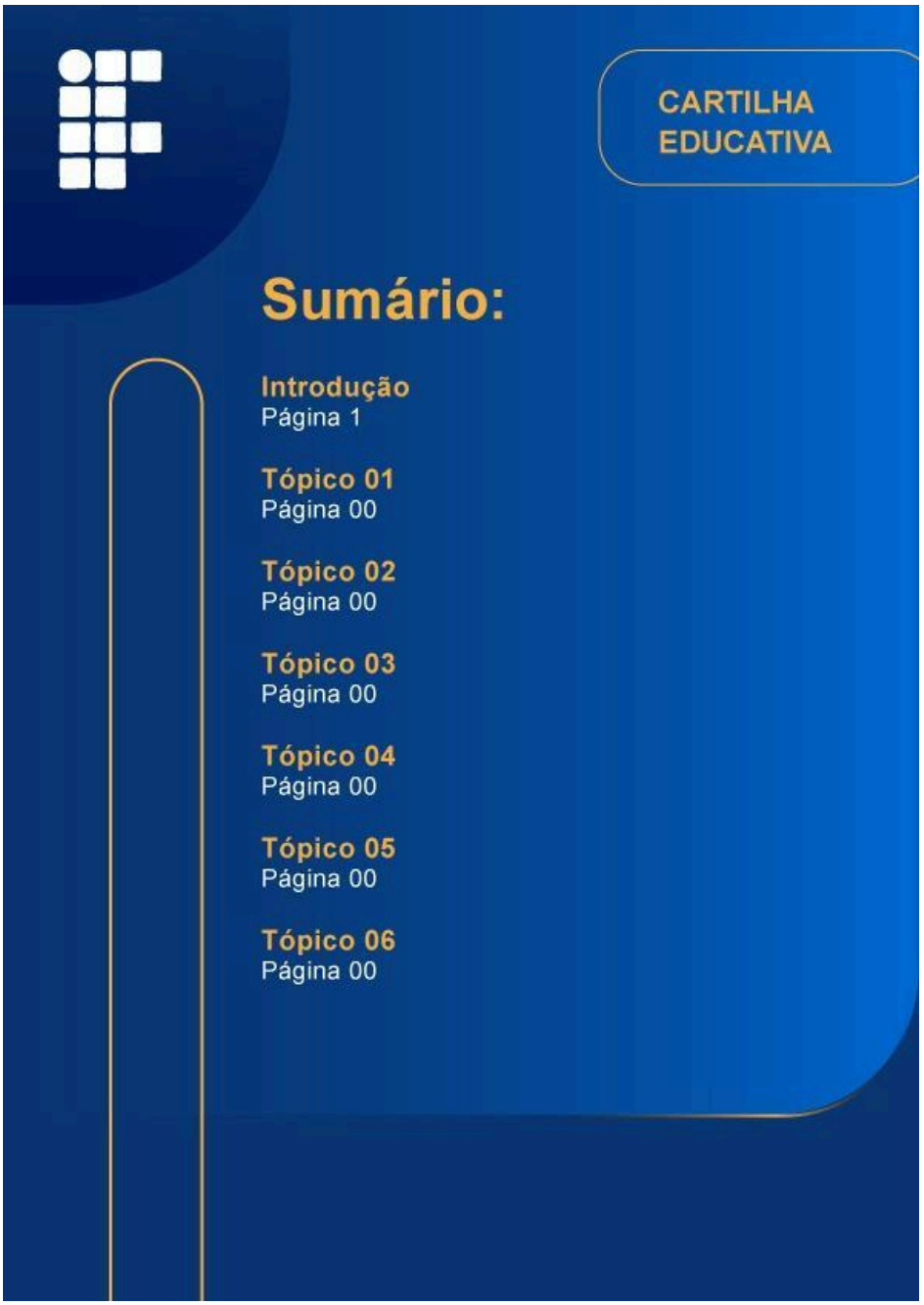
APÊNDICE A — Cartilha educativa

Design da contracapa da cartilha educativa



Fonte: Criado pela Designer (2026).

Design do sumário da cartilha educativa.



Fonte: Criado pela Designer (2026).

ANEXOS

ANEXO A — Protocolo de busca para a coleta dos dados

INSTITUTO FEDERAL
Santa Catarina

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA
CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
COORDENAÇÃO DE BIBLIOTECA E ARQUIVO PERMANENTE

PROTOCOLO PARA BUSCA SISTEMÁTICA DA LITERATURA

1. QUESTÃO OU PROBLEMA DE PESQUISA

Qual o impacto da radiação ionizante no desenvolvimento fetal, considerando os diferentes períodos críticos de exposição e suas consequências.

1.1 OBJETIVOS DA PESQUISA

Objetivo geral

Realizar uma revisão integrativa da literatura sobre os efeitos da radiação no desenvolvimento fetal, destacando os períodos críticos e as principais consequências.

Objetivos específicos

1. Identificar os principais efeitos da exposição à radiação ionizante em cada fase da gestação (pré-implantação, organogênese e período fetal);
2. Descrever as malformações, retardo de crescimento e danos neurológicos mais comuns associados à exposição;
3. Discutir as diretrizes de segurança para gestantes em ambientes com risco de exposição;
4. Produzir uma cartilha informativa acerca dos riscos relacionados à exposição a radiação ionizante no desenvolvimento fetal, voltada para profissionais das técnicas radiológicas.

2. BUSCA NA LITERATURA

2.1 SELEÇÃO DOS TÓPICOS (TERMOS ALTERNATIVOS/SINÔNIMOS)

Tópico 1: **Desenvolvimento fetal**	Tópico 2: **Gestação**	Tópico 3: **Radiação Ionizante**	Tópico 4: **Proteção radiológica**
termos alternativos/ sinônimos	termos alternativos/ sinônimos	termos alternativos/ sinônimos	termos alternativos/ sinônimos
Programação Fetal	Gravidez	Radiation, Ionizing	Radiation Protection
Fetal Development	Pregnancy	Radiación Ionizante	Protección Radiológica
Desarrollo Fetal	Embarazo	Radiações Ionizantes	Radioproteção

2.2 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO/EXCLUSÃO

CRITÉRIOS	DESCRIÇÃO	Incluir	Excluir
Tipo de estudo	(Artigos e revistas)	x	
Área geográfica	(Sem restrição)	x	
Período de tempo	2016 a 2025		x
Idioma	(Português, inglês e espanhol)	x	
Outros			

2.3 FONTES DE INFORMAÇÃO

2.3.1 Fontes de informação eletrônica (base de dados, bibliotecas digitais, mecanismos de busca, repositórios, etc.)

Fonte Específica	Fonte multidisciplinar
EMBASE *Estratégia 1) 21* *Estratégia 2) 168* *Estratégia 3) 4*	**SciELO** *Estratégia 1) 0* *Estratégia 2) 50* *Estratégia 3) 0*
PubMed/MEDLINE *Estratégia 1) 10* *Estratégia 2) 221* *Estratégia 3) 55*	**Scopus** *Estratégia 1) 15* *Estratégia 2) 203* *Estratégia 3) 49*
LILACS / BVS *Estratégia 1) 2* *Estratégia 2) 10* *Estratégia 3) 6*	**Web of Science** *Estratégia 1) 0* *Estratégia 2) 64* *Estratégia 3) 0*
ICRP *Estratégia 1) 0* *Estratégia 2) 10* *Estratégia 3) 0*	
UNSCEAR *Estratégia 1) 2* *Estratégia 2) 2* *Estratégia 3) 2*	
IAEA *Estratégia 1) 10* *Estratégia 2) 1460* *Estratégia 3) 10*	

2.3.2 Outras fontes de informação:
Não foram utilizadas outras fontes de informação.

2.4 Estratégia de busca de acordo com o recurso utilizado
As estratégias utilizadas está no arquivo de edição de texto .odt enviado em anexo.

3. AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS
Retornaram no total, somando todas as bases e estratégias utilizadas, 2.555 resultados, utilizando os descritores elencados no item 2.1.

4. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS (RELATÓRIO)

Com base nos termos elencados pelo autor, utilizou-se o Tesauro da área da saúde mais reconhecido, o DeCS - Descritores em ciências da saúde (https://decs.bvsalud.org/) para busca dos termos autorizados.
Com base nos termos apontados, foi montada a estratégia de busca, utilizando operadores booleanos mais comuns, OR e AND, para recuperação de estudos relacionados ao tema, e operadores de proximidade como aspas "" e parênteses ().
O filtro temporal utilizado na pesquisa são publicações posteriores a 2015. O filtro de idiomas utilizados foram português, inglês e espanhol. O filtro geográfico das publicações foi o continente Americano.
A busca sistemática foi realizada entre os dias 19 de setembro e 02 de outubro de 2025, sendo atualizado ao longo do primeiro semestre de 2026, entre os meses de janeiro e maio, pelo Bibliotecário e Coordenador de Biblioteca do IFSC câmpus Florianópolis, Raphael Vieira Gomes Costa.
Para recuperação de documentos foram utilizadas as seguintes bases de dados específicas na área da saúde: **EMBASE**, **Pubmed,** e **LILACS/BVS.** As bases sugeridas pelas autoras foram a **ICRP,**

UNSCEAR e IAEA. Como fontes multidisciplinares foram utilizadas as bases da **Scielo, Scopus e Web of Science**.

Foi elaborada as seguintes estratégias de busca: a primeira foram utilizados os termos ***Desenvolvimento fetal, Gestação, Radiação Ionizante*** e ***Proteção radiológica***. Para segunda estratégia foram utilizados os mesmos termos utilizados na primeira estratégia, porém os termos ***Radiação Ionizante*** e ***Proteção radiológica*** foram aglutinados. Na terceira estratégia foram utilizados os termos ***Desenvolvimento fetal, Gestação*** e ***Radiação Ionizante.***

Para o alcance dos resultados, é necessário utilizar os filtros disponíveis nas bases de dados (tipos de estudo, período de publicação, linguagem, entre outros).

Com base nos resultados obtidos, recomenda-se:

1. Realizar a compilação dos dados para a melhor recuperação e análise dos documentos;

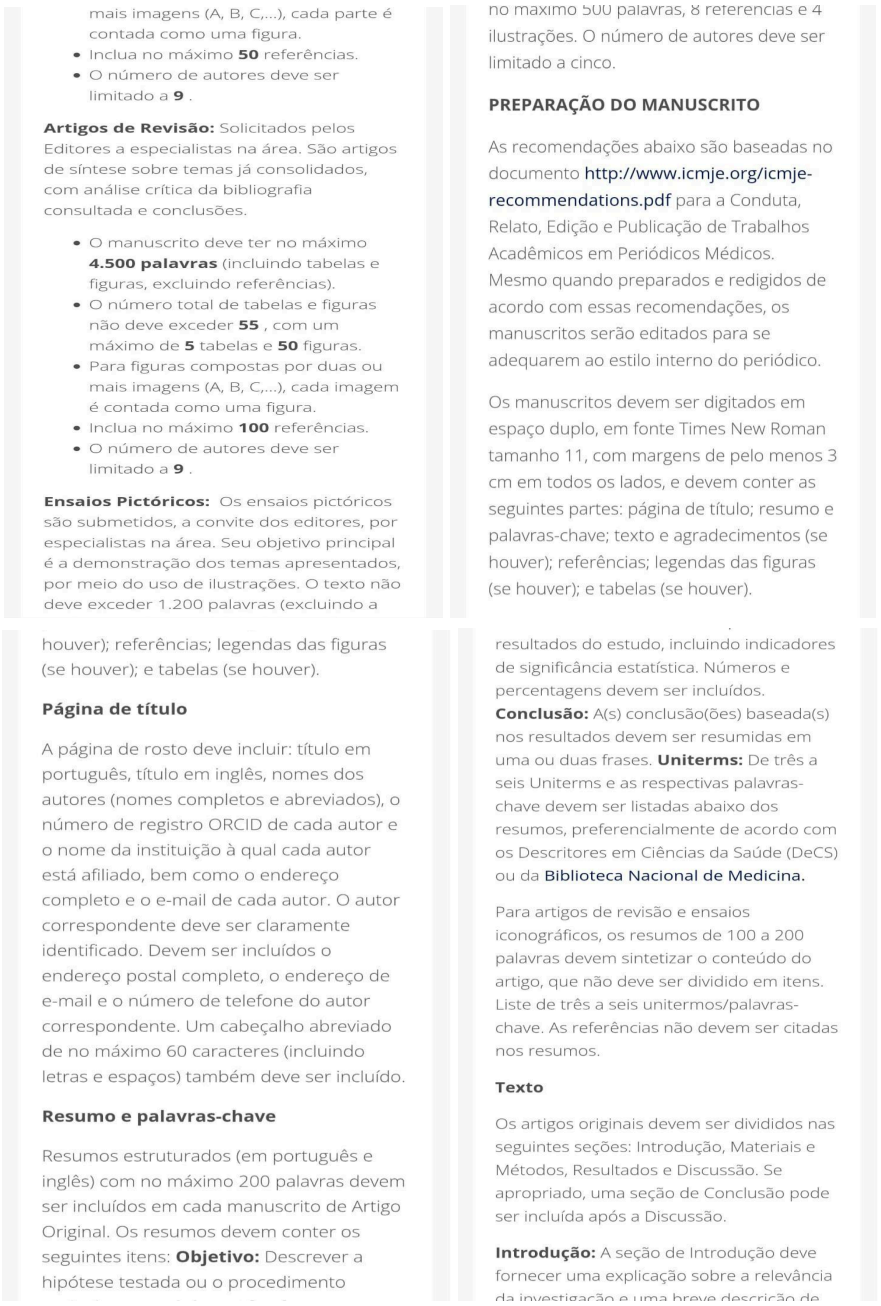
Os resultados das publicações recuperadas seguem abaixo:

EMBASE: (https://www.embase.com/search/quick): Estratégia 1) 21; Estratégia 2) 168; Estratégia 3) 4.
Pubmed/Medline (https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/): Estratégia 1) 10; Estratégia 2) 221; Estratégia 3) 55.
LILACS/BVS (https://bvsalud.org/): Estratégia 1) 2; Estratégia 2) 10; Estratégia 3) 6.
ICRP (https://www.icrp.org/search.asp): Estratégia 1) 0; Estratégia 2) 10; Estratégia 3) 0.
UNSCEAR (https://www.unscear.org/unscear/en/publications/index.html): Estratégia 1) 2; Estratégia 2) 2; Estratégia 3) 2.
IAEA (https://www.iaea.org/): Estratégia 1) 10; Estratégia 2) 1460; Estratégia 3) 10.
Scielo (https://www.scielo.org/): Estratégia 1) 0; Estratégia 2) 50; Estratégia 3) 0.
Scopus (Acessar via portal de periódicos CAPES https://www-periodicos-capes-gov-br.ez130.periodicos.capes.gov.br/): Estratégia 1) 15; Estratégia 2) 203; Estratégia 3) 49.
Web of Science (Acessar via portal de periódicos CAPES https://www-periodicos-capes-gov-br.ez130.periodicos.capes.gov.br/): Estratégia 1) 0; Estratégia 2) 64; Estratégia 3) 0.

gov.br
Documento assinado digitalmente
RAPHAEL VIEIRA GOMES COSTA
Data: 11/05/2026 20:41:54-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Raphael Vieira Gomes Costa
Bibliotecário-Documentalista
Coordenador de Biblioteca
CRB 14/1341

ANEXO B — Diretrizes para autores da Revista Radiologia Brasileira



mais imagens (A, B, C,...), cada parte é contada como uma figura.
- Inclua no máximo **50** referências.
- O número de autores deve ser limitado a **9** .

Artigos de Revisão: Solicitados pelos Editores a especialistas na área. São artigos de síntese sobre temas já consolidados, com análise crítica da bibliografia consultada e conclusões.

- O manuscrito deve ter no máximo **4.500 palavras** (incluindo tabelas e figuras, excluindo referências).
- O número total de tabelas e figuras não deve exceder **55** , com um máximo de **5** tabelas e **50** figuras.
- Para figuras compostas por duas ou mais imagens (A, B, C,...), cada imagem é contada como uma figura.
- Inclua no máximo **100** referências.
- O número de autores deve ser limitado a **9** .

Ensaios Pictóricos: Os ensaios pictóricos são submetidos, a convite dos editores, por especialistas na área. Seu objetivo principal é a demonstração dos temas apresentados, por meio do uso de ilustrações. O texto não deve exceder 1.200 palavras (excluindo a

no máximo 500 palavras, 8 referências e 4 ilustrações. O número de autores deve ser limitado a cinco.

PREPARAÇÃO DO MANUSCRITO

As recomendações abaixo são baseadas no documento http://www.icmje.org/icmje-recommendations.pdf para a Conduta, Relato, Edição e Publicação de Trabalhos Acadêmicos em Periódicos Médicos. Mesmo quando preparados e redigidos de acordo com essas recomendações, os manuscritos serão editados para se adequarem ao estilo interno do periódico.

Os manuscritos devem ser digitados em espaço duplo, em fonte Times New Roman tamanho 11, com margens de pelo menos 3 cm em todos os lados, e devem conter as seguintes partes: página de título; resumo e palavras-chave; texto e agradecimentos (se houver); referências; legendas das figuras (se houver); e tabelas (se houver).

houver); referências; legendas das figuras (se houver); e tabelas (se houver).

Página de título

A página de rosto deve incluir: título em português, título em inglês, nomes dos autores (nomes completos e abreviados), o número de registro ORCID de cada autor e o nome da instituição à qual cada autor está afiliado, bem como o endereço completo e o e-mail de cada autor. O autor correspondente deve ser claramente identificado. Devem ser incluídos o endereço postal completo, o endereço de e-mail e o número de telefone do autor correspondente. Um cabeçalho abreviado de no máximo 60 caracteres (incluindo letras e espaços) também deve ser incluído.

Resumo e palavras-chave

Resumos estruturados (em português e inglês) com no máximo 200 palavras devem ser incluídos em cada manuscrito de Artigo Original. Os resumos devem conter os seguintes itens: **Objetivo:** Descrever a hipótese testada ou o procedimento

resultados do estudo, incluindo indicadores de significância estatística. Números e percentagens devem ser incluídos. **Conclusão:** A(s) conclusão(ões) baseada(s) nos resultados devem ser resumidas em uma ou duas frases. **Uniterms:** De três a seis Uniterms e as respectivas palavras-chave devem ser listadas abaixo dos resumos, preferencialmente de acordo com os Descritores em Ciências da Saúde (DeCS) ou da Biblioteca Nacional de Medicina.

Para artigos de revisão e ensaios iconográficos, os resumos de 100 a 200 palavras devem sintetizar o conteúdo do artigo, que não deve ser dividido em itens. Liste de três a seis unitermos/palavras-chave. As referências não devem ser citadas nos resumos.

Texto

Os artigos originais devem ser divididos nas seguintes seções: Introdução, Materiais e Métodos, Resultados e Discussão. Se apropriado, uma seção de Conclusão pode ser incluída após a Discussão.

Introdução: A seção de Introdução deve fornecer uma explicação sobre a relevância da investigação e uma breve descrição de

Fonte: Adaptado do site da Revista Radiologia Brasileira (2026).

Texto

Os artigos originais devem ser divididos nas seguintes seções: Introdução, Materiais e Métodos, Resultados e Discussão. Se apropriado, uma seção de Conclusão pode ser incluída após a Discussão.

Introdução: A seção de Introdução deve fornecer uma explicação sobre a relevância da investigação e uma breve descrição de seus objetivos.

Materiais e Métodos: A seção de Materiais e Métodos deve descrever o delineamento do estudo, os materiais (ou pacientes) envolvidos e os métodos adotados, nessa ordem. Se relevante, deve-se incluir uma explicação detalhada de como o diagnóstico foi confirmado, bem como explicações sobre como a subjetividade das observações foi controlada. Para garantir o anonimato no processo de revisão por pares, não devem ser mencionados o nome da instituição onde o estudo foi desenvolvido nem os nomes dos autores.

Resultados: Os resultados devem ser apresentados em uma sequência clara e lógica. Caso sejam incluídas tabelas, os dados tabulares não devem ser duplicados no texto, que deve, em vez disso, destacar as principais descobertas e tendências.

Discussão: Quando os resultados diferem daqueles obtidos em estudos anteriores, a discrepância deve ser explicada. As limitações do desenho do estudo, dos materiais (ou da amostra de pacientes) e dos métodos devem ser descritas considerando os objetivos e resultados do estudo.

Conclusão(ões): Quando apropriado, as conclusões devem ser descritas em frases resumidas.

Agradecimentos: Indivíduos ou instituições que tenham feito contribuições que não justifiquem autoria devem ser mencionados na seção de Agradecimentos, assim como qualquer apoio financeiro ou técnico relevante recebido.

Referências

Referências

As referências devem ser numeradas consecutivamente na ordem em que aparecem no texto e formatadas de acordo com as diretrizes do ICMJE, publicadas em http://www.icmje.org/icmje-recommendations.pdf , atualizadas em 2018. As abreviações utilizadas para os periódicos citados nas referências devem seguir o padrão PubMed.

Artigo de periódico

1. Glazebrook KN, Magut MJ, Reynolds C. Angiossarcoma da mama. AJR Am J Roentgenol. 2008;190:533-8.

Nota: Quando houver mais de três autores, apenas os três primeiros devem ser listados, seguidos de "et al.".

Figuras e Lendas

Cada figura deve ser inserida no sistema separadamente. Cada figura deve ter uma legenda, sendo essencial que a legenda descreva todas as características da figura. O escopo de uma figura deve ser limitado ao necessário para ilustrar as características essenciais descritas no manuscrito. De preferência, cada ilustração deve representar apenas a(s) área(s) de interesse, com contexto visual suficiente ao redor para permitir a orientação adequada. É obrigatório indicar todas as características descritas nas legendas, utilizando indicadores diferentes para cada uma (o uso de triângulos equiláteros como setas deve ser evitado). Os indicadores devem ser aplicados diretamente na figura, indicando claramente as lesões (ou estruturas) que se deseja evidenciar. Se uma figura for dividida em painéis (A, B, C, etc.), cada painel será contabilizado como uma ilustração. As imagens fotográficas devem ser enviadas como arquivos .jpg, .gif ou .tiff, com resolução de 300 dpi e tamanho aproximado de 9 × 12 cm.

Fonte: Adaptado do site da Revista Radiologia Brasileira (2026).