

Análise de RNI para Pontos de Acesso Wi-Fi em Operação Doméstica

Júlia da L. A. Silva, Fernanda E. S. Galdino, Gutemberg Soares da Silva, Fred Sizenando Rossiter Pinheiro, Marcio E. C. Rodrigues, Vicente A. de Sousa Jr., Halysson B. Mendonça, Ricardo Q. de F. H. Silva, Vitor F. C. de Carvalho, Lucas I. C. Medeiros e João V. L. da Silva

Abstract— Devido ao menor custo do acesso à Internet em banda larga, há um crescimento substancial na implantação de redes baseadas no padrão IEEE 802.11, e sua expressiva inserção em ambientes domésticos e trabalhistas. A proximidade desses sistemas com a população em geral tem levantado questões sobre os riscos de exposição à chamada radiação não ionizante (RNI), uma vez que os equipamentos de rede são emissores de campos eletromagnéticos de radiofrequência na faixa de micro-ondas. Este trabalho tem como objetivo apresentar e discutir medições de intensidade do campo elétrico gerado por dispositivos de rede sem fio em ambientes residenciais. As frequências ISM 2,4 GHz e 5 GHz utilizadas em sistemas Wi-Fi são o foco desta investigação. As medições foram realizadas e analisadas de acordo com a Lei nº 458 (janeiro de 2019) da Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) e com a Lei nº 11.934 (maio de 2009). As medições de campo elétrico (EF em V/m) são comparadas com os limites de exposição para o público em geral, conforme estabelecido pela legislação brasileira. A maior medição para o valor de pico da EF foi de 7,16 V/m, correspondendo a um percentual de 11,74% do limite da ANATEL.

Index Terms— Medição de radiação não ionizante, campo eletromagnético de radiofrequência, Wi-Fi, banda ISM, RNI.

I. INTRODUÇÃO

NA sociedade contemporânea, o setor de telecomunicações é visto como estratégico, pois permite a comunicação cada vez mais rápida entre os diversos segmentos da sociedade com fins corporativos ou de lazer. A chegada de novos sistemas e a proximidade dos dispositivos móveis dos seres humanos, vêm levantando diversos questionamentos sobre os riscos da exposição às Radiações Não Ionizantes (RNI) [1-2].

O conceito de radiação está relacionado a um fenômeno físico em que ocorre o transporte de energia por meio da propagação de ondas eletromagnéticas ou partículas. Essa radiação eletromagnética pode ser caracterizada por seu comprimento de onda ou pela frequência, de forma a determinar o tipo de radiação emitida, que pode ser do tipo ionizante e não ionizante, conforme região do espectro eletromagnético [2].

As RNI envolvem frequências inferiores a 3.10^{15} Hz e não possuem energia suficiente para ionizar a matéria, ou seja, têm energia equivalente de um fóton inferior a 12 eV (doze elétron-Volts) [3].

O autor Halysson Mendonça é da Agência Nacional de Telecomunicações, ANATEL, Brasil (e-mail: halysson@anatel.gov.br). Os demais autores são da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal, RN, Brasil (e-mails: {fernanda.galdino.075, julia.andrade.097}@ufrn.edu.br, {gutemberg.soares, fred.rossiter, marcio.r.rodriques, vicente.sousa}@ufrn.br, {ricardo.queiroz.105, vitor.fassanaro.089, lucas.medeiros.114, vinicius.lira.116}@ufrn.edu.br). Este trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, Brasil (CAPES), Código de Financiamento 001. Os autores gostariam de agradecer a ANATEL pela cooperação técnico-científica, em especial a unidade operacional de Natal, RN, Brasil.

A Organização Mundial da Saúde (OMS) e a *International Agency for Research on Cancer* (IARC, Agência Internacional de Pesquisa sobre Câncer) incentivam pesquisas para averiguar os possíveis danos à saúde devido a essa exposição [4]. Outras entidades, como a *International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection* (ICNIRP, Comissão Internacional de Proteção Contra Radiação Não-Ionizante) e agências governamentais locais como a ANATEL, determinaram um conjunto de diretrizes para limitar a exposição humana a campos eletromagnéticos em frequências de até 300 GHz. Os limites determinados por essas agências reguladoras compreendem limites ocupacionais, mais flexíveis, e limites mais restritos para o público em geral. Os riscos devem ser restritos e monitorados de modo permanente, devendo a sociedade se proteger dos mesmos, assim como adotar padrões de precaução e segurança.

O estudo aqui apresentado visa a análise dos níveis de RNI em ambientes residenciais fruto da emissão de pontos de acesso Wi-Fi por meio de medições do campo elétrico, seguindo os procedimentos técnicos determinados no ato nº 458/2019 da ANATEL [4] e as determinações da Lei nº 11.934/2009 [5].

Este artigo está organizado da seguinte forma: a Seção II apresenta uma revisão bibliográfica de trabalhos relacionados à investigação proposta e um referencial teórico, incluindo menções aos principais pontos da legislação brasileira referentes à RNI; a Seção III apresenta os equipamentos de medição, o método e o procedimento de medição empregados no estudo; a Seção IV mostra e discute os resultados obtidos nas medições e a Seção V aborda as principais conclusões do trabalho.

II. LEGISLAÇÃO E TRABALHOS RELACIONADOS

O expressivo desenvolvimento das telecomunicações e a proliferação nos últimos anos de dispositivos eletrônicos aumentaram consideravelmente as fontes artificiais de radiações eletromagnéticas. A absorção e a reflexão de uma onda eletromagnética por um corpo dependem, entre outros fatores, de suas dimensões e do comprimento de onda da radiação. Com relação a este último, sabe-se que, para uma mesma densidade de potência, quanto maior o comprimento de onda da radiação incidente, maior sua profundidade de penetração no tecido biológico [6]. No corpo humano, cada tipo de tecido biológico apresenta diferentes níveis de absorção de energia eletromagnética. Mediante esse fato, criou-se o conceito de Taxa de Absorção Específica (SAR, *Specific Absorption Rate*).

A SAR [7] é uma medida para absorção de energia por tecidos do corpo. É definida como a quantidade de energia absorvida de uma onda eletromagnética por unidade de

massa, geralmente medida em W/kg. Essa taxa norteia os limites máximos de exposição à radiação pelo corpo humano a fim de prevenir os efeitos nocivos à saúde humana. Assim, foram delimitadas algumas taxas mensuráveis no interior do organismo com base na região do corpo. Além disso, exposições foram categorizadas em ambientes públicos e ambiente de trabalho. O Ato 458/2019 [4], expedido pela ANATEL, apresenta as restrições básicas para limitação da exposição humana a Campos Elétricos, Magnéticos e Eletromagnéticos na faixa de radiofrequências (CEMRF), para radiofrequências entre 100 kHz e 10 GHz. Os limites referentes à SAR são ilustrados na Tabela I.

TABELA I
RESTRIÇÕES BÁSICAS PARA EXPOSIÇÃO A CEMRF (NA FAIXA DE
RADIOFREQUÊNCIAS ENTRE 100 KHZ E 10 GHZ).

Faixa de Frequência	SAR média corpo inteiro (W / kg)	SAR cabeça e tronco (W / kg)	SAR nos membros (W / kg)
100 kHz a 10 MHz	0,08	2	4
10 MHz a 10 GHz	0,08	2	4

Fonte: Ato nº 458/2019 [4].

A. Legislação Brasileira

A legislação brasileira relacionada à exposição à radiação não-ionizante compreende a Lei Nº 11.934/2009 [4], a Resolução Nº 700/2018 e o Ato Nº 458/2019 [5]. Estes documentos dispõem e apresentam os limites à exposição humana a campos eletromagnéticos provenientes de estações transmissoras de radiocomunicação, de terminais de usuário e de sistemas de energia elétrica, nas faixas de frequências de 8,3 kHz até 300 GHz.

Adicionalmente, o Ato Nº 458 visa nortear os procedimentos de medições de campo elétrico e magnético a fim de auxiliar na obtenção dos parâmetros necessários para avaliação da exposição à RNI. Os limites estabelecidos pela norma brasileira são baseados nos limites de exposição da ICNIRP.

Em todos os textos legais, há o disciplinamento dos limites para a população em geral e ocupacional. Conforme dispõe a Resolução Nº 700/2018, a exposição da população em geral (ou exposição não controlada) é a "situação na qual a população em geral é exposta a CEMRF ou situação na qual pessoas são expostas em consequência de seu trabalho, porém sem estarem cientes da exposição ou sem possibilidade de adotar medidas preventivas, excluindo-se a exposição durante procedimentos médicos"; por outro lado, a exposição ocupacional (ou exposição controlada) denomina a "situação em que pessoas são expostas a CEMRF em consequência de seu trabalho e estão cientes do potencial de exposição, podendo exercer controle sobre sua permanência no local ou tomar medidas preventivas". A Tabela II apresenta os limites de exposição para a população em geral.

As diretrizes técnicas contidas nos referidos documentos guiaram os processos de medição a fim de obter a intensidade do campo elétrico (V/m) para análises da exposição da população em geral.

TABELA II
LIMITES DE EXPOSIÇÃO PARA POPULAÇÃO EM GERAL (VALORES EFICAZES
NÃO PERTURBADOS).

Faixa de Frequência	Intensidade de Campo E (V / m)	Densidade de potência da onda plana equivalente Seq (W / m ²)
8,3 kHz a 150 kHz	83	-
0,150 MHz a 1 MHz	83	-
1 MHz a 10 MHz	87/ f ^{1/2}	-
10 MHz a 400 MHz	28	2
400 MHz a 2000 MHz	1,375 f ^{1/2}	f/200
2 GHz a 300 GHz	61	10

Fonte: Adaptado do Ato nº 458/2019 [6].

Assim, o estudo aqui apresentado seguiu as seguintes recomendações: (i) garantiu uma média temporal de 6 minutos para cada medição; (ii) identificou um ponto de máxima exposição humana a CEMRF; (iii) estabeleceu uma distância, de pessoas e objetos, de no mínimo 2 metros do equipamento durante a medição; e (iv) não utilizou dispositivos portáteis de telecomunicações para não prejudicar a aferição.

B. Trabalhos Correlacionados

A revisão bibliográfica desse trabalho adotou procedimentos semelhantes aos apresentados em [8] e contemplou uma pesquisa utilizando o Scopus, Web of Science (WOS) e o Oasisbr (portal Brasileiro de publicações científicas com acesso aberto). Foram utilizadas as palavras-chave: "Non- ionizing" AND "Radiation"; "Non- ionizing" AND "Radiation" AND "Wi-Fi". Para o portal Oasisbr foi utilizado o termo "radiação não ionizante".

Nessa prospecção, foram considerados os estudos publicados a partir de 2005 até 2022, cujo idioma é o Inglês ou Português. A pesquisa relacionada aos termos "Non-ionizing" AND "Radiation" foi realizada no título, a fim de garantir que os estudos estão relacionados à RNI. Os demais agrupamentos foram construídos com base no título, resumo e palavras-chave. Sendo assim, na pesquisa por títulos foram encontrados 227 artigos na base Scopus e 113 artigos na base WOS. Em relação ao portal Oasisbr, foram encontrados 30 trabalhos relacionados.

Os resultados dessa primeira busca mostram, em sua maioria, que os estudos focam na análise de campos eletromagnéticos para baixas frequências (50 a 60 Hz), presentes em ambiente residencial e em sistemas elétricos (subestações) [9-10]. Além disso, diversas publicações discutem sobre análise e medições referentes à RNI, sobretudo em relação às Estações Rádio Base (ERBs) [11-13].

Dentre os estudos verificados, os resultados da pesquisa com o termo "Non- ionizing" AND "Radiation" AND "Wi-Fi" estão mais alinhados com o objeto de estudo desse trabalho. Entre as publicações fruto da pesquisa, não existe um grande número de artigos relacionados às medições ou análises de RNI para frequências de operação do Wi-Fi. Um desses estudos utilizou terminais Android para realizar medições de campo elétrico em ambientes internos e externos [14]. Em outros dois trabalhos, o foco foi realizar

as medições de densidade de potência para as frequências do Wi-Fi em residências, ambientes externos, escolas e bibliotecas [15-16].

Este se soma aos demais pesquisados, contribuindo para medições em ambiente residencial, estando os pontos de acesso Wi-Fi em condição de operação doméstica com alta carga, funcionando tanto individualmente como simultaneamente nas frequências de 2,4 GHz e 5 GHz.

III. METODOLOGIA

A metodologia de medição deste trabalho foi definida para analisar os níveis de radiação não-ionizante nas frequências de 2,4 GHz e 5 GHz, em ambientes residenciais na região metropolitana de Natal, estado do Rio Grande do Norte, Brasil. Após as medições, os dados obtidos foram representados em gráficos e comparados aos limites estabelecidos no Ato N° 458/2019 [4].

A. Instrumentos de Medição

As medições foram feitas usando o equipamento Narda NBM-520, conectado à sonda NBM E-Field-Probe EF 0691 (ver Fig. 1). O equipamento é capaz de medir campo elétrico (V/m), campo magnético (A/m) e densidade de potência (W/m^2) na faixa de frequências de 100 kHz até 100 GHz. A sonda utilizada para as medições capta campo elétrico e opera na faixa de 100 kHz até 6 GHz.



Fig. 1: Narda NBM-520 e sonda NBM E-Field-Probe EF0691 [22].

Neste estudo, foram utilizados dois *smartphones* com sistema operacional Android: Samsung A03 e Motorola Moto G5 Plus. Eles possuem capacidade de conexão em 2,4 GHz e 5 GHz. Foi utilizado o aplicativo Magic iperf para estabelecer uma comunicação controlada entre os *smartphones*, por meio do ponto de acesso Wi-Fi, permitindo uma conexão com máxima taxa de transferência de dados.

B. Procedimentos de Medição

A metodologia de medição adotada por esse trabalho segue as recomendações brasileiras referentes à exposição à RNI, definidas pela lei N° 11.934/2009 [4], pela Resolução N° 700/2018 e pelo Ato N° 458/2019 [5].

Como mostrado na Tabela II, A ANATEL estabelece o limite de exposição para a população em geral, na faixa de

frequências de 2 GHz a 300 GHz, de 61 V/m para intensidade de campo elétrico (valor eficaz não perturbado). As seguintes condições de medição foram adotadas nos experimentos: (i) um ponto de medição no local de máxima exposição humana decorrente da emissão de CEMRF da estação transmissora que está sendo avaliada; e (ii) para radiofrequências entre 100 kHz e 10 GHz, deve ser garantida que a média temporal ao longo de seis minutos atenda ao limite de exposição.

Além do Narda, da sonda e dos terminais Android, um tripé de madeira foi utilizado para as medições. O *setup* de medição foi composto pelo equipamento Narda acoplado ao tripé e conectado à sonda o ponto de acesso e os 2 terminais Android. O tripé foi posicionado a 50 cm do ponto de acesso e os terminais a 2 metros do equipamento de medição, distância necessária para assegurar que não haja perturbação dos campos eletromagnéticos. A configuração do *setup* é ilustrada na Fig. 2.

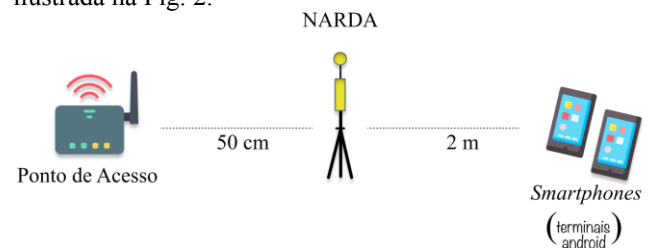


Fig. 2: Ilustração do Setup de Medição.

O processo de medição foi operacionalizado em quatro etapas, nas quais foram analisadas as seguintes situações: (i) ponto de acesso desligado; (ii) ponto de acesso em carga máxima na frequência 2,4 GHz; (iii) ponto de acesso em carga máxima na frequência 5 GHz e (iv) ponto de acesso em carga máxima em ambas as frequências, 2,4 GHz e 5 GHz. Os *smartphones* são conectados nas redes disponíveis do ponto de acesso e inicia-se o processo de medição com duração de 6 minutos, registrando os valores médio e de pico de campo elétrico. No entanto, para o equipamento desligado, foi necessário somente uma medição de 1 minuto a fim de constatar a ocorrência de contribuições de outras fontes no local.

Na Fig. 3, pode ser visto o *setup* de medição em dois ambientes residenciais diferentes.



Fig. 3: Setup de medição em diferentes ambientes residenciais.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As medições foram realizadas em 40 residências na Grande Natal, RN. Na Tabela III, é possível verificar que os valores de pico de intensidade de campo elétrico estão abaixo de 50% do limite estabelecido pela ANATEL, e que o maior valor de campo elétrico está relacionado à frequência 2,4 GHz (banda do Wi-Fi mais congestionada e com menor perda de percurso).

TABELA III
RESULTADOS DAS MEDIÇÕES.

Frequência	Valor de Pico (V/m)	Valor Mínimo (V/m)	% do Limite (pico)
2,4 GHz	7,16	0,42	11,74
5 GHz	6,90	0,64	11,31
2,4 e 5 GHz	6,39	0,51	10,47
Desligado	1,74	0,00	2,85

As primeiras figuras mostram o valor médio e de pico do campo elétrico para os pontos de acesso ligados, bem como o valor médio quando estão desligados. As Figs. 4, 5 e 6 são, respectivamente, para operação em 2,4 GHz, em 5 GHz e quando os pontos de acesso estão operando nas duas frequências simultaneamente. Verifica-se que os valores estão abaixo do limite estabelecido para todas as medições.

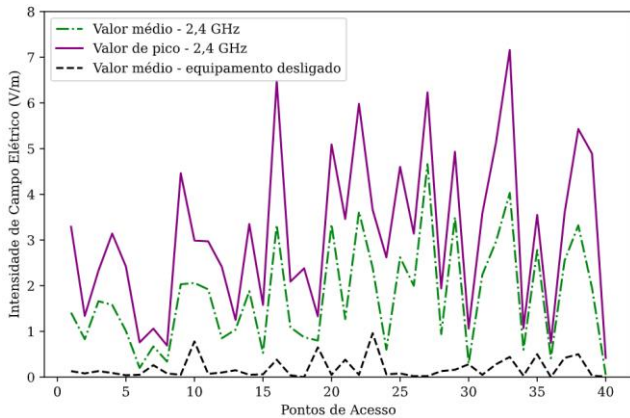


Fig. 4: Valor de pico, médio e com o ponto de acesso desligado (2,4 GHz).

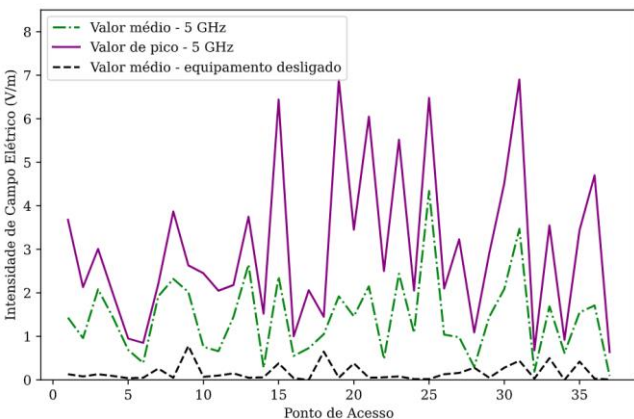


Fig. 5: Valor de pico, médio e com o ponto de acesso desligado (5 GHz).

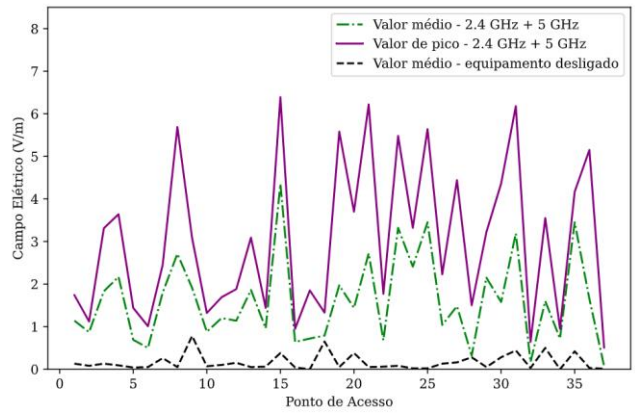


Fig. 6: Valor de pico, médio e com o ponto de acesso desligado (2,4 e 5 GHz).

Foi possível constatar também que todos os equipamentos apresentaram intensidades médias de campo elétrico abaixo 1 V/m quando o equipamento está desligado. As maiores médias registradas foram: de 0,96 V/m (desligado); 4,66 V/m (operando em 2,4 GHz); 4,34 V/m (operando em 5 GHz); e 4,35 V/m (simultaneamente em 2,4 e 5 GHz).

A Fig. 7 apresenta o valor relativo das medições quando descontado o valor de referência (ponto de acesso desligado). Verifica-se que a diferença atingiu 4,64 (em 2,4 GHz); 4,32 (em 5 GHz) e 3,97 (para operação simultânea em 2,4 e 5 GHz). Esses números evidenciam que a média da intensidade de campo elétrico aumenta quase cinco vezes devido a operação de pontos de acesso Wi-Fi, contudo, como já mencionado, ficando muito distante do limite estabelecido pela legislação.

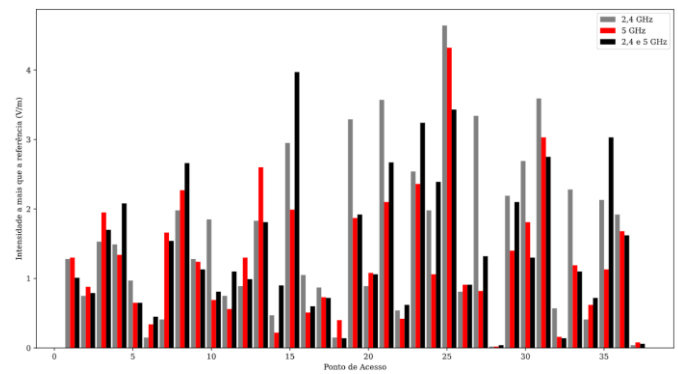


Fig. 7: Maior média do campo elétrico para pontos de acesso em relação ao nível de campo elétrico com o ponto de acesso desligado.

Nota-se que a maioria dos pontos de acesso tem fabricação recente, como pode ser verificado no gráfico de valor relativo das medições com os dados organizados por ano de fabricação dos pontos de acesso (Fig. 8). Não é possível afirmar que maiores contribuições de RNI são observadas em pontos de acesso mais antigos.

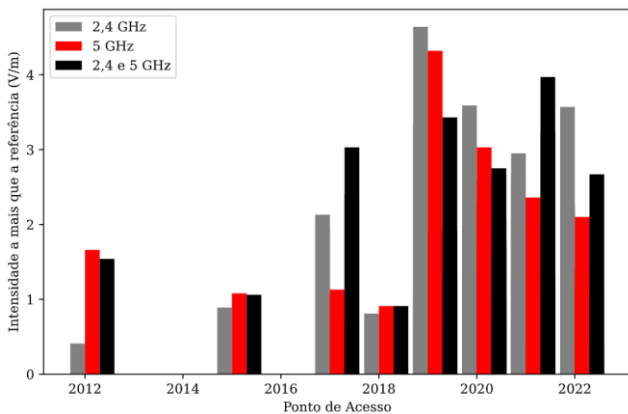


Fig. 8: Maior média do campo elétrico em relação ao nível de campo elétrico com o ponto de acesso desligado (por ano de fabricação dos pontos de acesso).

V. CONCLUSÕES

Este estudo refere-se à análise de medições de RNI provenientes de pontos de acesso Wi-Fi em operação doméstica nas frequências de 2,4 GHz e 5 GHz. As medições ocorreram em 40 residências e a metodologia adotada baseia-se nos regulamentos definidos pela ANATEL.

Foi verificado, para todas as residências, uma intensidade média de campo elétrico abaixo 1 V/m quando o ponto de acesso está desligado, demonstrando que, na distância medida, há uma emissão irrelevante de RNI de outras origens. Nota-se ainda que a média da intensidade de campo elétrico aumenta quase cinco vezes devido a operação de pontos de acesso Wi-Fi. Além disso, foi constatado que o maior valor de campo elétrico está relacionado à frequência 2,4 GHz. No entanto, são valores significativamente abaixo do limite definido pela ANATEL, correspondendo a 11,74% e a 7,64% do limite, para o pico e a média, respectivamente.

Apesar dos resultados encontrados estarem em concordância com os limites estabelecidos, há uma postura inconclusiva da comunidade científica ou Organização Mundial da Saúde (OMS) sobre as consequências da exposição à RNI. Sendo assim, a prevenção se faz necessária, especialmente em ambientes domésticos que, além dos usuários tender a permanecer muito mais próximo ao emissor por períodos prolongados, também pode haver diversas alterações no ambiente, como o acréscimo de mais pontos de acesso Wi-Fi, impactando nos níveis de exposição.

REFERÊNCIAS

- [1] CARRIJO, Gilberto. A e SILVA, Daniele O. *Análise dos Níveis de Radiação Não Ionizante no Bairro Umarama da Cidade de Uberlândia Emitidas por Fontes de Serviços de Radiodifusão*. 2019.
- [2] FIGUEIREDO, Carlos Henrique Silva et al. *Comparação de níveis de radiações de radiofrequência emitidas por antenas de Estações Rádio-Base*. *Telecomunicações*, [s. l.], v. 13, n. 01, p. 48-54, maio 2011.
- [3] NETTO, Marco L. C. *Mapa de Emissão de Radiação Não Ionizante para o Cidadão*. 2018.
- [4] BRASIL. *Ato nº 458, de 24 de janeiro de 2019. Atos de Requisitos Técnicos de Gestão do Espectro*. Brasil: Agência Nacional de Telecomunicações, [2019]. Disponível em: <https://informacoes.anatel.gov.br/legislacao/atos-de-requisitos->

- tecnicos-de-gestao-do-espectro /2019/1237-ato-458*. Acesso em: 22 nov. 2022.
- [5] BRASIL. *Lei nº 11.934, de 05 de maio de 2009. Dispõe sobre limites à exposição humana a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos; [...]*. Brasília: PR. [2009].
- [6] LARA DUCA, A. C. *Efeitos biológicos das radiações não-ionizantes e medidas de proteção*. *Engenharia (446)*: 16-9. 1984.
- [7] AMMAR, A. M.; ELLAFI, A. Y.; ZEREK, A. R. *Study of 5G Technology Effects on Public Health and Aviation Safety*. *IEEE 2nd International Maghreb Meeting of the Conference on Sciences and Techniques of Automatic Control and Computer Engineering (MI-STA)*. P.458-464. 2022. doi: 10.1109/MI-STA54861.2022.9837759.
- [8] CUNHA, M. C.; BARBOZA, K. L. O.; BORGES, L. S. G.; MARTINS, J. M. S.; GONZALES, E. G.; ANDRADE, L. P. *Brazilian art state about exposition to non-ionizing radiation and the effects in human health*. *Brazilian Journal of Development*. 2021.
- [9] SILVA, A. A. R.; SILVA, L. B.; SILVA, R. M.; DIAS, R. B. B. *Levels of non-ionizing radiation in vertical residences in João Pessoa (PB)*. *Occupational Safety and Hygiene VI - Selected contributions from the International Symposium Occupational Safety and Hygiene, SHO 2018*, p. 213-217. 2018.
- [10] SILVA, L.B.; SOUZA, E. L.; CUNHA, T. R. A. L. A. *Non-ionizing radiation levels in environments with VDT of UFPB's technology center, João Pessoa, Brazil*. *Occupational Safety and Hygiene V - Proceedings of the International Symposium on Occupational Safety and Hygiene, SHO 2017*, p. 419-422. 2017.
- [11] HAZMIN, S.N.; DIANAH, ARSN; Umar R, DAGANG, AN, KAMARUDIN; MKA, Jaafar H. *Non-ionizing radiation exposure: electric field strength measurement around selected base stations in Kuala nerus*. *J. Fundam. Appl. Sci.*, 10(1S), p. 52-65. 2018
- [12] RODRIGUES, M. E. C. PINHEIRO, F.S. R. , BRAGA A. C. A., SOUSA, P. T., GONÇALO, J.P.S. SANCHIS M. A. B. , CÂMARA A.L. S. *Measurements of non-ionizing radiation on urban environment and preliminary assessment of relative contribution among different services*. *2013 SBMO/IEEE MTT-S International Microwave & Optoelectronics Conference (IMOC), 2013*, pp. 1-4. doi: 10.1109/IMOC.2013.6646602.
- [13] DINIZ, A. B. F. SOUSA JR., V.; RODRIGUES, M.E. C.; MENDONÇA, H. B.; SILVA, G. S.; PINHEIRO, F.S.R. *Non-Ionizing Radiation Analysis in Close Proximity to Antenna Tower: A Case Study in Northeast Brazil*. *Journal of Microwaves, Optoelectronics and Electromagnetic Applications*. v. 20, n. 1, p. 126-142. 2021.
- [14] QUISPE, M. A.; ADRIANO, R.; ALVARADO, P.; SAMANIEGO, J. *Using Android Terminals for Measuring the Electric Field Strength Generated by Wi-Fi Access Points*. *IEEE Latin America Transactions*, v. 15, n. 8, p. 1407-1412, 2017. doi:10.1109/TLA.2017.7994786.
- [15] RAMIREZ-VAZQUEZ, R.; GONZALEZ-RUBIO, J.; ESCOBAR, I. RODRIGUEZ, C.D.P.; ARRIBAS, E. *Personal Exposure Assessment to Wi-Fi Radiofrequency Electromagnetic Fields in Mexican Microenvironments*. *International Journal. Environ. Res. Public Health*, v.18, n. 4, p. 1857. 2021. Acesso em: <https://doi.org/10.3390/ijerph18041857>.
- [16] RAMIREZ-VAZQUEZ, R.; ARABASI, S.; AL-TAANI, H.; SBEIH, S.; GONZALEZ-RUBIO, J.; ESCOBAR, I.; ARRIBAS, E. *Georeferencing of Personal Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Fields from Wi-Fi in a University Area*. *Journal. Environ. Res. Public Health*, v.17, n. 6, p. 1898. 2020. <<https://doi.org/10.3390/ijerph17061898>>