

**Os potenciais efeitos da radiação não-ionizante no crescimento de microrganismos****Potential effects of non-ionizing radiation on the growth of microorganisms**

DOI:10.34117/bjdv5n9-006

Recebimento dos originais: 18/08/2019

Aceitação para publicação: 04/09/2019

**Anabele Azevedo Lima**

Doutora em Patologia Molecular pela Universidade de Brasília

Instituição: Centro Universitário de Brasília - UniCEUB

Endereço: Asa Norte: 707/907, Brasília – DF, Brasil

E-mail: anabele.lima@ceub.edu.br

**Wilson Pereira Macedo**

Graduado em Ciências Biológicas

Instituição: Centro Universitário de Brasília - UniCEUB

Endereço: Asa Norte: 707/907, Brasília – DF, Brasil

E-mail: wilson.pm@sempreceub.com

**RESUMO**

As radiações não-ionizantes sempre estiveram presentes em nossas vidas e com a revolução tecnológica, esse contato passou a ser mais frequente e intenso. Conhecer mais sobre seus efeitos e riscos em nosso organismo, além de aprender a se proteger, é essencial para que possamos avançar tecnologicamente com segurança. Esse experimento teve como objetivo examinar os potenciais efeitos das radiações não-ionizantes no crescimento de microrganismos. Para testar esses efeitos, foram colhidas 180 amostras com *swabs*, as quais foram divididas em 3 tratamentos: 60 telas de celulares, 60 capinhas de celulares e 60 mouses de computadores desktops públicos; sendo que esse último tratamento foi o controle, onde se recebe a menor influência de radiações não-ionizantes. Para sistematizar o experimento, foram colhidos esfregões, numa área de 8cm<sup>2</sup>, umedecidos em água destilada, de celulares e capinhas com superfície lisa, e de botões esquerdos e direitos de mouses. As amostras foram inoculadas em até 4 horas em meio de cultura BHI líquido e levadas para a estufa por 24 horas a 37°C. As amostras foram retiradas da estufa e visualizou-se, a olho nu, se houve ou não crescimento bacteriano nos tubos de ensaio. Os seguintes resultados foram obtidos: 18,33% de amostras não crescidas em mouse, 28,33% da capinha e 43,33% da tela do celular. Foi realizado um qui-quadrado de independência, que indicou uma relação estatisticamente significativa entre as amostras e chances de essas acontecerem ao acaso ( $p < .001$ ). Em síntese, as radiações não-ionizantes provenientes do celular, causaram algum impacto nos microrganismos das amostras, mostrando uma inviabilidade de reprodução em meio rico em nutrientes e altamente favorável. São necessários mais estudos nessa área para que se conecte as radiações específicas que possam ter causado inibição no crescimento de boa parte desses microrganismos. Esse estudo nos chama atenção para as radiações não-ionizantes e os impactos dela nos diversos sistemas biológicos a longo prazo.

**Palavra-chave:** Radiação; celulares; microrganismos; dano.

**ABSTRACT**

Non-ionizing radiation play a key role in our lifestyle nowadays. Learn more about its effects, risks and how to protect us is essential to advance technology with safety. Non-ionizing radiation is not widely spoken when compared with ionizing radiation, neither in science or society, and even though many studies pointed some negative effects over biological systems, many other pointed non health effects at all. If there is any consensus, is that they all agree that some effect exists, and more studies are needed in order to get unanimity. This experiment aimed the effects of non-ionizing radiation on the growing of microbes. In order to test that, 180 samples divided in 3 treatments: 60 cellphone screen, 60 cellphone suitcase and 60 desktop mice. This last one been the control, aware of the fact that is the least impacted by non-ionizing radiation. To systematize the experiment, samples were collected using moistened swabs, in an area of 8 cm<sup>2</sup> of only flat and unbroken cellphones and the left and right buttons of mice. The samples were inoculated in a limit time of 4 hours, in BHI medium and reserved in incubator under 37,5°C for 24 hours. The samples were visually analyzed if there was microbial growth or not. The following results were obtained: 18,33% mice, 28,33% of cellphone suitcase and 43,33% of cellphone screen samples did not grow. We ran a qui-squared test in R program for independence ( $p < .001$ ), that indicated a statistical relation in samples. In summary, the non-ionizing radiation caused some impact in microbial samples, generating some unviability in a considerably samples, even though they were in a rich and favorable environment. More studies are needed in order to link some of those radiations to the inhibition of the microbes. This study calls attention to the non-ionizing radiation area and its impacts on the diversity of biological systems.

**Keywords:** Radiation; cellphones; microorganisms; damage.

**1. INTRODUÇÃO**

Com o intenso avanço das tecnologias sem fio durante as últimas décadas houve intenso aumento na emissão de radiofrequências no meio ambiente humano. Tais mudanças podem ter impactos diretos em sistemas biológicos (MAES

, 2005). Numa tentativa de provar tais impactos, vários estudos epidemiológicos foram dirigidos em usuários frequentes de celular. Alguns desses estudos indicaram que a exposição a longo prazo a RFR (radio frequency radiation) podem causar várias desordens não-cancerígenas como dor de cabeça, fadiga, depressão, zumbido, irritação na pele, desordens hormonais e outras condições (YAKYMENKO e col., 2016).

Há vinte anos, quando os celulares e os micro-ondas começaram a tomar o mercado, foram estabelecidos diretrizes que regulam a emissão e o nível máximo de exposição que as pessoas podem receber desse tipo de radiação. Essas diretrizes foram adotadas pela ANATEL em 15 de julho de 1999, e assim como outros países, o Brasil segue o que é proposto pela ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) (ICNIRP, 1999). Essas diretrizes reconhecem, até hoje, que a radiação não-ionizante não tem energia suficiente para

produzir radicais livres nos sistemas biológicos, e que essa radiação só afeta os tecidos através de efeitos térmicos. Ao longo dos anos vários estudos foram lançados, como o publicado na Nature em 1967, vinte anos após a invenção do micro-ondas, no qual apontou que as micro-ondas causavam mudanças nos linfoblastóides de linfócitos in vitro (STODOLNIK-BARANSKA, 1967) sem causar qualquer tipo de aquecimento. Todos os estudos lançados subsequentemente parecem ter sido ignorados, ou os estudos parecem não ser suficientes até o presente dia, pois não houve atualização nas diretrizes que permeiam as radiações não-ionizantes (POCKETT, 2018).

As ondas emitidas pelos átomos são classificadas como ionizantes e não-ionizantes. Radiações ionizantes, em sua classificação atual, tem energia suficiente para empurrar elétrons em qualquer direção nas camadas de valência dos átomos. Quando um composto perde elétrons, ele se torna altamente reativo, de vida curta e instável por possuir o potencial de prejudicar outros compostos roubando elétrons para que volte a ser estável, esse tipo de molécula é conhecido como radical livre (CNSC, 2012).

Os radicais livres são potenciais carcinogênicos e estão ligados a diversos mecanismos fisiopatológicos. Para combater esses processos oxidativos, possuímos sistemas antioxidantes que naturalmente neutralizam radicais livres, um desequilíbrio entre esse sistema de neutralização e o de geração de radicais livres pode desencadear diversos tipos de doenças; hoje em dia, é difícil não atribuir um estado patológico a uma gama de agentes oxidantes (GHEZZI, 2017). Entre as radiações ionizantes estão os raios gama, raios-x e luz ultravioleta. Já as radiações não-ionizantes são caracterizadas, nas classificações atuais, como ondas sem potencial energético para ionizar moléculas, ou seja, expulsar elétrons da camada de valência dos átomos. Essa radiação é atualmente conhecida por somente afetar os tecidos biológicos através do aquecimento. Entre as radiações não-ionizantes estão o espectro de luz visível, os raios infravermelhos, as micro-ondas e as ondas de rádio e TV (CNSC, 2012).

Durante a evolução dos organismos, os reinos Archaea e Bacteria desenvolveram diferentes estratégias para se recuperarem de danos causados por radiações ionizantes. É genericamente aceito que o reino Archaea compartilha muitas similaridades em seus processos de sinalização com Eukarya, e esses organismos podem ser usadas como modelos simples experimentais de organismos muito mais complexos como os da Eukarya. Quando investigados os processos de radioresistência, Bacteria e Archaea compartilham várias estratégias em comum, como a limitação de ROS e a limpeza de radicais livres, eficiência na recuperação de DNA danificado, entre outros. As proteínas envolvidas na radioresistência não

são as mesmas em Bacteria e Archaea, mais trabalhos são necessários para que se compreenda os mecanismos de resistência nos diferentes reinos (CONFALONIERI, 2011).

A sobrevivência de micro-organismos varia em diferentes substratos, o plástico, por exemplo, pode favorecer a permanência de bactérias e fungos por dias ou até semanas, o que aumentam a chance de colonização de outros hospedeiros (ALVES et al., 2014). Mas até hoje não foram descritos se há impactos ou qualquer tipo de interferência das diferentes radiações nos microrganismos que são transferidos das mãos dos usuários e colonizam os celulares, mouses, teclados, entre outros.

Uma das primeiras determinações no uso de telefones móveis para estabelecer melhores comunicações foi feita na Europa em 1982. Hoje os celulares se tornaram uma ferramenta essencial na vida social e profissional. Apesar da possibilidade de guardar na bolsa ou bolsos, os celulares são, na maioria das vezes, mantidos nas mãos e em contato com as orelhas. Eles são usados diariamente e em todos os lugares, nas mesas de refeição, na cozinha, restaurantes, clubes, hospitais. Esses fatores, somados ao calor gerado, resultam em crescimento significativo de bactérias (DARVISHI, 2017).

Diante do exposto, esse trabalho tem como objetivo investigar o potencial impacto no crescimento de microrganismos em contato direto com radiação não-ionizante e explorar os possíveis efeitos da radiação na saúde humana.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

A coleta foi realizada no Hospital Universitário de Brasília, nos setores do centro cirúrgico, clínica cirúrgica e UTI, onde existem relatos de bactérias multirresistentes. Para padronizar as amostras foram colhidos *swabs* de celulares das pessoas que trabalham no local, e dos mouses dos computadores usados para evolução de pacientes, assim esperou-se obter uma amostra parecida de microrganismos em todas as coletas.

Para coletar as amostras foram utilizados *swabs* estéreis descartáveis (Figura 1). No momento da coleta, a embalagem de todos os *swabs* foram abertas de forma cuidadosa para que não se contaminasse as pontas, e a própria embalagem pudesse ser usada para o transporte da amostra. A ponta do *swab* foi umidificada utilizando entre 2 e 4 gotas de água destilada estéril, que, logo em sequência, foi esfregada na superfície do objeto alvo, utilizando-se de uma área de 8 cm<sup>2</sup>, em movimentos circulatorios e sob pressão constante. A área de 8cm<sup>2</sup> foi padronizada por atender boa parte dos mouses coletados, e a fim de sistematizar a área de coleta foi mantido para todos os celulares e capinhas.



Figura 1: Materiais necessários para coleta: água destilada estéril, objeto a ser analisado e *swab* estéril.

Foram escolhidos três tratamentos para análise de dados, cada tratamento teve um total de 60 amostras, resultando em um número amostral de 180. O primeiro foi a parte anterior do celular, escolhido para o tratamento com os maiores níveis de radiação. Somente amostras de superfície lisa, de vidro ou silicone e sem apresentar fissuras ou rachaduras foram coletadas. Os celulares com capinhas quebradas ou de bordas irregulares tanto na parte anterior como posterior foram recusados para a análise.

O segundo tratamento foi a parte posterior dos mesmos celulares, para analisar o grau de proteção que as capinhas oferecem aos microrganismos. As amostras apresentaram ser de material plástico, borracha ou couro e de superfícies lisas. O terceiro tratamento foi o de mouses de computadores, o tratamento controle, pois é o que recebe menores taxas de radiação entre os tratamentos. Os *swabs* foram friccionados na parte anterior esquerda, onde a maior parte dos cliques são realizados durante o uso do computador, e no botão direito, quando a área do botão esquerdo não atendia os requisitos mínimos de área.

Depois do esfregão, as amostras foram cuidadosamente colocadas de volta na própria embalagem e seguiram para o laboratório para inoculação em meio de cultura líquido BHI (Brain and Heart Infusion), em no máximo 4 horas. Todos os materiais necessários para coleta de uma amostra estão apresentados na figura 1.



Figura 2: Tubos de ensaio com tampa contendo 7 ml de meio líquido BHI.

Para Inocular as amostras, foram preparados tubos de ensaio com 7 ml de meio BHI líquido esterilizados (Figura 2). O caldo BHI é uma infusão de cérebro e coração, pepsina e dextrose (KASVI). A pectina e a infusão são fontes de nitrogênio, carbono e vitaminas, e a dextrose é um carboidrato que os micro-organismos utilizam para fermentação.

Cada amostra foi cuidadosamente retirada da embalagem, agitada dentro de um dos tubos de ensaio com o meio líquido por 5 segundos. O *swab* foi descartado e o tubo foi identificado com o número da amostra e armazenado em estante até que pudesse seguir para a estufa. Após esse processo, todas as amostras coletadas no dia foram encaminhadas para a estufa por 24 horas à 37°C.

Após a incubação por 24 horas, as amostras foram visualmente analisadas e todos os resultados foram incluídos em uma tabela indicando o nome da amostra e se houve crescimento ou não do inóculo.

Com os resultados obtidos, e os dados então seguiram para análise estatística no programa R (Versão 1.0.153) onde o teste de qui-quadrado analisou a independência das amostras e as chances de os resultados acontecerem ao acaso.

### 3. RESULTADOS

Após as 24 horas de estufa, as amostras seguiram para a bancada para análise visual de turbidez. As amostras que não apresentaram qualquer alteração do estado inicial foram anotadas “como crescimento e “sem crescimento” e as amostras que apresentaram turgidez e colônias visíveis, mesmo que em pouca quantidade no fundo do tubo, foram anotadas como “com crescimento” (Figura 3).

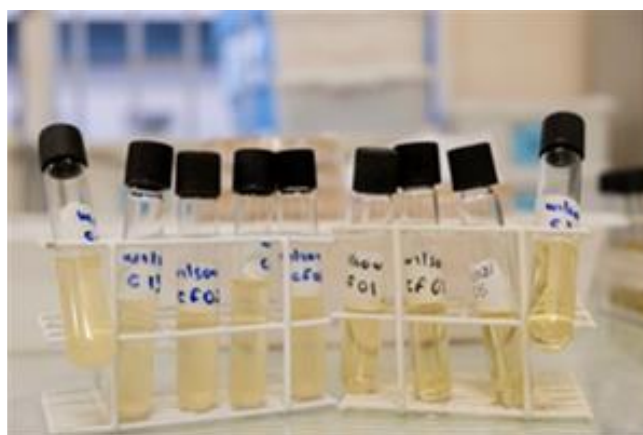
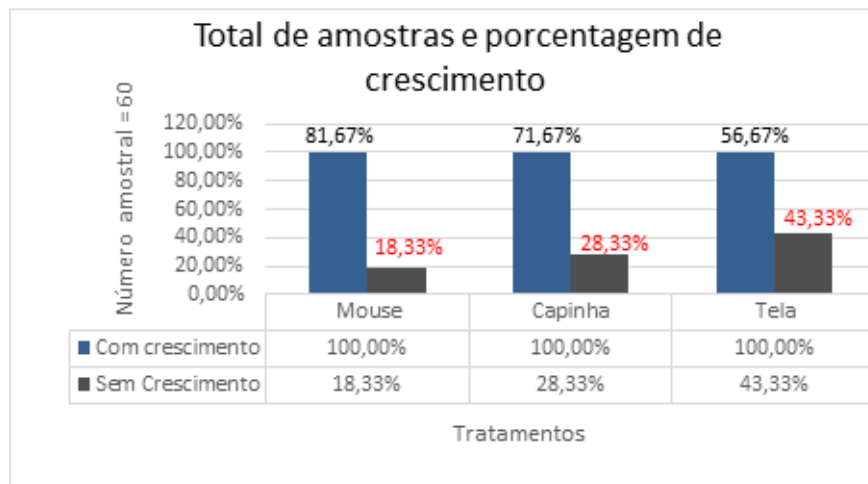


Figura 3: Exemplo de amostras que apresentaram crescimento (à esquerda) e amostras que não apresentaram crescimento (à direita).



A figura 4: mostra o total de amostras de cada tratamento e a porcentagem de amostras que não cresceram durante o tempo de incubação de 24 horas.

Figura 4: Porcentagem de amostras que cresceram e não cresceram em meio líquido BHI. Número de amostras por tratamento = 60, total de amostras 180.

O teste qui-quadrado, realizado no software R (Versão 1.0.153), indicou uma relação entre as diferenças das amostras para um  $p < 0.001$ . Este teste é usado para determinar se existe uma diferença significativa entre as frequências esperadas e as frequências observadas. Neste caso rejeitamos a hipótese nula onde as amostras são independentes, logo existe relação uma relação entre as amostras indicando que as radiações não-ionizantes apresentam algum efeito no crescimento de microrganismos.

#### 4. DISCUSSÃO

Em razão dos resultados obtidos, é possível levantar algumas hipóteses para que nenhuma bactéria, em 43% das amostras, tenha tido êxito em multiplicar-se dentro de ambiente de temperatura favorável e rico em recursos. Pode parecer paradoxo, mas as ondas não-ionizantes, estimulam significativamente a ativação de radicais livres e a produção de espécies reativas de oxigênio (ROS) em células vivas, as relações de exposição e frequência estão diretamente relacionadas a esses impactos; exposições crônicas e constantes já demonstraram ter menores impactos quando comparadas a exposições irregulares e de curto prazo (CZERSKA et al., 1992), ou seja, é mais danoso estar exposto a radiação quando ela é transmitida de forma variável, como no caso dos celulares que mudam a intensidade da frequência de onda durante uma chamada telefônica. Em 2016, um estudo avaliou mais de 100

experimentos relacionados ao estresse oxidativo em células vivas *in-vitro* causado por radiação. Destes 100 estudos, 93% demonstraram efeitos oxidativos induzidos por exposição à radiação de rádio frequência, ao passo que apenas 7% não demonstraram resultados significativos (YAKYMENKO e col., 2016).

Um estudo realizado no Iran, em fevereiro de 2016, coletou amostras de 25 funcionários aleatórias e constatou que em 65,3% das amostras apresentaram estar infectadas com alguma das bactérias analisadas, a conclusão foi que os celulares agem potencialmente como transportadores de infecções bacterianas, e que o nível de infecção é significativamente maior em celulares que pertencem a homens em comparação com o das mulheres (DARVISH, 2017).

Os efeitos de RFR de baixas frequências são diversos em células vivas, elas podem mudar a conformação proteica, alterar o citoesqueleto, intensificar a produção de ROS, e todas essas alterações podem estar diretamente ou indiretamente relacionadas com os resultados obtidos. A oxidase NADH (Nicotinamide adenine dinucleotide) de membranas celulares foi sugerida como mediador primário na interação de RFR com células vivas, usando membranas purificadas de células de HeLa (Célula imortal derivada de câncer). Friedman e col. em 2007, relataram que a exposição de RFR 875 MHz, 200  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  durante 5 ou 10 minutos, quase que triplicou a ação de NADH. As oxidases NADH são membranas associadas a enzimas que catalisam a redução de oxigênio em radical superóxido usando o NADH como doador de elétrons (isso gera energia para a célula), formando poderosos radicais livres no processo. A habilidade de RFR na modulação do NADH, automaticamente o transforma num fator notável de perigo nos processos metabólicos (YAKYMENKO e col., 2016).

Para explicar porque as amostras de capinhas de celulares cresceram 15% menos que a tela do celular, é necessário explorar hipóteses em relação à penetração dessas radiações, pois certos tipos de capinha podem oferecer um grau de proteção para os microrganismos presentes, somado ao fato de que a criação de biofilmes na superfície de capinha é favorecido (MORAIS et al., 2010), assim o nível de penetração da radiação diminui e o nível de reprodução da colônia bacteriana intensifica-se consideravelmente. Ainda sobre exposição e penetração de tecidos, o Canadá regula um limite de radiação anual para trabalhadores e para o público em geral, esse limite é definido como 1 mSv (milisievert). Para que tenhamos padrão de escala, em 1986, no acidente de Chernobyl, mais de 130 trabalhadores e bombeiros receberam taxas de radiação entre 800 e 16000 mSv, estes sofreram com os sintomas da exposição e a verdade é que duas pessoas morreram em dentro de alguns dias e outras quase 30 morreram nos 3 meses seguintes. Os limites estabelecidos são de 1 mSv por ano para o público em geral e



50 mSv para trabalhadores, sendo que esse número é bem mais alto para trabalhadores porque efeitos agudos são conhecidos por causar mais dano que efeitos crônicos, e a dose mínima considerada para causar casos de câncer são de 100 mSv/ano (CNSC, 2012). Esse sistema não leva em consideração a intensidades de pulso, duração e taxas de repetição, tampouco o sistema SAR (Taxa de absorção específica), usado para estabelecer os limites de exposição no nosso país, que é definido como 1.6W/kg sobre 1g de tecido corporal.

As bactérias são seres procariontes, logo não possuem sistemas de membranas e estão sujeitas a menor proteção em exposição a radiações não-ionizantes e ionizantes. Estudos que exploram o dano de RFR's a tecidos biológicos mais complexos, como os eucariontes, que possuem um sistema mais complexo e organizado em tecidos, possuem um grau de proteção muito maior quando comparados as bactérias, explorar esses resultados nos dá indícios do quanto as bactérias estão sujeitas aos potenciais efeitos das radiações não-ionizantes (MADIGAN, 2003).

Em 2018, uma pesquisa realizada em Porto Alegre com modelos 3-D mostrou que a taxa de absorção varia em relação ao tamanho do corpo, onde um modelo de aproximadamente 6 anos de idade alcançou 1.6 mW/g na área em contato quase que direto com o telefone celular e se alastrando por uma superfície muito maior quando em comparação com o modelo adulto de aproximadamente 34 anos (FERNANDEZ et al., 2018). Isso sugere que a taxa de radiação é a mesma, porém a área afetada é maior pois se tratava de um crânio menor. Além das diferenças morfológicas, outras diferenças sugerem um risco maior quando crianças são expostas a radiação, entre elas estão a maior porcentagem de água, uma maior taxa de metabolismo, diferenças na espessura do crânio, sistema imunológico imaturo e diferenças dielétricas como permeabilidade e condutividade (FERNANDÉZ et al., 2015).

Se relacionarmos isso ao nível microscópico, as bactérias estão diretamente em contato com as maiores taxas permitidas para organismos complexos como o nosso, e as bactérias são organismos mais simples e mais susceptíveis. No entanto um estudo investigou o crescimento de E. coli sobre diferentes frequências de radiação, e em níveis baixos de radiação, de 0,5 GHz e 3.8 GHz, a radiação chegou a potencializar o crescimento de colônias (BISWAS et al., 2017), outro estudo utilizando de uma variedade maior de bactérias, investigou as radiações emitidas por Wi-Fi e GSM e concluiu que as bactérias reagem de formas diferentes as radiações, sendo que algumas diminuem o crescimento em algumas horas de exposição e outras aumentam, no entanto todas voltam a crescer depois de algum tempo, o que nos chama atenção para os fatores de adaptação que as bactérias possuem (TAHERI et al., 2017).

Quando uma ligação é realizada, ou o telefone celular está procurando sinal, diferentes intensidades de frequência são alcançadas para que se obtenha máximo desempenho, essas diferentes intensidades já foram comprovadas como potencialmente mais impactantes que ondas regulares ou crônicas, em 1992, Czarska analisou as diferentes transformações de linfoblastóides (células de defesa humanas), e sua maior conclusão foi que ondas irregulares agem diferentemente nos processos de transformação dessas células (CZERSKA et al., 1992), logo, mais estudos são necessário para que se chegue a um conclusão acerca da irregularidade de ondas e seus efeitos biológicos.

Entre os efeitos prejudiciais ao corpo humano, foram relatados vários efeitos no sistema reprodutor masculino, entre eles estão a diminuição na motilidade espermática, na viabilidade e morfologia, além do aumento de radicais livres. Também foram relatados vários outros sintomas em diferentes sistemas como alteração na frequência cardíaca e na pressão arterial, fadiga, dores de cabeça, problemas na secreção de melatonina (Prejudica o sono), alteração no eletroencefalograma, problemas de concentração, entre outros (HAMADA, 2010).

No que tange às amostras de mouse, pudemos verificar uma porcentagem de 18,33% de amostras sem crescimento bacteriano, 10% menos que as amostras de celular e 25% menor que as amostras de telas de celulares. Levando em consideração que parte dos mouses de computadores coletados foram num laboratório utilizado por alunos da área de saúde e que no momento da coleta alguns desses computadores podem ter sido limpos, sem necessariamente terem sido usados entre as limpezas, o resultado obtido era o esperado dentro do número amostras coletadas. As bactérias também possuem um alto grau de reprodução, se levarmos em consideração os processos de pressão de seleção, dentro de 20 anos do lançamento dos celulares, parte das bactérias residentes em nossas mãos e que residem nas superfícies de celulares, mouses, e outras superfícies similares, já tiveram bastante tempo para desenvolver alguma resistência (BISWAS et al., 2017) à esses processos que de alguma forma influenciam em sua replicação (TOMA, 2015).

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Em síntese, os estudos sobre os efeitos de radiação em sistemas biológicos são controversos, se perguntarmos para um grupo de pesquisadores eles irão dizer que os estudos não foram conclusivos em ligar radiações de radiofrequência a problemas de saúde, já outro grupo vai dizer que há impacto direto e significativo. Se há algo indiscutível é que são necessários mais estudos no campo para que cheguemos a uma conclusão mais amplamente

aceita. Um compilado de pesquisas feito pelo Dr. Henry Lai mostrou que os investimentos nas áreas de radiação tiveram influência direta nos resultados das pesquisas, onde estudos patrocinados pela indústria encontraram resultados com efeito negativo sobre sistemas biológicos em apenas 32% do total, enquanto estudos independentes achavam efeito negativo em 70% do total de estudos (LAI, 2015). É válido levar em consideração o mercado por trás das radiações não-ionizantes, e o quanto a negligência acerca de alguns estudos é importante para movimentar o mercado. No entanto estamos na era da informação, e alinhar os avanços tecnológicos com nossa segurança não é tarefa impossível.

Esses estudos, mesmo que simples, demonstraram um impacto significativo no crescimento bacteriano, o que nos leva a uma atenção maior desses impactos de radiação não-ionizante em nós mesmo e nas pessoas que nos cercam, e que a longo prazo esses impactos podem se apresentar como um grande problema social e de saúde pública.

## REFERÊNCIAS

ABDEL-RASSOUL, G. et al. Neurobehavioral effects among inhabitants around mobile phone base stations. **NeuroToxicology**, v. 28, n. 2, p. 434–440, 2007.

AGARWAL, A. Cell Phones and their Impact on Male Fertility: Fact or Fiction. **The Open Reproductive Science Journal**, v. 3, n. 1, p. 125–137, 2011.

AHMED, L. T.; MAJEED, A. D.; SALHI, S. A. The effect of mobile waves on the growth of pathogenic Fungi. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 4, n. 11, p. 838–842, 2015.

ANDERSSON, M.; SIMMONS, L. W. Sexual selection and mate choice. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 21, n. 6, p. 296–302, 2006.

ANVISA. Descrição dos Meios de Cultura Empregados nos Exames Microbiológicos. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**, v. IV, p. 1–66, 2004. Disponível em: <[http://www.anvisa.gov.br/servicosade/microbiologia/mod\\_4\\_2004.pdf](http://www.anvisa.gov.br/servicosade/microbiologia/mod_4_2004.pdf)>.

BELYAEV, I. Y. et al. Microwaves from UMTS/GSM mobile phones induce long-lasting inhibition of 53BP1/ $\gamma$ -H2AX DNARepair foci in human lymphocytes. **Bioelectromagnetics**, v. 30, n. 2, p. 129–141, 2009.

BISWAS K.; NAYEK A. K. Are Mobile Radiations Harmful for Bacteria? a Case Study. **International Journal of Advanced Research**, v. 5, n. 7, p. 1624–1629, 2017.

BUCHNER, K., & EGER, H. Changes of Clinically Important Neurotransmitters under the Influence of Modulated RF Fields—A Long-term Study under Real-life Conditions. **Umwelt-Medizin-Gesellschaft**, v. 24, n. 1, p. 44–57, 2011. Disponível em: <<http://www.avaate.org/IMG/pdf/Rimbach-Study-20112.pdf>>.

CHU, M. K. et al. Clinical features of headache associated with mobile phone use: A cross-sectional study in university students. **BMC Neurology**, v. 11, n. 1, p. 115, 2011. Disponível em: <<http://www.biomedcentral.com/1471-2377/11/115>>.

CONFALONIERI, F.; SOMMER, S. Bacterial and archaeal resistance to ionizing radiation. **Journal of Physics: Conference Series**, v. 261, n. 1, p. 1–15, 2011.

CZERSKA, E. M. et al. Effects of continuous and pulsed 2450-MHz radiation on spontaneous lymphoblastoid transformation of human lymphocytes in vitro. **Bioelectromagnetics**, v. 13, n. 4, p. 247–259, 1992.

ELLIS, F. **Introduction To Radiation Biology**. Catalogue number CC172-93/2012E-PDF ISBN 978-1-100-21572-3, 2012.

FERNÁNDEZ, C. et al. Absorption of wireless radiation in the child versus adult brain and eye from cell phone conversation or virtual reality. **Environmental Research**, v. 167, n. May, p. 694–699, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2018.05.013>>.

GHEZZI, P. et al. The oxidative stress theory of disease: levels of evidence and epistemological aspects. **British Journal of Pharmacology**, v. 174, n. 12, p. 1784–1796, 2017.

GOLDSTEIN, I.; HALPERN, B.; ROBERT, L. © 1967 Nature Publishing Group. **Nature**, p. 44–47, 1967.

HARDELL, L. et al. Use of cellular and cordless telephones and risk of testicular cancer. **International Journal of Andrology**, v. 30, n. 2, p. 115–122, 2007.

HARDELL, L. et al. Case-control study on the use of mobile and cordless phones and the risk for malignant melanoma in the head and neck region. **Pathophysiology**, v. 18, n. 4, p. 325–333, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.pathophys.2011.06.001>>.

HARDELL, L. et al. Long-term use of cellular phones and brain tumours: Increased risk associated with use for  $\geq 10$  years. **Occupational and Environmental Medicine**, v. 64, n. 9, p. 626–632, 2007.

HAYDEN, M. et al. History and physical principles of MRI To cite this version: History and physical principles of MRI. 2016.

HU J. C. **Our reliance on cellphones began 35 years ago today**. disponível em: <<https://qz.com/1422569/the-first-commercial-cell-phone-call-was-made-35-years-ago-today/>> em 09/06/2019, 10:08AM, QUARTZ, outubro, 2018.

HYLAND, G. J. Physics and biology of mobile telephony. **Lancet**, v. 356, n. 9244, p. 1833–1836, 2000.

ICNIRP. DIRETRIZES PARA LIMITAÇÃO DA EXPOSIÇÃO A CAMPOS ELÉTRICOS, MAGNÉTICOS E ELETROMAGNÉTICOS VARIÁVEIS NO TEMPO (ATÉ 300 GHz) Comissão Internacional de Proteção contra Radiações Não-. **Health Physics**, 1999.

LAI, B. H. Studies on oxidative stress effect of radiofrequency radiation. v. 2, n. 8, p. 482–487, 2015.

M., D. Studying the level of microbial infection of mobile phones among nurses working in the intensive care units of hospitals. **IIOAB Journal**, v. 8, n. 3, p. 8–12, 2017. Disponível em: <[http://www.iioab.org/articles/IIOABJ\\_8.3\\_8-12.pdf](http://www.iioab.org/articles/IIOABJ_8.3_8-12.pdf)><<http://ovidsp.ovid.com/ovidweb.cgi?T=JS&PAGE=reference&D=emed18&NEWS=N&AN=616351712>>.

MADIGAN MICHAEL, M. J. y P. J. **Biología De Los Microorganismos - Brock 10Ed.pdf**, 2004. .

MAES, V. W.; PROF, V. Von; SCHNEIDER, A. " Stress durch Strom und Strahlung ". 2013.

MORAES, M. N. et al. Mechanisms of bacterial adhesion to biomaterials. **Revista Médica de Minas Gerais**, v. 23, n. 1, p. 99–104, 2013.

ODACI, E.; BAS, O.; KAPLAN, S. Effects of prenatal exposure to a 900 MHz electromagnetic field on the dentate gyrus of rats: A stereological and histopathological study. **Brain Research**, v. 1238, p. 224–229, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.brainres.2008.08.013>>.

POCKETT S. Public health and the radio frequency radiation emitted by cellphone technology, smart meters and WiFi. **The New Zelando Medical Journal – NZMJ**, 14 December 2018, Vol 131, , disponível em:< <https://www.nzma.org.nz/journal/read-the-journal/all-issues/2010-2019/2018/vol-131-no-148714-december-2018/7777>>.

RStudio Team (2015). **RStudio: Integrated Development for R. RStudio (Versão 1.0.153 – © 2009-2017)**. RStudio, Inc., Inc. Boston, MA URL, disponível em: <<http://www.rstudio.com/>>.

SADETZKI, S. et al. Cellular phone use and risk of benign and malignant parotid gland tumors - A nationwide case-control study. **American Journal of Epidemiology**, v. 167, n. 4, p. 457–467, 2008.

SATO, Y. et al. A case-case study of mobile phone use and acoustic neuroma risk in Japan. **Bioelectromagnetics**, v. 32, n. 2, p. 85–93, 2011.

SEIFRIED, H. E. et al. A review of the interaction among dietary antioxidants and reactive oxygen species. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 18, n. 9, p. 567–579, 2007.

TAHERI, M. et al. Evaluation of the effect of radiofrequency radiation emitted from Wi-Fi router and mobile phone simulator on the antibacterial susceptibility of pathogenic bacteria *listeria monocytogenes* and *Escherichia coli*. **Dose-Response**, v. 15, n. 1, p. 1–8, 2017.

TOMA, A.; DEYNO, S. Overview on Mechanisms of Antibacterial Resistance. **International Journal of Research in Pharmacy and Biosciences**, v. 2, n. 1, p. 27–36, 2015.

YAKYMENKO, I. et al. Oxidative mechanisms of biological activity of low-intensity radiofrequency radiation. **Electromagnetic Biology and Medicine**, v. 35, n. 2, p. 186–202, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3109/15368378.2015.1043557>>.