

## **Estado da arte brasileira sobre os efeitos da radiação não ionizante na saúde humana**

### **Brazilian art state about exposition to non-ionizing radiation and them effects in human health**

DOI:10.34117/bjdv7n8-346

Recebimento dos originais: 07/07/2021

Aceitação para publicação: 13/08/2021

#### **Moisés da Costa Cunha**

Acadêmico de Medicina  
Universidade Anhanguera Uniderp  
Av. Ceará, 333, Vila Miguel Couto, Campo Grande - MS  
moisescuna77@gmail.com

#### **Kevin Lucas Oliveira Barboza**

Acadêmico de Medicina  
Universidade Anhanguera Uniderp  
Av. Ceará, 333, Vila Miguel Couto, Campo Grande - MS  
kevinbarboza03@gmail.com

#### **Larissa Suellen Gil Borges**

Acadêmico de Medicina  
Universidade Anhanguera Uniderp  
Av. Ceará, 333, Vila Miguel Couto, Campo Grande - MS  
larissasuellenborges21@gmail.com

#### **João Marcos de Sousa Martins**

Acadêmico de Medicina  
Universidade Anhanguera Uniderp  
Av. Ceará, 333, Vila Miguel Couto, Campo Grande - MS  
martinsjoaomarcos10@gmail.com

#### **Eliéverson Guerchi Gonzales**

Mestrado em Ensino de Ciências (Universidade Federal de Mato Grosso do Sul)  
Universidade Anhanguera Uniderp  
Av. Ceará, 333, Vila Miguel Couto, Campo Grande - MS  
elieverson@educadores.net.br

#### **Luciana Paes de Andrade**

Doutorado em Ciências (Universidade de São Paulo)  
Universidade Anhanguera Uniderp  
Av. Ceará, 333, Vila Miguel Couto, Campo Grande - MS  
luciana.andrade@uniderp.com.br

### **RESUMO**

Nos últimos anos, o uso de aparelhos eletrônicos tornou-se cada vez mais comum. Tais tecnologias utilizam-se, em alguns casos, de frequências específicas de ondas, chamadas

de radiações não ionizantes, a exemplo dos aparelhos celulares. Essas radiações, segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), são capazes de causar estresses térmicos no corpo ou até mesmo danos em tecidos, dependendo do nível de exposição do indivíduo. Entretanto, os limiares humanos para esses tipos de ondas ainda são desconhecidos e consequentemente, também se desconhece a partir de que ponto elas são capazes de gerar danos de importância clínica em um indivíduo a elas exposto. Diante de tal realidade, viu-se a necessidade de buscar na bibliografia brasileira, por meio de uma revisão da literatura, no rigor da revisão sistemática, os impactos que as radiações não ionizantes podem trazer para a saúde humana, utilizando-se dos principais bancos de dados da área, em inglês e português, selecionando as publicações dos últimos dez anos sobre o assunto, a fim de verificar o estado atual de conhecimento que o meio médico e científico possui sobre a temática. Inicialmente, foram encontrados 2130 trabalhos com a aplicação dos *strings* de busca em suas respectivas bases. Após a aplicação dos filtros (data e idioma), esse número foi reduzido para 1158 trabalhos, que foram analisados pelo título e resumo para verificar se cumpriam com os objetivos da revisão e se possuíam duplicatas. Posteriormente, restaram 102 trabalhos para leitura na íntegra e aplicação mais rígida dos critérios de elegibilidade. Ao final, 11 artigos foram incluídos na revisão, e, com isso, observou-se que oito destes apresentavam ao menos um efeito deletério para o homem.

**Palavras-chave:** Ondas Eletromagnéticas, Revisão, Impactos na Saúde, Energia Eletromagnética.

#### ABSTRACT

In recent years, the use of electronic devices has become increasingly common. Such technologies use, in some cases, specific frequencies of waves, called non-ionizing radiation, like cell phones. These radiations, according to the World Health Organization (WHO), are capable of causing thermal stresses in the body, or even damage to tissues depending on the individual's level of exposure. However, the human thresholds for these types of waves are still unknown and the extent to which they are capable of generating damage of clinical importance in an individual exposed to them. In view of this reality, the need to search the Brazilian bibliography, through a literature review, in the rigor of the systematic review, for the impacts that non-ionizing radiation can bring to human health, using the main area's database, in English and Portuguese selecting publications from the last 10 years on the subject, in order to verify the current state of knowledge that the medical and scientific environment has on the subject. Initially, 2130 papers were found with the application of search strings in their respective bases, after the application of filters (date and language) this number was reduced to 1158 papers, which were analyzed by title and summary to verify if they met the revision objectives and had duplicates. Subsequently, 102 papers remained for full reading and a more rigid application of the eligibility criteria. In the end, 11 articles were included in the review, thus, it was observed that eight of these had at least one harmful effect for the human race.

**Keywords:** Electromagnetic Radiation, Review, Impacts on Health.

## 1 INTRODUÇÃO

A radiação não-ionizante (RNI), como o próprio nome denota, trata-se de um espectro da radiação incapaz de produzir ionizações, ou seja, não possui energia suficiente para retirar elétrons dos átomos, contudo, pode dissociar moléculas ao romper ligações

químicas<sup>1</sup>. Ela é proveniente de um campo eletromagnético que, por sua vez, é gerado pela inter-relação entre os campos elétricos e magnéticos que oscilam perpendicularmente gerando um deslocamento de energia, chamado vetor de Poyting.

Os principais subtipos de campos eletromagnéticos são os de frequência extremamente baixa, exemplificados por ondas de rádio oriundas de redes elétricas e equipamentos eletrônicos, além das radiofrequências e de micro-ondas, que têm como principais exemplos da categoria os telefones celulares e as Estações de Rádio Base (EBR)<sup>2</sup>.

Numerosos estudos buscam alcançar respostas mais concretas sobre os possíveis efeitos biológicos que as RNI provocam nos seres vivos e, para isso, animais são extensamente utilizados como objetos de pesquisa. A título de exemplo, Tenório et al<sup>3</sup>, em seu trabalho envolvendo exposição de ratos a campos eletromagnéticos de baixa frequência gerados por bobinas de Helmholtz, constataram que os animais expostos apresentavam morfologia espermática anormal se comparadas as dos grupo-controle. Balmori<sup>4</sup>, em um estudo que utilizou ovos e girinos de rãs comuns (*Rana temporaria*) sujeitos a radiação de antenas de celular em uma cidade da Espanha, observou que o grupo de girinos expostos apresentou uma alta taxa de mortalidade (cerca de 90%), bem como baixa coordenação de seus movimentos e um crescimento considerado anormal.

Por outro lado, muitos pesquisadores demonstraram que a exposição às RNI não provoca danos consideráveis nos animais investigados. Dessa forma, Santos<sup>5</sup> pesquisou os efeitos da radiação eletromagnética emitida por aparelhos celulares em ratas grávidas, atestando que não houve diferenças significativas de toxicidade materna ou anormalidades de ganho ponderal durante a gestação, bem como a prole dos animais expostos não sofreram danos consideráveis durante o período embrionário. Outrossim, os níveis de hormônios tireoidianos, hipofisários e de insulina em ratos *Wistar* adultos expostos à radiação não ionizante, oriunda de aparelhos celulares, durante a vida intrauterina, mostraram-se normais em relação aos de animais não expostos aos campos eletromagnéticos<sup>6</sup>.

Devido a grande expansão dos equipamentos que utilizam a radiação não ionizante, especialmente as redes de telefonia celular, é necessário que haja limites para a exposição cotidiana, mesmo que ainda não seja unânime o quanto essa radiação afeta a saúde humana.

Para isso, existem órgãos que regulamentam os limites de emissão de radiações eletromagnéticas. Assim, os sistemas de telecomunicação devem obedecer às normas

estabelecidas por estas entidades e recomendadas pela Organização Mundial de Saúde (OMS). No Brasil, a Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) segue também as diretrizes apontadas nas recentes normas da *International Commission on Non Ionizing Radiation Protection* (ICNIRP) e da *International Radiation Protection Association* (IRPA). Dessa forma, a OMS recomenda alguns limites de exposição a essas fontes de RNI, a saber, para antenas transmissoras de sinal para celular que atuam com 900 MHz, é indicada uma Densidade de Energia de 4,5 W/m<sup>2</sup> (exposição máxima à população), e para aquelas antenas que atuam com 1,9 GHz, é adequada uma Densidade de Energia de 9 W/m<sup>2</sup>.

Mesmo diante de tanto conhecimento, as conclusões que se tem acerca da temática ainda são bastantes inespecíficas. Em Huss et al<sup>8</sup>, uma das poucas revisões relevantes sobre o assunto, coletou-se e analisou-se um total de 59 estudos feitos entre 1995 e 2005 sobre o assunto. A conclusão dos autores após a análise sistematizada dos materiais incluídos foi de que os perigos que as radiações não ionizantes podem trazer à saúde humana ainda são muito inespecíficos e não possuem clareza de argumentos. Nessa perspectiva, o trabalho reforça o argumento de que estudos futuros deveriam ser feitos com relação a isso e esforços seriam cada vez mais necessários para esclarecer os mistérios envoltos em tal temática.

Diante de todo o exposto, torna-se evidente que por mais que exista um possível perigo no cotidiano humano causado pelas radiações não ionizantes, o que se sabe sobre isso ainda é insuficiente e pouco esclarecido. Assim, em virtude da carência da literatura nacional e internacional sobre esse assunto, grande parte das pessoas têm que conviver diariamente com um risco desconhecido e pouco estudado.

Desse modo, faz-se necessário verificar na literatura nacional o que se sabe sobre o assunto, minuciosamente, para que seja possível compreender como as conclusões das pesquisas científicas atuais, aplicadas à realidade nacional, tratam dos efeitos dessas radiações no organismo humano. Assim, este trabalho objetiva analisar o estado da arte brasileiro sobre os efeitos da RNI na saúde humana.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo trata-se de uma revisão sistemática, regida pelo protocolo de revisão registrado no PROSPERO (International Prospective Register of Systematic Review) com o código de identificação CRD42020169352.

O período de busca dos artigos para compor a revisão foi de março a junho de 2020. Foram utilizadas as seguintes bases de dados para a seleção dos artigos: SciELO (*Scientific Electronic Library Online*), LILACS (Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde), PubMed, *Cochrane Library* e BVS Fiocruz (Biblioteca Virtual em Saúde Fiocruz). A fim de aumentar o leque de possibilidades do mapeamento dos estudos relacionados ao tema no Brasil, incrementou-se o processo de busca com a BDTD (Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações), o Oasisbr (Portal Brasileiro de Publicações Científicas em Acesso Aberto), o Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e a NDLTD (*Networked Digital Library of Theses and Dissertations*).

Para o processo de busca, utilizou-se os descritores “radiação não-ionizante”, “saúde”, “radiação eletromagnética”, “*non-ionizing radiation*”, “*health*” e “*electromagnetic radiation*”, retirados em português do DeCS (Descritores em Saúde) e em inglês do MeSH (*Medical Subject Headings*). Para a combinação dos descritores, adotou-se os operadores booleanos AND e OR. No quadro 1, os strings utilizados em cada base de dados são apresentados.

QUADRO 1 - STRINGS DE BUSCA UTILIZADOS POR BASES DE DADOS

Base de dados	String de busca
SciELO	((radiação não ionizante) AND (saúde)) e ((radiação eletromagnética) AND (saúde))
CAPES	((radiação não ionizante) OR (radiação eletromagnética) AND (saúde))
LILACS	((radiação não ionizante) OR (radiação eletromagnética) AND (saúde))
PubMed	((radiation non-ionizing) OR eletromagnetic radiation) AND health
<i>Cochrane Library</i>	((non-ionizing radiation) OR (electromagnetic radiation) AND (health))
BDTD	((radiação não ionizante) OR (radiação eletromagnética) AND (saúde))
NDLTD	((radiation non-ionizing) OR (eletromagnetic radiation) AND (health))
Oasisbr	(radiação não ionizante AND radiação eletromagnética AND saúde)
BVS Fiocruz	((radiação não ionizante) OR (radiação eletromagnética) AND (saúde))

Fonte: Dados da pesquisa.

Foram considerados estudos publicados a partir de 2009, redigidos em inglês ou português, disponíveis na íntegra, relatos ou série de casos, estudos observacionais e Ensaio Clínico Randomizado (ECR) que utilizassem como amostra seres humanos

(sem restrição de sexo, idade ou raça). Para exclusão, foram adotados como critérios: trabalhos publicados como artigos curtos ou pôsteres; estudos que apresentavam avaliações sem apresentar o método utilizado; trabalhos que não abordavam nos seus resultados a relação entre radiação não ionizante e a saúde humana ou que apresentavam apenas os efeitos das radiações ionizantes da saúde humana; e estudos realizados fora do Brasil.

O processo inicial de busca foi realizado por quatro revisores independentes pareados em duplas, para aplicação de um método duplo cego. Inicialmente, foi compreendida a leitura do título e do resumo dos trabalhos encontrados após aplicação dos *strings* de busca, e analisou-se conforme os critérios de elegibilidade já citados, e se os mesmos se repetiam. Posteriormente, os revisores eram confrontados e em caso de concordância ou discordância mútua o artigo era incluído ou excluído imediatamente, e em caso de divergência o artigo era incluído para leitura na íntegra. Durante a leitura na íntegra, o duplo cego era novamente aplicado entre os revisores, e ao final, em casos de divergências, era consultado um terceiro revisor para tomar a decisão final de inclusão ou exclusão do artigo na revisão.

Para verificar a análise de concordância intra-observador entre os revisores, aplicou-se o teste de Kappa por meio do *software* Bioestat V 5.0, seguindo o método de Landis e Koch<sup>9</sup>. Os dados utilizados como base para o cálculo foram as concordâncias e discordâncias mútuas entre os revisores e as divergências durante o processo de seleção dos estudos a serem incluídos na revisão (tabela 1).

TABELA 1 - NÚMERO DE CONCORDÂNCIAS E DISCORDÂNCIAS MÚTUAS E DIVERGÊNCIAS ENTRE OS REVISORES NO PROCESSO DE SELEÇÃO DOS ESTUDOS

Inclusão do artigo		Dupla 2 de revisores	
		Concordaram	Discordaram
Dupla 1 de revisores	Concordaram	89(7,68%)	5(0,43%)
	Discordaram	8(0,69%)	1056(91,19%)

Fonte: Dados da pesquisa.

Para analisar criticamente os artigos, aplicou-se neles um formulário de avaliação de desenho de estudos idealizado por MacDermid et al<sup>10</sup> e traduzido por Santos et al<sup>11</sup>, composto por 12 itens (tabela 2), no qual cada um pontua com 0 (item ausente), 1 (item parcialmente contemplado), 2 (item contemplado) ou NA (quando o item não se aplica

ao tipo de estudo). Os itens são: revisão minuciosa da literatura para definir a questão de pesquisa (1); critérios específicos de inclusão e exclusão (2); hipóteses específicas (3); alcance apropriado das propriedades psicométricas (4); tamanho da amostra (5); acompanhamento ou retestagem da amostra utilizada (6); os autores referenciam procedimentos específicos para administração, pontuação e interpretação de procedimentos? (7); as técnicas de medição foram padronizadas? (8); os dados foram apresentados para cada hipótese? (9); estatísticas apropriadas e estimativas pontuais (10); estimativas de erro estatístico apropriadas (11); e conclusões válidas e recomendações clínicas (12). Os valores finais do formulário de avaliação foram dados em porcentagem conforme os itens pontuados (tabela 2) e tiveram suas qualidades classificadas em pobre (0% a 30%), fraco (31% a 50%), bom (51% a 70%), muito bom (71% a 90%) e excelente (>90%), que teve como base o mesmo trabalho em que o autor desenvolveu o formulário.

TABELA 2 - ANÁLISE CRÍTICA DA QUALIDADE DOS ESTUDOS INCLUÍDOS

Estudos (ano)	Critérios de avaliação												Total (%)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Dode (2010) <sup>12</sup>	2	2	2	NA	2	NA	2	2	2	2	2	2	83,3%
Silva (2012) <sup>13</sup>	2	2	2	NA	2	NA	2	2	2	2	2	2	83,3%
Silva (2014) <sup>14</sup>	2	2	2	0	2	NA	2	2	2	2	2	2	83,3%
Anguera (2012) <sup>15</sup>	2	1	2	2	2	NA	2	2	2	2	1	1	79,16%
Siqueira et al (2016) <sup>16</sup>	2	2	1	0	2	NA	2	2	2	2	1	2	75%
Rocha (2013) <sup>17</sup>	2	2	1	0	1	NA	2	2	2	2	2	2	75%

Silva (2015) <sup>18</sup>	2	2	1	0	1	NA	2	2	2	2	2	2	75%
Filho (2015) <sup>19</sup>	2	2	1	0	2	NA	1	2	2	1	2	1	66,6%
Leão (2014) <sup>20</sup>	2	2	2	0	2	NA	1	2	2	1	1	1	66,6%
Silva (2018) <sup>21</sup>	2	1	2	0	2	NA	2	2	1	1	1	1	62,5%
Barros (2013) <sup>22</sup>	1	2	1	0	2	NA	2	2	1	1	1	1	58,3%

Fonte: Adaptado de MacDermid et al<sup>10</sup> e traduzido por Silva et al<sup>11</sup>.

Para o processo de extração de dados dos artigos incluídos, utilizou-se um guia de extração elaborado pelos autores com os seguintes itens: dados bibliográficos; objetivo geral; desenho do estudo; número da amostra; e principais resultados encontrados.

### 3 RESULTADOS

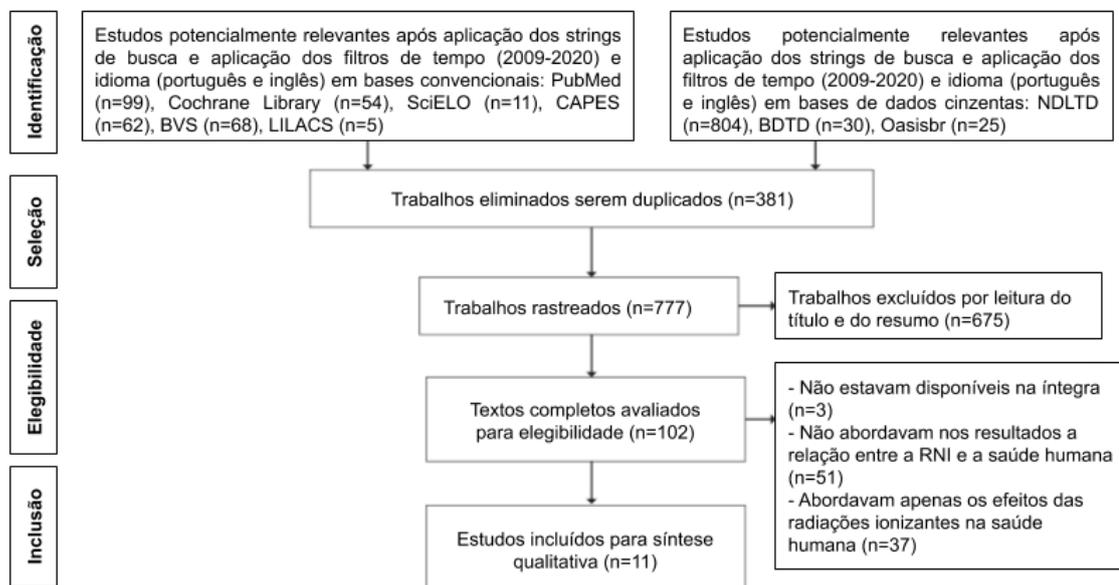
O processo de busca dos artigos e suas seleções está disposto no gráfico em fluxo (figura 1), que se baseia no fluxograma das Recomendações PRISMA<sup>23</sup>. Inicialmente, foram encontrados 2130 trabalhos com a aplicação dos strings de busca em suas respectivas bases. Após a aplicação dos filtros (data e idioma), esse número caiu para 1158 trabalhos, que foram analisados pelo título e resumo para verificar se eles cumpriam com os objetivos da revisão e se possuíam duplicatas. Posteriormente, restaram 102 trabalhos para leitura na íntegra e aplicação mais rígida dos critérios de elegibilidade. Ao final, 11 artigos foram incluídos na revisão.

O valor encontrado de Kappa na análise de concordância intraobservador foi igual a 0,9258 com p-valor de 0,0001, podendo considerar, desse modo, um acordo quase perfeito entre os revisores com significância estatística, considerando os valores postulados por Landis e Koch<sup>9</sup>.

Após aplicação do formulário de avaliação crítica dos trabalhos incluídos, conforme disposto na tabela 2, obteve-se as porcentagens dos itens variando de 37,5% a 83,3%. Desse modo, sete estudos foram classificados como “muito bom” e quatro como “bom”.

O quadro 2 expõe a sumarização das principais características dos trabalhos selecionados, feita pelo formulário de extração utilizado pelos revisores. Dos 11 trabalhos encontrados, oito apresentaram resultados significativos com ao menos um efeito deletério das radiações não ionizantes na saúde humana.

FIGURA 1 - PROCESSO DE BUSCA E SELEÇÃO DOS ESTUDOS PARA A REVISÃO CONFORME AS RECOMENDAÇÕES PRISMA



Fonte: Adaptado das Recomendações PRISMA (2015).

QUADRO 2 - SUMARIZAÇÃO DOS ESTUDOS INCLUÍDOS NA REVISÃO

Dados bibliográficos	Desenho do estudo	Número da amostra
Dode (2010) <sup>12</sup>	Estudo ecológico	12094 óbitos
Silva (2012) <sup>13</sup>	Caso-controle	3295 óbitos
Silva (2014) <sup>14</sup>	Estudo epidemiológico de corte transversal	440 pessoas
Anguera (2012) <sup>15</sup>	Estudo observacional de corte transversal	19 fisioterapeutas
Siqueira et al. (2016) <sup>16</sup>	Estudo de corte transversal	82 estudantes de odontologia
Rocha (2013) <sup>17</sup>	Estudo epidemiológico de corte transversal	211 pessoas

Silva (2015) <sup>18</sup>	Estudo de corte transversal	440 pessoas
Filho (2015) <sup>19</sup>	Estudo epidemiológico de corte transversal	440 pessoas
Leão (2014) <sup>20</sup>	Estudo epidemiológico de corte transversal	440 pessoas
Silva (2018) <sup>21</sup>	Pesquisa descritiva	7 pessoas
Barros (2013) <sup>22</sup>	Estudo epidemiológico de corte transversal	211 pessoas

Fonte: Dados da pesquisa.

#### 4 DISCUSSÃO

Os artigos selecionados neste trabalho evidenciam as interações das RNI com amplos efeitos deletérios à saúde humana, que variam desde pequenas alterações do sono até associações de mortes por câncer. Visto isso, evidencia-se que a temática possui grande significância à saúde pública, elevando os níveis de preocupação entre pesquisadores, população e, especialmente, profissionais da área da saúde, uma vez que são estes que irão atender os indivíduos que apresentam os sintomas decorrentes da exposição às radiações.

Siqueira et al<sup>16</sup> buscaram avaliar os níveis de citocinas nas glândulas parótidas, por meio da saliva de indivíduos que usavam o celular preferencialmente de um único lado da cabeça. O estudo revelou que a glândula parótida direita (levantado como lado de maior uso) possuía um aumento significativo (em comparação com o lado de menor exposição) de interleucina-1-b (IL-1b), ao passo que os níveis de interleucina-10 (IL-10) apresentaram um decréscimo significativo. As IL-1b são consideradas mediadores pró-inflamatórios, enquanto as IL-10 possuem efeito contrário, isto é, de suprimir esse tipo de resposta imune<sup>24</sup>.

Na situação supracitada, percebeu-se que a exposição prolongada a RNI pode acarretar o desenvolvimento de uma resposta inflamatória crônica no local exposto, e o estudo enfatiza a conclusão de tal fato ao trazer em seus resultados que pessoas com mais de 10 anos de uso dos aparelhos celulares possuem as alterações já citadas de forma ainda mais acentuada. Contudo, o estudo possui a limitação de ser um corte transversal e não ter realizado um acompanhamento a longo prazo de sua amostra para avaliar se esses níveis de fato crescem com o tempo ou se esta é apenas uma informação associada ao acaso.

Sob outra perspectiva, em um estudo transversal que investigou a associação entre a exposição a radiações eletromagnéticas da telefonia celular e possíveis efeitos à saúde, constatou-se que utilizar dois ou mais chips e nunca desligar o telefone celular está intimamente associado com ansiedade, assim como o hábito de deixar o aparelho no mesmo cômodo em que se dorme está relacionado com episódios de irritabilidade e o diagnóstico de ansiedade<sup>14</sup>. Um outro estudo epidemiológico de corte transversal, que foi realizado em Salvador-BA, tinha como objetivo analisar a associação entre exposição às radiações decorrentes da telefonia celular com efeitos psiquiátricos<sup>22</sup>. No respectivo trabalho, a ansiedade como sintoma foi relatada pela maioria dos entrevistados que residiam próximos das Estações Rádio-Base (ERB), cerca de 51,2%. Entretanto, quanto aos sintomas depressivos, a Escala de Rastreamento Populacional para Depressão (CES-D) foi mais positiva em entrevistados não-expostos do que nos indivíduos expostos à radiação (38,5% contra 31,5%).

Rocha<sup>17</sup> investigou a exposição à radiação eletromagnética de ERB e efeitos neurológicos em uma amostra de 211 pessoas que residiam a menos de 300 metros dessas estações. Alguns sintomas neurocomportamentais chamaram atenção, como a irritabilidade e a dificuldade de concentração, relacionados com uma menor distância entre a moradia e a EBR em questão. A associação entre exposição às radiações da telefonia celular e dificuldade de concentração também foi demonstrada por Silva<sup>14</sup>, correlacionando esse sintoma com o uso de dois ou mais chips.

Em uma pesquisa realizada na Universidade Federal da Paraíba (UFPB), com o objetivo de analisar os níveis de RNIs em ambientes com computadores e outros recursos eletrônicos (televisores, aparelhos *wi-fi*, telefones etc.), investigou-se sete funcionários de quatro salas diferentes. Os resultados demonstraram que cerca de 14% dos entrevistados relataram que se achavam estressados e apenas dois indivíduos relataram sensação de esgotamento. Nesse mesmo estudo, foi evidenciado que 46% dos indivíduos apresentaram sonolência ao longo do dia e dificuldade de levantar-se da cama<sup>21</sup>.

Ainda com relação aos sintomas que englobam as alterações do sono, outros estudos evidenciaram resultados significativos. Barros<sup>22</sup> demonstrou que 51,4% da população exposta às radiações eletromagnéticas da telefonia celular apresentavam modificações do sono. Por outro lado, apenas 41,3% da população não-exposta relatou tais alterações. Rocha<sup>17</sup> também concluiu que um dos sintomas neurocomportamentais que mais chamaram atenção em sua pesquisa sobre a exposição às radiações eletromagnéticas foi a presença da sonolência entre os moradores dos bairros mais

próximos às fontes de radiação. Com isso, evidencia-se uma certa consonância entre os autores no que tange às relações entre as RNI com efeitos à saúde humana.

Um estudo observacional de corte transversal procurou analisar a associação da prevalência de morbidade referida por fisioterapeutas com a exposição ocupacional destes profissionais à radiação de diatermia por micro-ondas. Assim, foi evidenciado que sinais como cefaleia, zumbido auditivo, hipoacusia, perda da sensibilidade manual e parestesia manual não apresentaram associações significantes com esse tipo de radiação. Contudo, tanto a cefaleia quanto alterações visuais (catarata, melanoma ocular e opacidade do cristalino) foram associadas à exposição à radiação por micro-ondas<sup>15</sup>.

Outro estudo, feito dessa vez para analisar os níveis de radiação não ionizante em ambientes providos de computadores e outros recursos eletrônicos, identificou que apenas 14% dos funcionários daquele ambiente de trabalho apresentaram cefaleia, e nenhum dos outros apresentou sensação de sinais oculares, sinais de ardência, cansaço ou lacrimejamento<sup>21</sup>.

Em um estudo epidemiológico de corte transversal que teve como propósito investigar a associação entre exposição a radiações eletromagnéticas não ionizantes decorrentes das ERB de telefonia celular e efeitos à saúde em Salvador-BA, evidenciou-se que sintomas como tontura e cefaleia foram associados quando se usava telefone celular por mais de 30 minutos por dia; a fadiga, por sua vez, estava relacionada com o uso do celular com sinal de cobertura fraco; e os lapsos de memória tinham associação tanto com o uso de celular por mais de 30 minutos por dia quanto com a exposição a eletro-eletrônicos<sup>14</sup>.

Em outra pesquisa foi demonstrado que a interação entre a exposição e idade menor que 50 anos pode causar lapso de memória, além de mostrar uma relação entre o sexo masculino com a fadiga<sup>17</sup>.

Dode<sup>12</sup>, em um estudo ecológico realizado em Belo Horizonte, buscou realizar a correlação das localidades com maior concentração de Estações de Radiobase e os casos de óbitos por neoplasias na cidade. Na pesquisa, foi possível notar que as regiões com maior quantidade de óbitos são as que possuíam maior densidade de antenas, sendo o resultado mais exuberante demonstrado na região centro-sul, que concentra 20,28% dos registros de decesso. Em uma análise comparativa de casos com as antenas, foi possível notar que quanto mais próximo das antenas, maior o risco de neoplasias relacionadas com a radiação eletromagnética.

Ademais, ao realizar-se uma investigação temporal, é possível visualizar que após determinado tempo de exposição, cerca de cinco anos, em localidades com maior concentração de antenas, as chances de óbitos por neoplasias elevam-se. Os tipos de cânceres mais encontrados foram: de pulmão, próstata, tumor maligno sem especificação da localização, câncer de rim, neoplasia maligna na região retossigmóide, neoplasia maligna de mama, mieloma múltiplo e neoplasia maligna de plasmócito. Além disso, a maior incidência ocorria em homens e o valor médio de idade em ambos os sexos era em torno de 70 anos.

Uma outra investigação, determinada por Anguera<sup>15</sup>, analisou a associação entre a morbidade evidenciada por fisioterapeutas e a exposição desses profissionais à radiação micro-ondas (ocupacional). Neste estudo, cotejou-se uma associação entre a exposição laboral e a incidência de neoplasias, contudo, não foi possível confirmar com exatidão tal correlação em decorrência da pequena amostra e de intervalos de confiança pouco precisos.

Muitas pesquisas tentaram comprovar a relação entre outras patologias sistêmicas ou não com a exposição à radiação não ionizante. Um exemplo disso foi um estudo epidemiológico realizado na Bahia que buscava associar tal exposição com alterações cardiovasculares. Todavia, o trabalho não evidenciou nenhuma correlação entre palpitações, infarto agudo no miocárdio, hipertensão arterial sistêmica, alterações no risco de AVC/AVE (Acidente Vascular Cerebral ou Encefálico) ou alterações circulatórias, como varizes, com a exposição às ERB<sup>20</sup>.

Um outro estudo epidemiológico, também realizado na Bahia, objetivou analisar a correlação entre a exposição da radiação proveniente de telefones celulares e distúrbios endócrinos e metabólicos. Porém, não houve, de fato, resultados que evidenciassem relação entre residir nas proximidades de ERB e os efeitos estudados, como diminuição da libido, diabetes mellitus, hipo ou hipertireoidismo, pois a razão de prevalência demonstrou que as diferenças de prevalência se deram ao acaso. Além disso, em outras análises, notou-se que a exposição não acarreta problemas gestacionais (como aborto ou natimorto), infertilidade ou vermelhidão na pele<sup>19</sup>.

## 5 CONCLUSÃO

Com base nos dados coletados dos 11 estudos incluídos, é possível afirmar que o meio científico brasileiro apresenta estudos que comprovam que as RNI têm efeitos na

saúde humana, sejam eles a longo ou a curto prazo, com menor ou maior repercussão no bem-estar das populações investigadas.

Os principais efeitos evidenciados nos estudos foram inflamação crônica com predomínio de IL-1b, ansiedade, irritabilidade, dificuldade de concentração, sonolência ao longo do dia, parestesia manual, cefaleia, zumbido auditivo, hipoacusia, perda de sensibilidade manual, alterações visuais (catarata, melanoma ocular e opacidade do cristalino), lapsos de memória e tontura. Além do risco de desenvolvimento de neoplasias por exposição a longo prazo a radiações de ERB.

Contudo, alguns outros sinais ou sintomas investigados foram descartados no que tange a relação com a exposição às RNI. Dentre eles, destacam-se: depressão, sinais oculares (ardência, cansaço e lacrimejamento), fadiga, alterações cardiovasculares (palpitação, infarto agudo do miocárdio, hipertensão arterial sistêmica, AVC/AVE e varizes), distúrbios endócrinos (diminuição da libido, diabetes mellitus e hipo ou hipertireoidismo), problemas gestacionais (abortamento e natimorto), infertilidade e vermelhidão na pele.

De modo geral, esta revisão apresentou limitações. A fim de abranger ao máximo as possibilidades de estudos realizados no Brasil, foi consentido a inclusão de literatura cinzenta nos estudos incluídos, e por conta disso parte dos estudos da revisão são teses e dissertações disponíveis em bases de dados e repositórios institucionais. Além disso, grande parte dos estudos são cortes transversais e possuem limitações na investigação e inferências dos efeitos que as radiações podem causar na saúde humana, apresentando, assim, apenas correlações sem causalidades.

Nesse sentido, mesmo com o alto rigor utilizado no processo de busca dos artigos incluídos nesta revisão, os resultados deste trabalho são úteis somente para revisões rápidas e embasamento teórico no assunto, o que evidencia a carência de estudos robustos sobre a temática pesquisada. Logo, fica como recomendação futura a realização de novos estudos com métodos de análises a longo prazo dos efeitos das radiações na saúde humana, com medição da intensidade de emissão das ondas e com amostras de pesquisa maiores e mais significativas.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) da Universidade Anhanguera UNIDERP, que conta com apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo suporte oferecido no desenvolvimento desta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

Martin IM, Gomes MP, Alves MA. Medidas dos espectros das radiações não ionizantes de São José dos Campos e Taubaté, SP, Brasil. Revista Telecomunicações, v.15, n.1, 2013.

Instituto Nacional de Câncer (INCA). Radiações Não Ionizantes. Extraído de [<https://www.inca.gov.br/en/node/1918>], acesso em [20 de julho de 2020].

Tenório BM, Jimenez GC, Guerra MMP, Nogueira RA, Silva Junior VA. Integridade de DNA e morfologia espermática de ratos submetidos a campos eletromagnéticos de baixa frequência durante diferentes períodos do desenvolvimento. Acta Scientiarum. Biological Sciences. Maringá, v. 33, n. 3, p. 333-339, 2011.

Balmori A. Mobile Phone Mast Effects on Common Frog (*Rana temporaria*) Tadpoles: The City Turned into a Laboratory. Electromagnetic Biology and Medicine, 29: 31–35, 2010.

Santos TR. Efeito da exposição materna à radiação eletromagnética emitida por aparelho de telefonia móvel sobre o desenvolvimento embrionário, neonatal e o sistema endócrino de ratos Wistar (*Ratus norvegicus* Berkenhout, 1769). Tese [Doutorado em Ciências Biológicas]. Juiz de Fora (MG): Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Juiz de Fora; 2016.

Rezende CO. Efeito da exposição materna a radiação eletromagnética emitida por aparelho de telefonia móvel sobre o desenvolvimento embrionário, neonatal e o sistema endócrino de ratos Wistar (*Ratus norvegicus* Berkenhout, 1769). Tese [Mestrado em Ciências Biológicas]. Juiz de Fora (MG): Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Juiz de Fora; 2016.

Viegas MF, Martin IM, Ferreira DV, Otani C. Medidas da Radiação Não-ionizante na Cidade de São José dos Campos, SP. ITA - Instituto de Tecnologia e Aeronáutica. UNITAU - Universidade de Taubaté. Extraído de [<http://www.bibl.ita.br/xiencita/Artigos/Fund12.pdf>], acesso em [20 de Junho de 2020].

Huss A, Egger M, Hug K, Huwiler-Müntener K, Rösli M. Source of Funding and Results of Studies of Health Effects of Mobile Phone Use: Systematic Review of Experimental Studies. Environmental Health Perspectives, Durham, v.115, n.1, p.1-5, jan. 2007.

Landis JR, Koch GG. The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. Biometrics, Vol. 33, No. 1, p. 159-174, Marc., 1977.

MacDermid JC, Walton DM, Avery S, Blanchard A, Etruw E, Mcalpine C, Et al. Measurement Properties of the Neck Disability Index: A Systematic Review. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy, vol. 39(5), p.400-417, 2009.

Santos PV, Barbosa ABM, Targino VA, Silva NA, Silva YCM, Barbosa F, Et al. Variações Anatômicas do Tronco Celíaco: Uma Revisão Sistemática. ABCD Arq. Bras. Cir. Dig. 2018;31(4):e1403.

Dode AC. Mortalidade por neoplasias e a telefonia celular no município de Belo Horizonte - Minas Gerais. Tese [Doutorado]. Belo Horizonte (MG): Escola de Engenharia da UFMG; 2010.

Silva VL. Associação espaço-temporal entre mortalidade por neoplasias e proximidade de antenas de telefonia celular em Belo Horizonte. Dissertação [Mestrado em Estatística]. Belo Horizonte (MG): Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Minas Gerais; 2012.

Silva DF. Exposição às Radiações Eletromagnéticas Não Ionizantes Decorrentes da Telefonia Celular e Efeitos à Saúde. Tese [Doutorado em Biotecnologia em Saúde e Medicina Investigativa]. Salvador (BA): Centro de Pesquisas Gonçalo Moniz, Fundação Oswaldo Cruz; 2014.

Anguera M.G. Efeitos neurológicos da exposição a radiações eletromagnéticas decorrentes da telefonia celular. Tese (Doutorado em Ciências) - Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, São Paulo-SP, 2012.

Siqueira EC, Souza FTA, Ferreira E, Souza RP, Macedo SC, Friedman E, Et al. Cell phone use is associated with an inflammatory cytokine profile of parotid gland saliva. *Journal of Oral Pathology & Medicine*, 45(9), p. 682-686, 2016.

Rocha ALC. Efeitos neurológicos da exposição a radiações eletromagnéticas decorrentes da telefonia celular. Monografia [Conclusão de Curso]. Salvador (BA): Faculdade de Medicina da Bahia, Universidade Federal da Bahia; 2013.

Silva DF, Barros WR, Almeida MCC, Rêgo MAV. Exposição a radiações eletromagnéticas não ionizantes da telefonia celular e sintomas psiquiátricos. *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 31, n. 10, p. 2110-2126, Oct. 2015.

Filho RCF. Exposição à radiação eletromagnética não ionizante e alterações metabólicas e endócrinas. Monografia [Conclusão de Curso]. Salvador (BA): Faculdade de Medicina da Bahia, Universidade Federal da Bahia; 2015.

Leão CB. Associação entre exposição a radiações eletromagnéticas não ionizantes decorrentes de telefonia celular e efeitos cardiovasculares. Monografia [Conclusão de Curso]. Salvador (BA): Faculdade de Medicina da Bahia, Universidade Federal da Bahia; 2014.

Silva SL. Avaliação dos Níveis de Radiação Não Ionizante em Ambientes de Trabalho em uma Universidade Brasileira. Dissertação [Mestrado em Engenharia de Produção]. João Pessoa (PB): Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba; 2018.

Barros WR. Transtorno depressivo e de ansiedade em população exposta a radiações eletromagnéticas decorrentes da telefonia celular. Monografia [Conclusão de curso]. Salvador (BA): Faculdade de Medicina da Bahia, Universidade Federal da Bahia; 2013. Principais itens para relatar Revisões sistemáticas e Meta-análises: A recomendação PRISMA. *Epidemiol. Serv. Saúde*, Brasília, v. 24, n. 2, p. 335-342, Jun 2015.

Lemos GVL, Ribeiro LRT, Habib TF, Ferraz CN, Melo PRSD, Giuffrida FDMA, et al. An interrelationship between neuroinflammation and progression of Alzheimer's disease

(AD) / A inter-relação entre a neuroinflamação e a progressão da Doença de Alzheimer (DA). *Brazilian Journal of Development*. 2021;7(4):41689–701.