

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS - UFAL

CENTRO DE TECNOLOGIA - CTEC

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

RENATA ATANASOV ACIOLI

**EXPOSIÇÃO À RADIAÇÃO NÃO IONIZANTE EM AMBIENTES DE
TRABALHO OCASIONADO POR DISPOSITIVOS MÓVEIS**

Maceio

2020

RENATA ATANASOV ACIOLI

**EXPOSIÇÃO À RADIAÇÃO NÃO IONIZANTE EM AMBIENTES DE
TRABALHO OCASSIONADO POR DISPOSITIVOS MÓVEIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Colegiado do Curso de Engenharia Civil da
Universidade Federal de Alagoas como parte
dos requisitos para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Professor Me. Jobson de Araújo
Nascimento

Maceió
2020

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecário Responsável: Valter dos Santos Andrade – CRB-4-1251

A181e Acioli, Renata Atanasov.

Exposição à radiação não ionizante em ambientes de trabalho ocasionado por dispositivos móveis / Renata Atanasov Acioli. – 2021.
44 f.

Orientador: Jobson de Araújo Nascimento.

Monografia (Trabalho de conclusão de curso em Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas, Centro de Tecnologia. Maceió, 2021.

Bibliografia: f. 44.

1. Radiação não ionizante. 2. Dispositivos móveis. 3. Smartphones. 4. Ambiente de trabalho. I. Título.

CDU: 537.531

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-Limites para exposição a campos elétricos.....	15
Figura 2-SAR.....	18
Figura 3-Setup para a 1ª Etapa.....	24
Figura 4-. Tela do analisador de espectro.....	25
Figura 5-Tela do software RF Explorer For Windows.....	26
Figura 6-Setup para a 2ª Etapa.....	29
Figura 7-Setup para a 3ª Etapa.....	30
Figura 8-Medição realizada na 1ª Etapa.....	31
Figura 9-Medição realizada na 2ª Etapa.....	36
Figura 10-Medição realizada na 3ª Etapa.....	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Limites para exposição ocupacional a CEMRF na faixa de ráiofrequências entre 8,3 kHz e 300 GHz (valores eficazes não perturbados).....	13
Tabela 2- Limites para exposição da população em geral a CEMRF na faixa de rádio frequências entre 8,3 kHz e 300 GHz (valores eficazes não perturbados).....	14
Tabela 3- Propiedade dos materiais Biologicos.....	16
Tabela 4- Restrições Básicas para exposição humana a CEMRF, na faixa de radiofrequências entre 100 kHz e 10 GHz.....	18
Tabela 5-Níveis de potência de telefones celulares 3G/UMTS.....	19
Tabela6- Resultados da 1ª Etapa 3G.....	31
Tabela 7-Resultados da 1ª Etapa 4G.....	32
Tabela 8-Níveis de SARs e densidade de potência para a 1ª etapa4G.....	33
Tabela 9-Níveis de SARs e densidade de potência para a 1ª etapa3G.....	34
Tabela 10-Resultados da 2ª Etapa 3G.....	36
Tabela 11- Resultados da 2ª Etapa4G.....	37
Tabela 12-Níveis de SARs e densidade de potência para a 2ª etapa 3G.....	38
Tabela 13-Resultados Níveis de SARs e densidade de potência para a 2ª etapa 4G.....	39
Tabela 14-Resultadosna 3ª Etapa.....	41
Tabela 15-Resultadosna 3ª Etapa.....	41
Tabela 16-Níveis de SARs e densidade de potência para a 3ª etapa.....	42

SUMÁRIO

1. RESUMO.....	7
2. INTRODUÇÃO.....	8
21 Conceitos introdutórios.....	8
22 Motivação.....	9
23 Objetivo Geral	10
24 Obejetivo Especifico	10
3. REFERÊNCIALTEÓRICO.....	11
3.1Efeitos Biológicos	12
3.2Efeitos Térmicos	12
3.3 Energia da Radiação e Limites para exposição ocupacional.....	12
3.4SAR (SpecificAbsorption Rate)	15
3.54G e 5G.....	20
3.6Legislação	21
3.7 Legislação brasileira.....	22
4. METOOLOGIA.....	24
41 1ª Etapa: Ambiente fechado-Experimento: Indoor (Ambiente Fechado)	24
42 2ª Etapa: Experimento: outdoor (Ambiente aberto)	29
43 3ª Etapa: Experimento medição nas proximidades do roteador de WiFi.....	29
5. RESULTADOS E DISCURSSÕES	30
6. CONCLUSÕES.....	44

1 Resumo

Os avanços tecnológicos têm aumentado o número de equipamentos elétricos e eletrônicos, seja nas residências ou mesmo no ambiente de trabalho, fazendo com que a população conviva com grande número de fontes de irradiação eletromagnética. E simultaneamente tem crescido a preocupação com os riscos à saúde que essa exposição a irradiações continua não ionizante pode apresentar, quais os seus efeitos biológicos, levando a um questionamento se realmente a população trabalhista está segura dentro desse ambiente, onde existem diversos aparelhos eletroeletrônicos irradiando campo elétrico não ionizante praticamente o tempo todo. Um conjunto de experimentos foi proposto para que se simule e investigue possíveis cenários de trabalho, e com o auxílio de um analisador de espectro eletromagnético serão coletados níveis de potência, convertidos em valores de campo elétrico resultante irradiado em uma possível vítima e comparado com as principais normas vigentes no país, para ambientes controlados, população em geral e nível de SAR - Taxa de Absorção Específica.

Palavras-Chave: Radiação não-ionizante, SARs , níveis de exposição, efeitos, local de trabalho, smartphones.

2 INTRODUÇÃO

2.1 Conceitos introdutórios

Radiação é um processo físico de emissão e propagação de energia, que vai de um ponto a outro no espaço ou no meio material sendo a radiação ionizante aquela que produz a Ionização, e ionização é o processo por meio do qual um átomo ou uma molécula perde ou ganha elétrons para formar íons já a radiação não ionizante é menos energética além de não ter poder de penetração, age principalmente sobre a superfície onde os raios incidem.

A radiação não ionizante é uma modalidade de radiação de baixa frequência e baixa energia, também denominada de campo eletromagnético, que se propaga através de uma onda eletromagnética, constituída por um campo elétrico e um campo magnético, podendo ser provenientes de fontes naturais e não naturais. Os dois principais subtipos de campos eletromagnéticos são as ondas de rádio oriundas da rede elétrica e dos equipamentos elétricos e eletrônicos e a radiofrequência/micro-ondas: Telefones celulares e sem fio, antenas de telefonia celular instaladas nos aparelhos móveis e nas torres, radares e transmissões de rádio e TV, luz elétrica, torres de transmissão e distribuição elétrica, fiação elétrica em construções, equipamentos que emitem radiação infravermelha, redes Wi-Fi.

A exposição de seres humanos à radiação Não-Ionizante (RNI) vem crescendo, tendo em vista a expansão das suas aplicações, gerando uma preocupação motivada principalmente pelo fato que, embora sejam conhecidos os efeitos carcinogênicos devido à exposição à radiação ionizante e aos efeitos térmicos, agudos e de curta duração devido à exposição à radiação não ionizante, não existe concordância sobre os efeitos não térmicos em longo prazo gerados por radiações não ionizantes. Quanto maior a intensidade do campo magnético externo maior a circulação de corrente no interior do corpo humano. Tanto os campos elétricos como magnéticos podem, quando suficientemente intensos, produzir estimulação em nervos e músculos ou afetar outros processos biológicos. As evidências sugerem que a exposição crônica à radiação não ionizante de baixa frequência e fontes de campos eletromagnéticos de frequência extremamente baixa pode aumentar o risco de câncer em crianças e adultos (INCA). Nelas estão incluídos os campos magnéticos estacionários, campos de frequência extremamente baixa, radiofrequências (micro-ondas), infravermelho, ultravioleta, radiação visível e campos acústicos como o ultrassom e o infrassom (Dode, 2010).

As restrições básicas para as radiações emitidas pelos aparelhos celulares e estações de rádio base (antenas) são estabelecidas de acordo com a densidade de potência (S) e a taxa de

absorção específica (SAR). A ANATEL, Resolução nº 700, de 28 de setembro de 2018, estabelece normas aceitáveis em relação aos níveis de radiação para trabalhadores na área, ou seja, pessoas que estão em contato constantemente com fontes de radiação e o público em geral. Recomenda-se para trabalhador da área um SAR médio de 0,4 W/kg, e para a população em geral, 0,08 W/kg. Esses dados são uma média para exposição do corpo todo. Em relação à exposição parcial do organismo, a ICNIRP e a ANATEL definem outros valores para o SAR. Para a população geral, foi proposto um SAR de 2 W/kg para a cabeça e 4 W/kg para a mão que segura o aparelho de celular. Os valores correspondentes para trabalhadores na área são 10 W/kg para a cabeça e 20 W/kg para a mão. É importante salientar que esses números foram estabelecidos para adultos saudáveis. Crianças, idosos e pessoas doentes devem ser expostos a doses menores de radiações.

O objetivo principal do trabalho é avaliar ambientes de trabalho com características atuais e comuns, os níveis de radiação não ionizante em situações convencionais. Uma vez que uma série de enfermidades que podem estar atreladas a exposição de radiação não ionizante podem estar afetando à saúde do trabalhador, e a médio e longo prazo causar efeitos que podem ser muito danosos na saúde das pessoas que estão sendo expostas de forma intencional e/ou não intencional a esses níveis de radiação não ionizante. Através da utilização de um analisador de espectro convencional e do tratamento de dados, pretende-se averiguar os níveis de campo elétrico e os comparar com as normas vigentes, para que caso haja não conformidades, tomar soluções que sejam viáveis nos locais de trabalho.

22 Motivação

A exposição humana à Radiação Não-Ionizante (RNI) vem crescendo, tendo em vista a expansão das suas aplicações, sendo a telefonia celular e as tecnologias de comunicação sem fio os maiores exemplos disso. Os trabalhadores correm risco dentro de um ambiente de trabalho sejam abertos ou fechados, devido à utilização disseminada de diversidade de aparelhos eletroeletrônicos (tablets, smartphones, celulares convencionais, notebooks, dentre outros) dividindo um curto espaço e muito próximos um dos outros.

A caracterização dos níveis de exposição dos campos eletromagnéticos, nas faixas de telefonia celular, e a sua comparação com os limites constantes das diretrizes em vigor, para ambientes não controlados, é de extrema importância no aprofundamento dos estudos laboratoriais e epidemiológicos, em relação aos efeitos biológicos de longa duração no ambiente de trabalho.

Essa exposição aos campos não ionizantes não são um fenômeno recente, embora a

exposição não natural tenha aumentado em função das demandas por eletricidade, aprimoramento tecnológico e mudanças no comportamento social. Quanto maior a intensidade do campo magnético externo maior a circulação de corrente no interior do corpo humano. Tanto os campos elétricos como magnéticos podem, quando suficientemente intensos, produzir estimulação em nervos e músculos ou afetar outros processos biológicos. A busca pelo seu impacto e se algumas medidas corretivas deverão ser tomadas pelos gestores e os próprios trabalhadores, ambos os usuários dos dispositivos móveis é o que motiva a realização desse trabalho.

23 Objetivo geral

O principal objetivo desta pesquisa é fornecer dados para avaliações de risco de exposição eletromagnética, particularmente em situações cotidianas em uso de massa do telefone celular.

Analisar o nível de campo eletromagnético, densidade de potência e SAR's emitido pelos principais dispositivos móveis, particularmente em situações cotidianas de uso de massa do telefone celular dentro de um ambiente de trabalho e quantificar seus efeitos na saúde humana.

24 Objetivos específicos

- Avaliar exposições cotidianas de radiações não ionizantes, dos equipamentos de propagação na faixa de frequência de ocupação de serviço de comunicação multimídia em ambientes de trabalho fechados e abertos, pela utilização de dispositivos móveis, através de experimentos práticos;
- Analisar os níveis de campo eletromagnético em ambientes de trabalho fechados e abertos, pela utilização de dispositivos móveis, através de experimentos práticos;
- Esclarecer as recomendações dos órgãos regulamentadores vigentes;
- Caso sejam observáveis níveis em não conformidade, propor soluções para evitar danos à saúde dos trabalhadores.

3 REFERÊNCIAL TEÓRICO

A radiação do tipo eletromagnética, oriunda das Estações Radio base, é uma forma de radiação não ionizante que se propaga com a combinação de campos elétricos e magnéticos, viajando no vácuo ou no ar, na mesma velocidade que a luz. Os campos elétricos (E) e magnéticos (H) variam de intensidade tanto no espaço quanto no tempo. O perigo de ocorrerem exposições despercebidas a essas radiações reside no fato de que nosso organismo não possui mecanismo sensorial que permita detectá-las. Portanto, se não há percepção das radiações por parte do trabalhador, da comunidade e dos seres vivos, estes não poderão, naturalmente, evitá-las. Para estabelecer os respectivos limites de exposição humana a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos, na faixa de 8,3 kHz a 300 GHz, a ANATEL (Agência Nacional de Telecomunicação) adotou para exposição do público em geral e para exposição ocupacional os mesmos níveis de exposição adotados pela ICNIRP (Comissão Internacional sobre Proteção à Radiação Não Ionizante), e esta, para traçar suas diretrizes baseou-se exclusivamente em efeitos térmicos na saúde, de caráter imediato, em curto prazo, e não em longo prazo.

Telefones celulares emitem radiofrequência na faixa de micro-ondas, cujos efeitos biológicos podem ser térmicos (aquecimento dos tecidos) ou não térmicos (estresse oxidativo e mudanças na conformação da cromatina).

Sistemas de telecomunicações emitem radiofrequência (RF), uma radiação eletromagnética invisível, não ionizante, que inclui as micro-ondas (frequências de 300 MHz a 300 GHz). No Brasil, há celulares de tecnologia digital no sistema GSM com micro-ondas de 900 ou 1.800MHz, os quais podem operar também com tecnologia UMTS em 1.750 ou 1.950 MHz a rede de terceira geração (3G) em 1.900 e 2.100MHz e 700 MHz, utilizadas para 4G para acesso móvel à Internet. Os CEM são analisados segundo a intensidade do campo elétrico (E), expressa em V/m, e a intensidade do campo magnético (H), expressa em A/m ou teslas (T). O principal parâmetro para avaliar os efeitos nos organismos vivos é dose de energia dissipada, chamada taxa de absorção específica (specificabsorption rate – SAR), expressa em energia (W) por massa de tecido (kg). Os limites da Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel) para exposição humana aos CEM baseiam-se nas 432 Rev Paul Pediatr 2011; 29(3):430-6.

O Impacto do uso do telefone celular na saúde de crianças e adolescentes normas de segurança da Comissão Internacional de Proteção contra Radiação Não Ionizante (International Commission on Non Ionizing Radiation Protection – ICNIRP), restringindo a exposição da população geral à SAR de 2W/kg na cabeça e tórax (8).

O efeito causado pela radiação eletromagnética na matéria é resultado da transferência de energia desta radiação para o material afetado. Tais efeitos podem ser térmicos, se ocasionarem o aquecimento do material, ou não térmicos, caso a interação do campo com o material não libere quantidade significativa de calor. Entre os fatores responsáveis pela absorção estão: constante dielétrica, condutividade, geometria e conteúdo de água existente no referido corpo. No caso do corpo humano a composição do tecido é tal que diferentes faixas de frequência correspondem a diferentes taxas de condutividade e de constante dielétrica.

3.1 Efeitos Biológicos

Os efeitos biológicos dos campos eletromagnéticos dividem-se em térmicos e não térmicos e variam de acordo com a frequência dos campos. O principal efeito das microondas, por exemplo, é a dissipação de energia nos tecidos sob a forma de calor. Cada tecido vivo apresenta uma composição peculiar de água, íons e moléculas orgânicas o que determina suas propriedades dielétricas: permissividade (a qual descreve como um campo elétrico afeta um material) e condutividade (o quanto um material conduz ou não a energia elétrica). A pele, os músculos, os rins e o fígado, ricos em água, são bons condutores das correntes elétricas na faixa de RF, enquanto os tecidos ósseo e adiposo são maus condutores.

3.2 Efeitos Térmicos

O corpo humano absorve mais facilmente a energia da radiação acima de 100 kHz, frequência na qual a eletroestimulação passa a provocar sensação térmica. Em frequências acima de 100 MHz, o atrito entre moléculas de água provoca aquecimento dos tecidos. Efeitos térmicos são desejáveis nos procedimentos cirúrgicos com bisturi de RF, para ablação de tumores (temperaturas de 50 a 100°C), e diatermia por ondas curtas para analgesia em fisioterapia. Porém, a exposição à RF em dose acima dos limites de segurança causa danos aos tecidos mais sensíveis ao calor: queimaduras, catarata e alteração da permeabilidade da barreira hematoencefálica. Os efeitos térmicos não devem ser confundidos com a mera sensação de aquecimento da orelha durante as chamadas ao celular.

3.3 Energia da Radiação e Limites para exposição ocupacional

A energia da radiação eletromagnética é diretamente proporcional à sua frequência. Raios ultravioletas, X e gama, cujas frequências estão acima de 109 MHz, têm alta energia na partícula elementar, o fóton; portanto, são capazes de excitar elétrons e provocar ionização. Radiações ionizantes lesam diretamente o DNA por meio da quebra de ligações químicas. Por sua vez, a energia do fóton da RF é bilhões de vezes menores, sendo insuficiente para quebrar ligações químicas. Para efeito de comparação, a energia necessária para quebrar pontes de hidrogênio é de

0,2eV (elétron-Volt) e, para quebrar ligações covalentes, 3eV. O fóton de micro-ondas de 100GHz, por exemplo, tem energia de apenas 4×10^{-4} eV. Portanto, a radiação não ionizante interferiria no genoma através de mecanismos indiretos como estresse oxidativo, desorganização da cromatina e prejuízo do reparo do DNA.

As Tabelas 1 e 2 apresentam, respectivamente, os limites para exposição ocupacional e da população em geral a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos na faixa de radiofrequências entre 8,3 kHz e 300 GHz (CEMRF) propostos pela Comissão Internacional de Proteção Contra Radiação Não Ionizante (ICNIRP).

Tabela 1 - Limites para exposição ocupacional a CEMRF na faixa de rádio frequências entre 8,3 kHz e 300 GHz (valores eficazes não perturbados).

Faixa de Radiofrequências	Intensidade de Campo, E (V / m)	Intensidade de Campo, H (A / m)	Densidade de potência da onda plana equivalente, S_{eq} (W / m ²)
8,3kHz a 65 kHz	170	24,4	—
0,065 MHz a 1 MHz	170	$1,6/f$	—
1MHz a 10 MHz	$610/f$	$1,6/f$	—
10 MHz a 400 MHz	61	0,16	10
400 MHz a 2000 MHz	$3 f^{1/2}$	$0,008 f^{1/2}$	$f/40$
2 GHz a 300 GHz	137	0,36	50

Fonte: (ANATEL).

E ainda pode ser visto na Tabela 2 os níveis de referência da exposição a campos elétricos, magnéticos e densidade de potência de onda plana equivalente.

Tabela 2 - Limites para exposição da população em geral a CEMRF na faixa de rádio frequências entre 8,3 kHz e 300 GHz (valores eficazes não perturbados).

Faixa de Radiofrequências	Intensidade de Campo, E (V / m)	Intensidade de Campo, H (A / m)	Densidade de potência da onda plana equivalente, S_{eq} (W / m ²)
8,3 kHz a 150 kHz	83	5	—
0,15 MHz a 1 MHz	83	$0,73/f$	—
1 MHz a 10 MHz	$87/f^{1/2}$	$0,73/f$	—
10 MHz a 400 MHz	28	0,073	2
400 MHz a 2000 MHz	$1,375 f^{1/2}$	$0,0037 f^{1/2}$	$f/200$
2 GHz a 300 GHz	61	0,16	10

Fonte ANATEL 2019

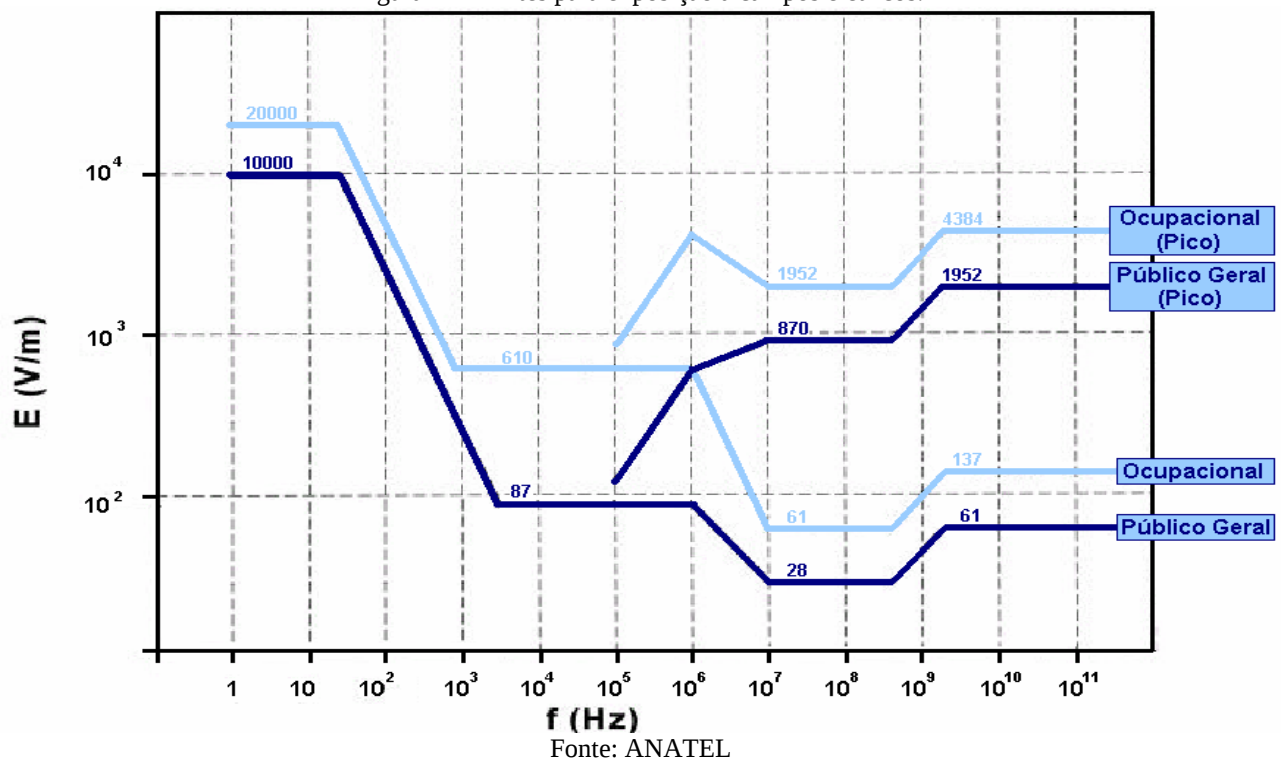
Na aplicação dos valores das Tabelas I e II devem ser considerados os seguintes aspectos:

- f é o valor da radiofrequência, cuja unidade deve ser a mesma indicada na coluna da faixa de radiofrequências.
- Os limites de exposição estabelecidos se referem às médias espacial e temporal das grandezas indicadas.
- Para radiofrequências entre 100 kHz e 10 GHz, o período de tempo a ser utilizado para cálculo da média temporal é de 6 (seis) minutos.
- Para radiofrequências acima de 10 GHz, deve-se garantir que a média temporal atenda ao limite qualquer que seja o período de $68/f$ 1,05 minutos (f em GHz).
- Para radiofrequências abaixo de 100 kHz, o conceito de média temporal não se aplica uma vez que, para estas radiofrequências, os principais efeitos da exposição à CEMRF são os estímulos neurológicos instantâneos.
- Para radiofrequências superiores a 10 MHz a média dos picos da densidade de potência da onda plana equivalente calculada no intervalo de duração do pulso não deve exceder a 1000 (mil) vezes as restrições de S_{eq} ou a intensidade de campo não deve exceder a 32 (trinta e

duas) vezes os níveis de exposição indicados para intensidade de campo.

- Valores não perturbados são aqueles medidos na ausência de indivíduos potencialmente expostos e sem a introdução de objetos absorvedores ou refletoras de CEMRF durante o processo de medição.
- Os limites dos valores de pico dos campos elétricos, para radiofrequências acima de 100 kHz, constam da Figura 1.

Figura 1 - Limites para exposição a campos elétricos.



34 SAR (Specific Absorption Rate)

O NCRP dos EUA, em 1972 convocou o Comitê Científico 39 para deliberar e recomendar as quantidades dosimétricas e unidades aplicáveis ao CEM (Campo Eletromagnético). [16] Atendendo às recomendações do NCRP, em 1982, a ANSI C95, subcomitê IV, adotou como uma unidade para a Taxa de Absorção Específica (SAR), a unidade W/kg, que representa a quantidade energia eletromagnética absorvida por unidade de massa. Cad. Jur., São Paulo, v 6, nº 2, p. 119-138, abr./jun. 2004 125 A SAR é “o índice de tempo no qual a energia eletromagnética de radiofrequência é transferida para um ambiente de massa de um corpo biológico”. A SAR é aplicada a qualquer tecido ou órgão. A SAR é a base fundamental para os guias de proteção de exposição à RF, incluindo o do Padrão do IEEE Std C95.1, Edição 1999. A SAR é importante em dosimetria, porque ela tanto fornece uma medida do índice do tempo da

absorção de energia, que pode ser manifestada como calor, quanto fornece uma medida dos campos internos, que poderiam afetar o sistema biológico de outros modos, além do que é afetado através do calor: efeitos atérmicos ou não térmicos. Métodos indiretos da avaliação foram desenvolvidos pela dificuldade de se medir a densidade de corrente induzida no interior do corpo ou a SAR. A absorção de energia das ondas eletromagnéticas depende:

- Da frequência da onda;
- Da orientação do corpo em relação à onda;
- Da polarização do campo CEM (campo eletromagnético);
- Da distância do corpo em relação à fonte que produz a onda: campo próximo e campo distante;
- Do meio ambiente (quantos corpos estão presentes no mesmo local), devido à reflexão, transmissão e deformação do CEM;
- Das propriedades elétricas do corpo (constante dielétrica, condutividade); ex.: músculo e cérebro, por conterem mais água, absorvem mais energia; osso e gordura, que contém menos água, absorvem menos energia.

O tecido biológico é descrito a partir de sua permissividade relativa e de sua condutividade elétrica.

A tabela mostra as características elétricas do tecido humano nas frequências de 900 MHz e 1,9 GHz.

Tabela 3- Propriedade dos materiais Biológicos

Tecidos	900 MHz		1.9 GHz		$\rho_t (kg / m^3)$
	ϵ_r	$\sigma (S / m)$	ϵ_r	$\sigma (S / m)$	
Cérebro	55,0	1,23	47,0	1,42	1030
Músculo	58,5	1,21	56,0	1,76	1040
Osso	8,0	0,105	8,0	0,15	1850
Líquido	79,1	2,14	72,0	2,5	1000
Pele	34,5	0,60	32,0	0,57	1100

$$SAR = \sigma \frac{|E^2|}{2\rho} \quad (1)$$

Em que:

- $|E^2|$ É o módulo do valor de pico do campo elétrico no local considerado em V/m;
- σ é a condutividade elétrica em kg/m³;
- ρ É a condutividade de cada material dado em S/m.

O SAR é um parâmetro que faz parte da categoria de níveis de referência para auxiliar na conformidade dos níveis de campo eletromagnético emitidos pelas diversas fontes.

As restrições básicas são as restrições à exposição a campos eletromagnéticos com base em efeitos de saúde estabelecidos. Os efeitos são estudados por comitês, compostos por membros de universidades, da indústria e órgãos governamentais. Para estes grupos, não há dúvida que, sob o menor nível de exposição a campo eletromagnético, o “distúrbio comportamental” é um efeito adverso observado nos animais.

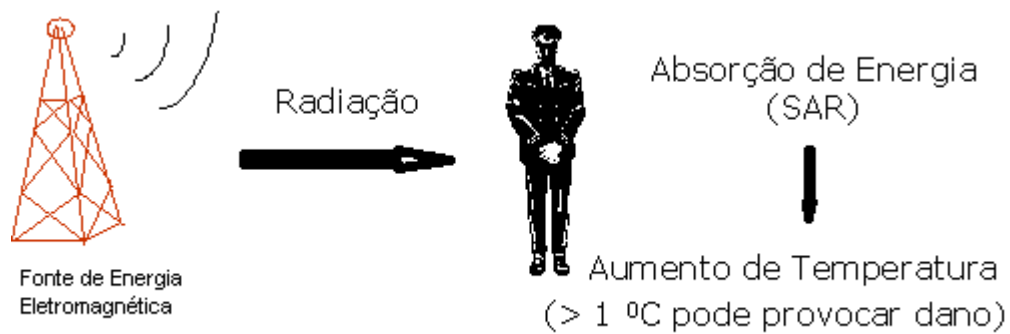
A exposição à irradiação eletromagnética não ionizante, por cerca de 30 minutos, em quantidades significativas de campo elétrico, provoca um aumento maior que 1°C em todo o corpo humano, ou seja, a SAR para esse caso é em torno de 4 W/kg. Essa exposição estabelecida como referência foi revisada pelo IEEE, em 1982, acrescentando um fator de segurança de 10, diminuindo o valor do limiar de SAR para 0,4 W/kg. Como em 1991, foi estabelecida a diferença entre ambientes controlados e não controlados, o IEEE acrescentou um fator de segurança de 5 para a exposição de corpo inteiro para 0,08 W/kg. em 2005 não houve acréscimos em relação a fatores de segurança, porém foram criados dois níveis de SARs, um para ambiente controlado, 0,4 W/kg e outro para ambientes não controlados, 0,08 W/kg.

Esse termo se refere à tendência de os animais deixarem de efetuar uma tarefa complexa aprendida quando expostos a uma quantidade suficiente de energia. A exposição por cerca de 30 minutos provoca elevação de temperatura maior que 1°C em todo o corpo humano (SAR de 4 W/kg) ou localizada (SAR 8 W/kg), a partir da energia absorvida presente nos campos eletromagnético na faixa de RF, certificando que o efeito é eminentemente térmico. Para a exposição de corpo inteiro, na revisão de 1982, o IEEE acrescentou um fator de segurança de 10, diminuindo o limiar recomendado do SAR para 0,4 W/kg. Na revisão de 1991, foi estabelecida a diferença entre ambiente controlado e não controlado. Os níveis de referência de SARs para ambientes controlados e não controlados, assim como o nível de SARs, para certas partes do corpo, são mostrados na Tabela 3(BOAZ, 2015, p. 45).

É a medida dosimétrica utilizada para estabelecer limites à emissão de radiação por campos eletromagnéticos não ionizantes. O conceito de dose, energia absorvida por unidade de massa, foi desenvolvido para estabelecer os limites para a radiação ionizante.

Ao se definir o SAR procurou-se estabelecer uma unidade de medida (dose) correlacionada a efeitos de elevação de temperatura do corpo.

Figura 2 –SAR



Fonte: Telecom

- Para a radiação emitida por sistemas celulares não é possível estabelecer uma definição simples de dose correlacionada a efeitos de elevação de temperatura. As ondas eletromagnéticas penetram em uma profundidade maior no corpo que a luz ou o infravermelho, que são absorvidos nos primeiros milímetros da pele.
- O aumento de temperatura depende das características do campo eletromagnético como frequência e polarização, e do corpo humano e seu sistema termo-regulador que atua para compensar variações na temperatura do corpo.
- A evidência experimental disponível indica que a exposição de humanos em repouso, por aproximadamente 30 minutos, a campos eletromagnéticos produzindo uma SAR de corpo inteiro ente 1 e 4 W/kg, resulta num aumento de temperatura do corpo inferior a 1 grau Celsius.
- A exposição a campos mais intensos, produzindo valores de SAR superiores a 4 W/kg, pode exceder a capacidade termo-reguladora do corpo e produzir níveis de aquecimento nocivos aos tecidos.

Tabela 4 – Restrições Básicas para exposição humana a CEMRF, na faixa de radiofrequências entre 100 kHz e 10 GHz.

Características de exposição	Faixa de Radiofrequências	SAR média do corpo inteiro (W / kg)	SAR localizada (cabeça e tronco) (W / kg)	SAR localizada (membros) (W / kg)
Exposição	100 kHz a 10 MHz	0,4	10	20

Ocupacional	10 MHz a 10 GHz	0,4	10	20
Exposição da população em geral	100 kHz a 10 MHz	0,08	2	4
	10 MHz a 10 GHz	0,08	2	4

Fonte: ANATEL Atonº 458 anexo A

A principal fonte de campo elétrico utilizada no trabalho, serão os smartphones, aparelhos em que a maioria das pessoas leva para o ambiente de trabalho algumas características desses aparelhos são descritas na Tabela 5.

Tabela 5- Níveis de potência de telefones celulares 3G/UMTS.

Potência (dBm)	Potência (W)	Comentários
33 dBm	2 W	Máxima potência de saída para telefones celulares UMTS/3G (Potência dos celulares classe 1). Máxima potência de saída para telefones celulares GSM 850/900.
27 dBm	500 mW	Potência de transmissão típica de telefones celulares. Máxima potência de saída de um telefone móvel UMTS/3G (potência para celulares classe 2).
24 dBm	250 mW	Máxima potência de saída de telefone móvel UMTS/3G (potência para celulares classe 3).
21 dBm	125 mW	Máxima potência de saída de telefone móvel UMTS/3G (potência para celulares classe 4).

Fonte: (RODRIGUES, 2011).

A irradiação eletromagnética quando penetra no organismo humano, produz efeitos que vão depender de do nível de potência e frequência, fazendo com que possam surgir efeitos biológicos, que causem risco à saúde do ser humano (CRUZ, 2005)

As consequências dos mecanismos de interação de ondas eletromagnéticas não- ionizantes com sistemas biológicos podem ser classificadas em dois grupos:

- Efeitos térmicos: são causados pelo aquecimento dos tecidos como consequência da absorção de parte da onda incidente;

- Efeitos não térmicos: são devidos à interação direta com o organismo dos campos eletromagnéticos induzidos.

Dentre os possíveis efeitos térmicos citados na literatura, destaca-se a possibilidade da associação entre a exposição a campos eletromagnéticos não ionizantes e o desenvolvimento de efeitos adversos, tais como alteração no fluxo de íons na membrana celular, alterações comportamentais, desenvolvimento de tumores, hipertermia, entre outros (RODRIGUES, 2011, p.37). Alguns efeitos não térmicos citados na literatura incluem efeitos nos sistemas; nervoso, cardiovascular e imunológico, bem como no metabolismo e em fatores hereditários.

35 Redes 4G e 5G

A disponibilidade do 4G aumentou 4,5% nas cidades brasileiras no terceiro trimestre de 2020 se comparado ao mesmo período de 2019. Assim, a média de disponibilidade nos municípios chega a 79,9%, indicou uma análise da consultoria Opensignal. A métrica tem como parâmetro o tempo em que o usuário consegue permanecer conectado à rede em todos os lugares que visita.

Segundo a Opensignal, esses dados indicam que o Brasil está chegando a maturidade na conectividade de quarta geração. A empresa atribui esse avanço a liberação da banda 700 MHz, que possui melhor penetração e propagação. Em 2017, a Anatel permitiu que a banda fosse transferida da TV Analógica para a banda larga.

Houve melhoria nas taxas de download, mas o impacto maior foi na cobertura. A explicação é simples: como a faixa de 700 MHz possui maior alcance e penetração do que as demais bandas utilizadas no 4G (de 1,8 GHz e de 2,5 GHz), aumenta a disponibilidade do sinal.

Em telecomunicações, o 5G é o padrão de tecnologia de quinta geração para redes móveis e de banda larga, e é o sucessor planejado das redes 4G que fornecem conectividade para a maioria dos dispositivos atuais.

Além de oferecer downloads mais rápidos, a tecnologia permitirá que tendências como realidade virtual e aumentada ganhem mais tração nos dispositivos móveis. O 5G também promete ser um ponto de virada para a internet das coisas, já que a conexão é estável e conta com mais abrangência que o Wi-Fi.

Para se ter dimensão do impacto, a rede 5G é capaz de transmitir dados em velocidade de até 20 bilhões de bits por segundo, tornando a latência imperceptível. Dessa forma, chamadas de vídeo e reprodução de conteúdos de streaming serão desfrutadas com qualidade jamais esperada para as gerações de rede anteriores.

A velocidade atingida com o 5G faz com que mais dispositivos possam ser conectados, uma grande promessa para o desenvolvimento, por exemplo, de cidades inteligentes, veículos

autônomos, casas conectadas e realidade virtual. Enquanto a rede 4G funciona em frequências de até 2.5 GHz, o 5G chega até 95 GHz, o que tem entusiasmado empresas dos mais diversos setores.

3.5.1 Diferenças entre 5G e 4G

As novas tecnologias de rede móvel vêm evoluindo cada vez com mais velocidade. O 4G já oferece uma velocidade e qualidade adequadas de internet para as principais aplicações do uso cotidiano. A nova rede vai oferecer um novo universo de possibilidades, com uma confiabilidade jamais experimentada.

O 4G apareceu a primeira vez no Japão em 2010, trazendo a possibilidade de vídeos em celulares e otimizando o acesso a várias novas aplicações que precisavam de mais velocidade.

A internet 5G proporciona um aumento de 20x a velocidade do 4G. Ou seja, poderá competir com os serviços de banda larga fixa. Mas o grande diferencial será na estabilidade da internet, oferecendo uma conexão mais confiável e fluida. A mesma combina ganhos de desempenho em diversos aspectos. Além de melhorar o funcionamento geral da internet em dispositivos móveis, viabiliza aplicações antes impensáveis, entre elas a adoção em massa da computação em nuvem, a Internet das Coisas (IoT) e os veículos autônomos.

Os principais ganhos de desempenho aparecem em quatro características da rede: elevadíssimas taxas de transmissão, a alta confiabilidade de rede, latência próxima a 0 e alta capacidade de rede.

Apesar das expectativas, as redes 5G ainda não serão suportadas em todos os lugares. A previsão é de que o Brasil receba a tecnologia em março de 2020, mas a infraestrutura existente não é suficiente para que todos sejam beneficiados.

O governo brasileiro publicou um estudo em parceria com o BNDES e o CNPq chamado Plano Nacional de IoT, em que prevê grande impacto em quatro principais áreas: Cidades Inteligentes, Saúde, Agronegócio e Indústria.

3.6 Legislação internacional

Sobre a legislação no ano de 1977, foi formado o primeiro Comitê Internacional que abordava questões sobre a radiação não ionizante: o “INIRC - International Non-Ionizing Radiation Committee”: Comitê Internacional de Radiação Não Ionizante. Este comitê transformou-se em “ICNIRP- International Commission on Non Ionizing Radiation Protection”: Comissão Internacional sobre Proteção de Radiação Não Ionizante -, responsável pelos estudos sobre exposição humana à radiação não ionizante, estabelecendo diretrizes e orientando pesquisas científica. Em 1998, a ICNIRP publicou diretrizes para limitar a exposição humana a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos, variáveis no tempo, até 300 GHz. Esta avaliação veio a

complementar as diretrizes estipuladas pelo “NRPB – National Radiological Protection Board:

“Conselho Nacional de Proteção Radiológica” -, adotadas pelo Reino Unido. A “ANSI C95. 1-1966”, revista em 1974 e 1982, foi substituída pela padronização “IEEE Std C-95. 1,1999 Edition” (que incorpora o “IEEE Std C95. 1-1991”, com o suplemento “IEEE Std C-95 1a 1998”). A padronização da ANSI de 1966, inicialmente citada, requer que cada um dos seus padrões ou guias sejam revistos em intervalos de 5 anos.

3.7 Legislação Brasileira

A legislação Brasileira No Brasil, não existe uma legislação ambiental e de saúde a nível federal sobre o tema, por isso vários municípios decidiram criar seus próprios limites para exposição à radiação eletromagnética. Temos em nosso país, atualmente, Normas Regulamentadoras (NR), aprovadas pela Portaria n.º 3214/78, de 8 de Junho de 1978, do Ministério do Trabalho, que dispõe sobre a Segurança e Medicina do Trabalho. A NR-15 dispõe sobre as Atividades e Operações Insalubres, sendo o Anexo 7 referente às Radiações Não Ionizantes, e a NR - 9 sobre o Programa de Prevenção de Riscos Ambientais. A NR-15 não estipula limites de tolerância para exposição ocupacional às radiações não ionizantes. A NR-9 estabelece a obrigatoriedade da elaboração e implementação, por parte de todos os empregadores e instituições que admitam trabalhadores como empregados, de um Programa de Prevenção de Riscos Ambientais, PPRA.

ANATEL - Agência Nacional de Telecomunicações Esta agência é a responsável pela administração do espectro de Radiofrequência que é um recurso limitado, constituindo-se em bem público. Em 15 de Julho de 1999, o Conselho Diretor da ANATEL decidiu adotar como referência provisória, para avaliação da exposição humana a campos eletromagnéticos de Radiofrequência, provenientes de estações transmissoras de serviços de telecomunicações, os limites propostos pela ICNIRP. De acordo com a avaliação da ICNIRP, não há nenhuma evidência de que os campos eletromagnéticos alterem a estrutura do DNA humano, considerando, para seus limites, somente os efeitos térmicos da radiação não ionizante, e desconsiderando os efeitos atérmicos, potencialmente mais danosos. O Conselho Diretor da Agência Nacional de Telecomunicações - ANATEL deliberou em sua reunião n.º 155, realizada em 28 de março de 2001, submeter a comentários e sugestões do público em geral - nos termos do artigo 42 da Lei n.º 9.472 de 1997; e do artigo 67 do Regulamento da Agência Nacional de Telecomunicações -, Proposta de Regulamento sobre Exposição a Campos Elétricos, Magnéticos e Eletromagnéticos,

na Faixa de Radiofrequência, na forma do Anexo à Consulta Pública n.º 285, de 30 de março de 2001. Como resultado desta consulta, a ANATEL adotou, no Anexo à Resolução n.º 303, de 2 de julho de 2002, os níveis de referência - 9 kHz a 300 GHz -, para exposição do público em geral e para exposição ocupacional a campos elétricos e magnéticos variáveis no tempo (valores eficazes, não perturbados), os mesmos níveis de exposição adotados pela ICNIRP. O nosso país não dispunha, até então, de dispositivo legal, regulamentando os níveis de radiação não ionizante, permitidos em lugares públicos e ocupacionais. Conforme prevê o artigo 74 da Lei n.º 9.472, de 16 de Julho de 1997, “a concessão, permissão ou autorização de serviços de telecomunicações não isenta a prestadora do atendimento às normas de engenharia e às leis municipais, estaduais ou do Distrito Federal, relativas à construção civil e à instalação de cabos e equipamentos em logradouros públicos”.

As diretrizes expostas na Lei nº 11.934, de 5 de maio de 2009 que estabelece limites à exposição humana a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos, associados ao funcionamento de estações transmissoras de radiocomunicação, de terminais de usuário e de sistemas de energia elétrica nas faixas de frequências até 300 GHz (trezentos gigahertz), visando a garantir a proteção da saúde e do meio ambiente. Os limites estabelecidos nesta Lei referem-se à exposição da população em geral e de trabalhadores expostos aos campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos em razão de seu trabalho.

A Lei nº 13.116, de 20 de abril de 2015 institui normas gerais para implantação e compartilhamento da infraestrutura de telecomunicações, visando à uniformização, simplificação e celeridade de procedimentos e critérios para a outorga de licenças pelos órgãos competentes; minimização dos impactos urbanísticos, paisagísticos e ambientais; a ampliação da capacidade instalada de redes de telecomunicações, tendo em vista a atualização tecnológica e a melhoria da cobertura e da qualidade dos serviços prestados, a precaução contra os efeitos da emissão de radiação não ionizante, de acordo com os parâmetros definidos em lei e ao incentivo ao compartilhamento de infraestrutura de redes de telecomunicações.

Conforme a Resolução nº 700, de 28 de setembro de 2018 que aprovou o Regulamento sobre a Avaliação da Exposição Humana a Campos Elétricos, Magnéticos e Eletromagnéticos Associados à Operação de Estações Transmissoras de Radiocomunicação e Revogou a Resolução nº 303, de 2 de julho de 2002, que aprova o Regulamento sobre Limitação da Exposição a Campos Elétricos, Magnéticos e Eletromagnéticos na Faixa de Radiofrequências entre 9 kHz e 300 GHz, definindo então métodos de avaliação da exposição humana a “campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos na faixa de radiofrequências entre 8,3 kHz e 300 GHz (CEMRF)”, associados à operação de estações transmissoras de radiocomunicação e então o Ato nº 458, de 24 de janeiro de

2019 que detalha os limites de exposição ocupacional e da população em geral a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos na faixa de radiofrequências entre 8,3 kHz e 300 GHz (CEMRF) gerados por estações transmissoras de radiocomunicação e por terminais de usuários, propostos pela Comissão Internacional de Proteção Contra Radiação Não Ionizante (ICNIRP).

4 METODOLOGIA

O trabalho de conclusão de curso (TCC) será desenvolvido seguindo a seguinte metodologia:

Verificação dos seguintes itens:

- Analisar o sinal 3G(inserir faixa de 1.800 MHz ate 2.400MHz)
- Analisar o sinal 4G(inserir a faixa de 800 MHz até 1.000 MHz)
- Verificar por um período de tempo o valor máximo em termos de campo obtido

A metodologia experimental para a análise de ambientes fechados, simulando um ambiente de trabalho e indivíduos próximos utilizando o celular foi realizada da seguinte forma:

4.11 Etapa: Ambiente fechado-Experimento: Indoor (Ambiente Fechado):

O analisador de espectro colocado com quatro celulares ao redor do analisador de espectro com a seguinte configuração de 50 cm e posteriormente 1m.

A ilustração do experimento pode ser observada na Figura 3.

Figura 3. Setup para a 1ª Etapa



(Fonte: Própria)

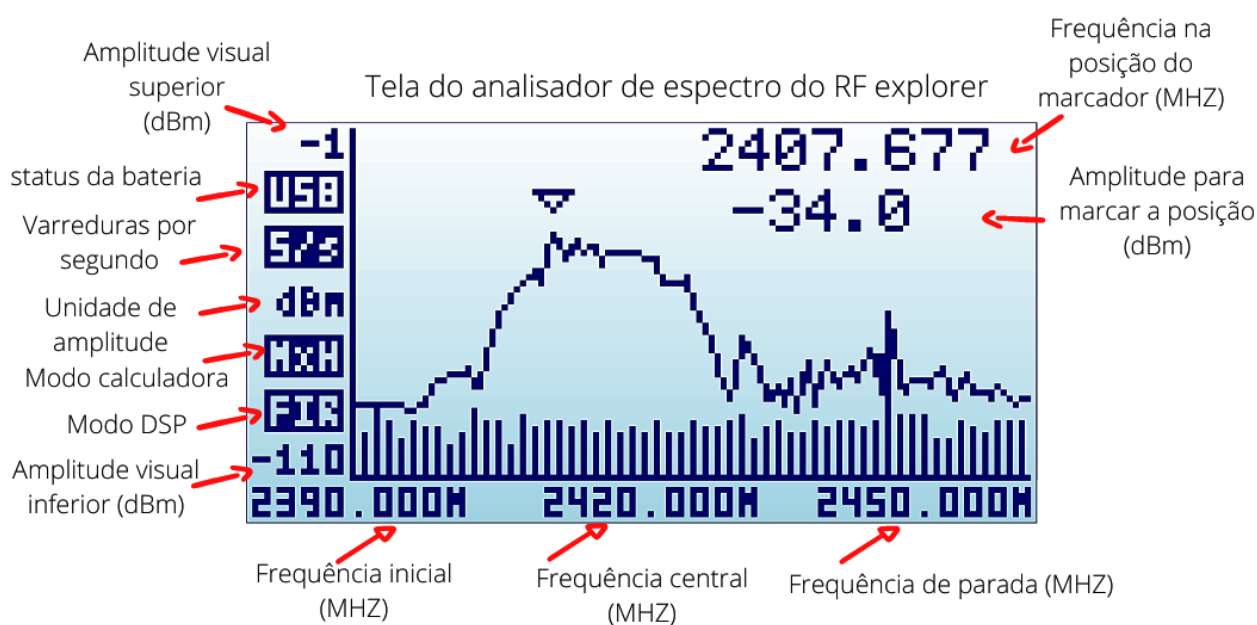
A ideia principal de propor este cenário de medição é de que os trabalhadores em um escritório que possam eventualmente estar com o aparelho conectado nas proximidades, em que se encontram os equipamentos eletroeletrônicos para fins domésticos e comerciais. E o campo elétrico irradiado, possa não só causar interferência eletromagnética irradiada nos equipamentos, bem como causar danos futuros à saúde dos trabalhadores.

E as situações que serão analisadas para a primeira etapa são:

1. Os quatro celulares afastados cerca de 50 cm com o 3G/4G ligado;
2. Os quatro celulares afastados cerca de 50 cm com o 3G/4G desligado e realizando a ligação;
3. Os quatro celulares afastados cerca de 50 cm com o 3G/4G ligado e realizando a ligação;
4. Os quatro celulares afastados cerca de 1,0 m com o 3G/4G desligado e realizando a ligação;
5. Os quatro celulares afastados cerca de 1,0 m com o 3G/4G ligado;
6. Os quatro celulares afastados cerca de 1,0 m com o 3G/4G ligado e realizando a ligação;

Em cada situação o nível de campo elétrico era avaliado, em seu valor máximo captado. A tela do analisado de espectro utilizado tem as configurações observadas na Figura 4.

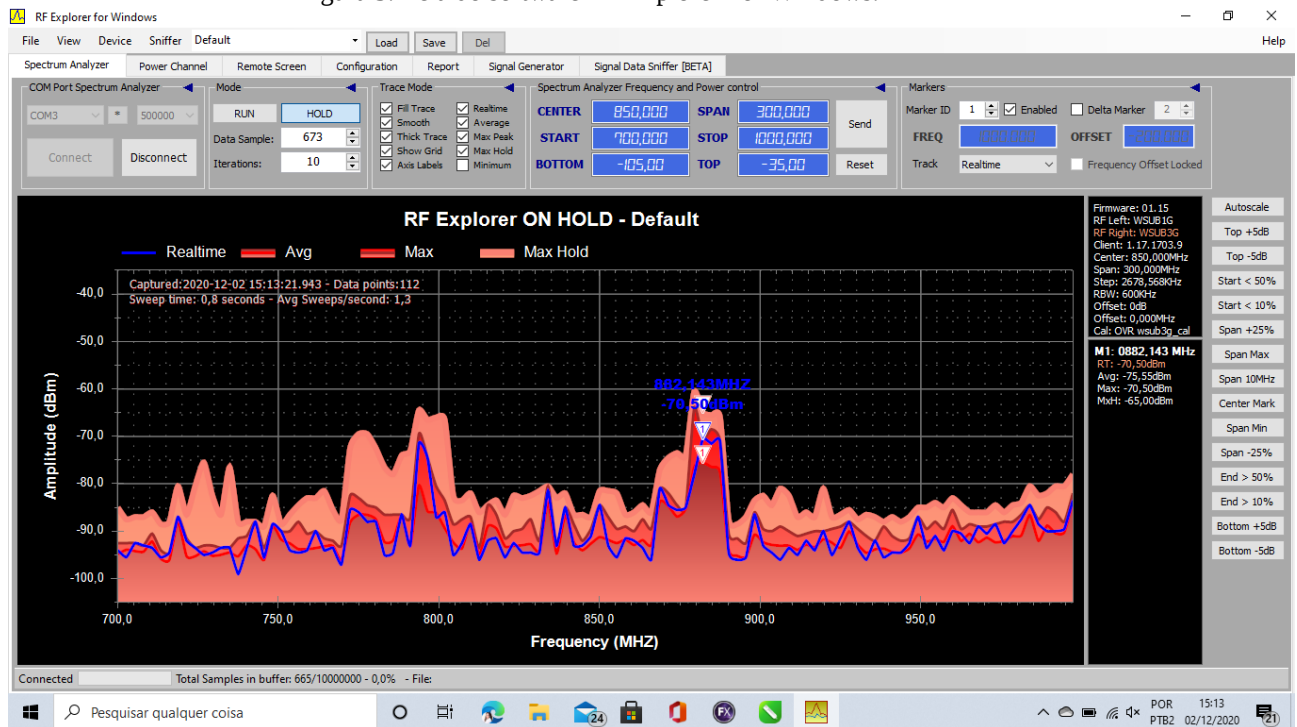
Figura 4 Tela do analisador de espectro



O analisador de espectro também em 3G e posteriormente 4G, e o software para análise do espectro do sinal captado pode ser instalado em um notebook ou computador convencional. A

tela do software pode ser visualizada na Figura5.

Figura 5. Tela do software RF Explorer For Windows.



(Fonte: Retirada do Experimento)

Para cada etapa do experimento foram coletados; o nível de campo elétrico em dBm e sua respectiva frequência.

O tratamento de dados para a conversão do nível de campo elétrico em V/m, para a comparação com as normas, é realizado da seguinte forma:

Inicialmente o nível de campo coletado em dBm pelo analisador de espectro deve ser convertido para W através da equação (ALINE RAQUEL, 2011, p.70):

$$P(W) = \frac{P(dBm)}{10^{10}} \quad (2)$$

Em seguida como a antena receptora conectada ao analisador de espectro é um dipolo de meia onda, conectado a uma terminação casada com 50 ohms, é necessário calcular a abertura efetiva desta antena dado pela identidade (CESAR JULIO, 2016, pg.201):

$$A_e = \frac{G\lambda^2}{4\pi} \quad (3)$$

Em que:

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (4)$$

Com $c = 3,0 \times 10^8$ m/s(velocidade da luz no espaço livre). E o ganho do dipolo desta antena(G) é aproximadamente 2dBi(RF Explorer User Manual, p.29), e a conversão do mesmo de forma adimensional é dada por:

$$G = \frac{G(\text{dBi})}{10^{10}} \quad (5)$$

E em seguida calcular o valor do campo elétrico resultante captado pela equação (CESAR JULIO, 2016, p. 236):

$$|E| = \left(\frac{Prx120\pi}{Ae} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

Em que P_{Rx} é a potência recebida em W.

A densidade de potência da onda plana equivalente, que é a potência de uma onda plana que possua determinado valor de intensidade de campo elétrico ou campo magnético, pode ser obtida a partir da expressão (RODRIGUES, 2011, p.34):

$$S_{eq} = \frac{|E|^2}{\eta_0} \quad (7)$$

Os campos eletromagnéticos provenientes de RF mudam de característica com a distância a partir da sua fonte (antena). São a região do espaço onde os campos elétricos e magnético possuem características aproximadamente de onda plana e as componentes de campo elétrico e magnético são perpendiculares entre si e ambas são transversais à direção de propagação. A região de campos distantes pode ser determinada a partir das condições relacionadas a seguir. (BANSAL,1990). A necessidade de que a onda deve ser plana impõe que se assegurem as condições de distância relativas à Região de Campo Distante:

$$r > \frac{2D^2}{\lambda} \text{ Quando, } D > 2,5\lambda \quad (8. a)$$

$$r > 1,6\lambda \text{ Quando, } D < \frac{1}{3}\lambda \quad (8. b)$$

$$r > 5D \text{ Quando, } \frac{1}{3}\lambda < D < 2,5\lambda \quad (8.c)$$

Em que:

- r = É a distância entre a distância da fonte ao receptor;
- D = É máxima dimensão física da antena em m;
- λ = É comprimento de onda da frequência medida.

Na região de campo distante, os campos atuam como ondas planas e apresentam as seguintes características (NASCIMENTO, 2011, p. 5):

- Os vetores de campo elétrico, E , e campo magnético, H são perpendiculares;
- A razão E/H é chamada de impedância intrínseca do espaço livre e o seu valor é próximo de 377Ω ;
- A densidade de potência, S , é a potência por unidade de área normal à direção de propagação;
- A densidade de potência em qualquer ponto é calculada através do produto vetorial entre os vetores de campos elétrico e magnético, ou seja, $S = E \times H$;
- S é também chamado de Vetor de Poynting, seu módulo quantifica a densidade de potência, e fornece a direção de propagação da energia;
- Ambos os campos elétrico E magnético H variam com o inverso da distância à fonte, ou seja, $1/r$;
- A densidade de potência S varia com o inverso do quadrado da distância à fonte, ou seja, $1/r^2$.

Nesta situação, para o campo distante, é suficiente a medição de apenas um dos campos (elétrico ou magnético) ou a medição da densidade de potência. Para assegurar que as medições serão realizadas na região de campo distantes, é necessário, saber as dimensões físicas da antena receptora do analisador de espectro e o comprimento de onda de acordo com a frequência recebida.

Uma vez que dimensão da antena dipolo receptora é cerca de 10,0 cm e o comprimento de onda do sinal recebido próximo de 1.860 MHz, tem-se que o comprimento de onda é 0,161 m, logo a condição estabelecida é a condição da Equação (8. b), em que a maior dimensão da antena está entre $5,34 \leq 10 \leq 40,25$, logo para garantir a medição do campo elétrico na região de campos distantes a distância da fonte ao receptor deve ser maior que 50,0 cm. E todas as medições serão realizadas a 50 cm e 1,0 m da fonte, portanto é possível garantir a condição desejada.

E após a medição do campo elétrico, encontrar nos níveis de densidade de potência e SARs, de acordo com a Equação (1) e Tabela 1, e comparar com os níveis de densidade de potência de acordo com a Tabela 3.

4.2 2 Etapa: Experimento: Outdoor (Ambiente Aberto):

O analisador de espectro colocado com quatro celulares ao redor do analisador de espectro com a seguinte configuração:

- Os quatro celulares afastados cerca de 50 cm com o 3G/4G ligado;
- Os quatro celulares afastados cerca de 50 cm com o 3G/4G desligado e realizando a ligação;
- Os quatro celulares afastados cerca de 50 cm com o 3G/4G ligado e realizando a ligação;
- Os quatro celulares afastados cerca de 1,0 m com o 3G/4G desligado e realizando a ligação;
- Os quatro celulares afastados cerca de 1,0 m com o 3G/4G ligado;
- Os quatro celulares afastados cerca de 1,0 m com o 3G/4G ligado e realizando a ligação;

Figura 6- Setup para a 2ª Etapa.



Fonte Própia

O tratamento de dados se dará da forma similar a 1ª Etapa.

4.33ª Etapa: Experimento medição nas proximidades do roteador de wi-fi

Figura 7-Setup para a 3ª Etapa.



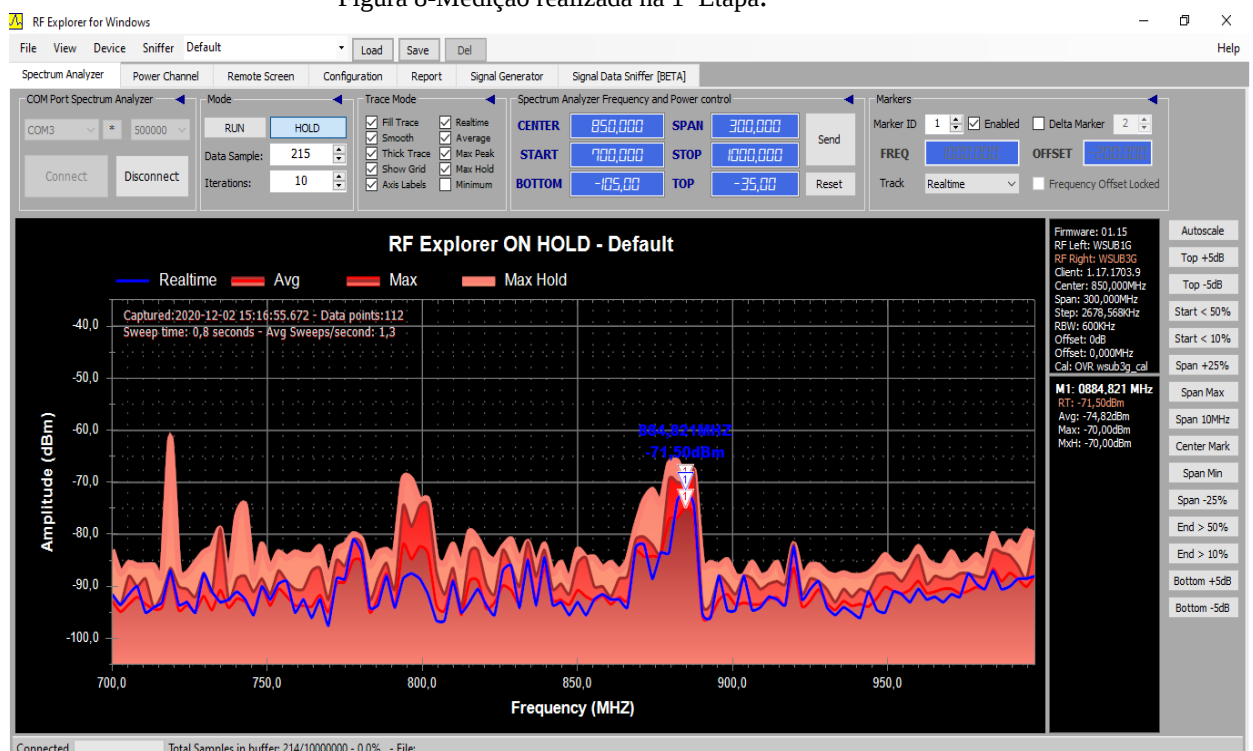
Fonte Própia

Há uma distância cerca de 30 cm iniciais, variando para 60 cm e posteriormente 90 cm entre o espectro e o roteador de wi-fi, onde o nível de campo elétrico era avaliado, em seu valor máximo captado dBm e sua respectiva frequência em MHz.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O procedimento experimental da 1ª etapa em que é simulado um ambiente de trabalho fechado, foi realizado de acordo como foi observado na Figura 2, em um apartamento no terceiro andar localizado no bairro da Ponta Verde que possui 120 m², com o computador, os quatro celulares e com o software RF explore for Windows conectado ao aparelho medidor, situados no escritório do apartamento, que se encontra no meio do mesmo, eram distribuídos os 4 celulares de acordo a distancia escolhida colocado à faixa de frequência desejada e feita à medição e então gravação da tela e coletados os valores Potência em dBm e Frequência em MHz colocado em planilha para transformações dos mesmos pelas equações mencionadas na metodologia e analise dos resultados. O analisador de espectro foi colocado a cerca de 50 cm dos smartphones e posteriormente 1.0m, que nessa etapa foram Iphones, com 4G e em seguida feita a mudança no aparelho pela opção 3G, e operadora TIM, nas configurações da 1ª etapa. O experimento foi realizado e então aferido os níveis máximos de potência em dBm. Uma das ilustrações de uma das medições pode ser observada na Figura 8.

Figura 8-Medição realizada na 1ª Etapa.



Fonte Própria

É possível observar na tela do software que o mesmo faz uma amostragem de vários níveis de campo em dBm, em tempo real, valor médio, dentre outros. É possível no próprio software do equipamento editar a frequência central de medição sendo a opção 4G na frequência de intervalo 700 a 1000 MHz e na alternativa 3G no intervalo de 1800 a 2400 MHz, bem como a faixa de frequência a ser analisada. Os resultados da primeira etapa podem ser observados na Tabela 6 e 7.

Tabela 6– Resultados da 1ª Etapa 3G.

Experimento	Potência(dBm)	Valor da potência (W)10⁻⁹	Frequência (MHz)	Campo Elétrico(V/m)	Campo Magnético (A/m)10⁻⁶	Densidade de potência (W/m²) 10⁻⁹	SARs(W/ kg)10⁻⁹
Os quatro celulares afastados cerca de 50 cm com o 3G ligado;	-76,5	0,0224	2132,14	0,002	4,87	8,956	2,46
Os quatro celulares afastados cerca de 50 cm com o 3G desligado e realizando a ligação	-66,5	0,224	1826,786	0,005	13,2	65,749	18,1
Os quatro celulares afastados cerca de 50 cm com o 3G ligado realizando a ligação	-64,5	0,355	1.869,643	0,006	17,0	109,153	30,0
Os quatro celulares afastados cerca de 1,0 m com o 3G desligado e realizando a ligação	-66	0,251	1.826,786	0,005	14,0	73,772	20,3
Os quatro celulares afastados cerca de 1,0 m com o 3G ligado	-71,5	0,0708	1.848,214	0,003	7,51	21,282	5,86
Os quatro celulares afastados cerca de 1,0 m com o 3G ligado e realizando a ligação	-60	1	1.848,214	0,011	28,2	300,622	82,7

Como pode ser observando na Tabela 6, os resultados estão em conformidade com os observados na Tabela 1, na qual é possível identificar que o máximo de exposição é cerca de 0,011V/m estando assim dentro do limite máximo de 137 V/m para a faixa de frequência

analisada. Os limites para a exposição ocupacional relacionam a exposição dos indivíduos a níveis de campo, no ambiente de trabalho de modo que os mesmos estejam cientes dos riscos e possam ser tomadas medidas preventivas, caso exista níveis que ofereçam risco à saúde do trabalhador. Com os níveis de campo em dBm é possível encontrar o nível de SAR, os resultados podem ser vistos na Tabela 6 e 7. A tabela abaixo faz referência aos resultados encontrados pela metodologia da primeira etapa com os celulares em 4G.

Tabela 7– Resultados da 1ª Etapa 4G.

	Potência(dBm)	Valor da potência (W)10⁻⁹	Frequência (MHz)	Campo Elétrico(V/m)	Campo Magnético (A/m)10⁻⁶	Densidade de potência (W/m²) 10⁻⁹	SARs(W/kg) 10⁻⁹
Os quatro celulares afastados cerca de 50 cm com o 4Gligado;	-64,5	0,35	793,75	0,003	7,22	19,67	5,41
Os quatro celulares afastados cerca de 50 cm com o 4G desligado e realizando a ligação	-68,5	0,14	796,464	0,002	4,57	7,89	2,17
Os quatro celulares afastados cerca de 50 cm com o 4G ligado erealizando a ligação	-69,5	0,11	879,46	0,002	4,50	7,63	2,10
Os quatro celulares afastados cerca de 1,0 m com o 4G desligado e realizando a ligação	-70,5	0,09	882	0,002	4,02	6,10	1,68
Os quatro celulares afastados cerca de 1,0 m com o 4Gligado	-68	0,16	879	0,002	5,35	10,8	2,97
Os quatro celulares afastados cerca de 1,0 m com o 4G ligado e realizando a ligação	-71,5	0,07	884,82	0,001	3,60	4,88	1,34

Como pode ser observando na Tabela 7, os resultados também estão em conformidade com os observados na Tabela 1, na qual é possível identificar que o máximo de exposição é cerca de 0,002 V/m que está abaixo do limite máximo encontrado de 89,24 V/m, para a faixa de frequência analisada e que o SAR foi menor

que o analisado com o sinal 3G assim como o campo elétrico.

Os limites para a exposição ocupacional relacionam a exposição dos indivíduos a níveis de campo, no ambiente de trabalho de modo que os mesmos estejam cientes dos riscos e possam ser tomadas medidas preventivas, caso exista níveis que ofereçam risco à saúde do trabalhador. Com os níveis de campo em dBm é possível encontrar o nível de SAR, os resultados podem ser vistos na Tabela 8 e 9.

Tabela 8- Níveis de SARs e densidade de potência para a 1ª etapa4G

Experimento	SAR(W/kg)	Ambiente Controlado Populacional (SAR média de corpo inteiro; Membros Cabeça e Tronco)	Seq (W/m²)	Densidade de potência da onda plana equivalente, Seq (W/m²)
Os quatro celulares afastados cerca de 50 cm com o 3G/4G ligado;	2,46498E-09	Em conformidade	1,9674E-08	Em conformidade
Os quatro celulares afastados cerca de 50 cm com o 3G/4G desligado e realizando a ligação	1,80949E-08	Em conformidade	7,8851E-09	Em conformidade
Os quatro celulares afastados cerca de 50 cm com o 3G/4G ligado e realizando a ligação	3,00399E-08	Em conformidade	7,6375E-09	Em conformidade
Os quatro celulares afastados cerca de 1,0 m com o 3G/4G desligado e realizando a ligação	2,03028E-08	Em conformidade	6,1037E-09	Em conformidade
Os quatro celulares afastados cerca de 1,0 m com o 3G/4G ligado	5,85714E-09	Em conformidade	1,0788E-08	Em conformidade
Os quatro celulares afastados cerca de 1,0 m com o 3G/4G ligado e realizando a ligação	8,27343E-08	Em conformidade	4,8779E-09	Em conformidade

Tabela 9- Níveis de SARs e densidade de potência para a 1ª etapa3G

Experimento	SARs(W/kg)10⁻⁹	Ambiente Controlado Populacional (SAR média de corpo inteiro; Membros Cabeça e Tronco).	Seq (W/m²)	Densidade de potência da onda plana equivalente, Seq (W/m²)
--------------------	----------------------------------	--	------------------------------	---

Os quatro celulares afastados cerca de 50 cm com o 3G ligado;	2,46	Em conformidade	8,96	Em conformidade
Os quatro celulares afastados cerca de 50 cm com o 3G desligado e realizando a ligação	18,1	Em conformidade	65,75	Em conformidade
Os quatro celulares afastados cerca de 50 cm com o 3G ligado e realizando a ligação	30,0	Em conformidade	109,2	Em conformidade
Os quatro celulares afastados cerca de 1,0 m com o 3G desligado e realizando a ligação	20,3	Em conformidade	73,77	Em conformidade
Os quatro celulares afastados cerca de 1,0 m com o 3G ligado	5,86	Em conformidade	21,2	Em conformidade
Os quatro celulares afastados cerca de 1,0 m com o 3G ligado e realizando a ligação	82,7	Em conformidade	300,6	Em conformidade

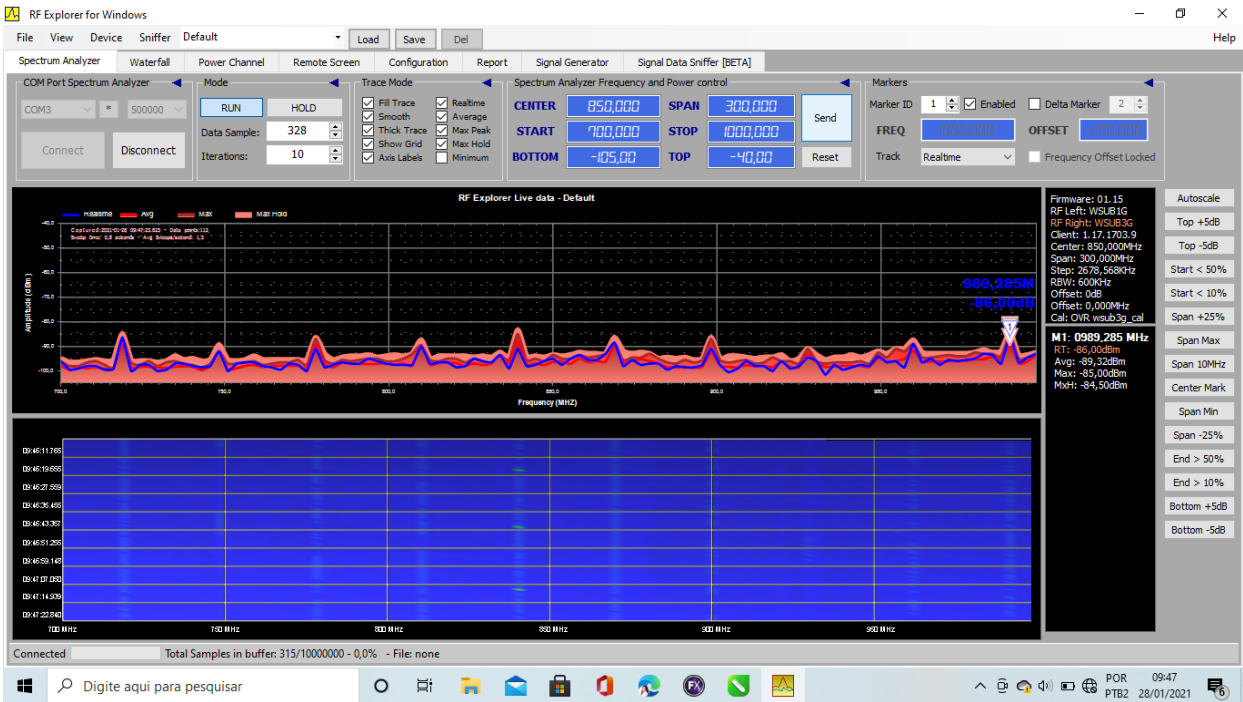
O resultado que apresentou maior campo elétrico, SARs e respectivamente Seq no primeiro experimento foi a simulação com os quatro celulares afastados cerca de 1,0 m com o 3G ligado e realizando a ligação, devido ao seu maior intervalo de frequência. Assim como para a densidade de potência de onda plana equivalente, que para a faixa de frequência analisada, tem seu valor máximo de 50W/m^2 , para o sinal 3G e $22,12\text{W/m}^2$ para 4G e todos os níveis estão abaixo desse valor. Então um dispositivo móvel afastado 50 cm/1,0 m de um indivíduo não oferece risco a saúde do trabalhador.

O nível de SAR foi calculado de acordo com a Equação 1, considerando os níveis de campo elétrico da Tabela 6 e 7, e que a condutividade elétrica do tecido da pele como $1,46\text{ S/m}$ e a densidade volumétrica como 1.000 kg/m^3 (CLAUDIO, 2011, p. 40). Como observado na Tabela 8 e 9, os níveis de SARs estão em conformidade, uma vez que o valor máximo admissível de SAR para o ambiente fechado é de $0,4\text{W/kg}$ para o corpo inteiro, 20 W/kg para membros e 10 W/kg para tronco e cabeça, e todos os níveis aferidos estão abaixo deste valor, em que esses limites podem ser observados na Tabela 3 não oferecendo risco a saúde do trabalhador.

O procedimento experimental da segunda etapa foi realizado de acordo com a Figura 6 analogamente a primeira etapa, mas tendo a sua diferença pela simulação de

um ambiente outdoor, foi realizado nos pilotis do edifício da primeira etapa. O analisador de espectro foi colocado a cerca de 50 cm e posteriormente 1,0m de cada smartphone, que nessa etapa, ambos são do modelo iPhone, com 3G e 4G, e operadora Tim, sendo os mesmos aparelhos utilizados nas simulações da 1ª etapa. O experimento foi realizado e aferido os níveis máximos de potência em dBm e sua frequência em MHz. Uma das medições é ilustrada pela Figura 8 e os resultados dessa etapa podem ser observados nas Tabelas 10 e 11.

Figura 9. Medição realizada na 2ª Etapa.



Fonte Própria

Tabela 10– Resultados da 2ª Etapa 3G.

	Potência (dBm)	Valor da potência (W) 10^{-9}	Frequência (MHz)	Campo Elétrico (V/m)	Campo Magnético (A/m) 10^{-6}	Densidade de potência (W/m ²) 10^{-9}	SARs (W/kg) 10^{-9}
Os quatro celulares afastados cerca de 50 cm com o 3G/4G ligado;	-58,5	1,41	1.865,28	0,013	33,87	432,5	119,0
Os quatro celulares afastados cerca de 50 cm com o 3G/4G desligado e realizando a ligação	-56	2,51	1.800,99	0,016	43,61	717,0	197,3

Os quatro celulares afastados cerca de 50 cm com o 3G/4G ligado e realizando a ligação	-48	15,8	1.800,99	0,041	109,5	4.524,0	1245,0
Os quatro celulares afastados cerca de 1,0 m com o 3G/4G desligado e realizando a ligação	-58	1,58	1.800,99	0,013	34,64	452,4	124,5
Os quatro celulares afastados cerca de 1,0 m com o 3G/4G ligado	-52,5	5,62	1.800,99	0,025	65,25	1.605	441,8
Os quatro celulares afastados cerca de 1,0 m com o 3G/4G ligado e realizando a ligação	-49	12,6	1.800,99	0,037	97,63	3.594	989,0

Tabela 11– Resultados da 2ª Etapa 4G.

	Potência (dB m)	Valor da potência (W) 10^{-9}	Frequência (MHz)	Campo Elétrico (V/m)	Campo Magnético (A/m) 10^{-6}	Densidade de potência (W/m²) 10^{-9}	SARs (W/kg) 10^{-9}
Os quatro celulares afastados cerca de 50 cm com o 3G/4G ligado;	-87,5	0,0018	839,28	0,0002	0,541	0,11	0,03
Os quatro celulares afastados cerca de 50 cm com o 3G/4G desligado e realizando a ligação	-87,5	0,0018	718,75	0,0002	0,0463	0,81	0,02
Os quatro celulares afastados cerca de 50 cm com o 3G/4G ligado e realizando a ligação	-86	0,0025	989,28	0,0003	0,758	0,22	0,06
Os quatro celulares afastados cerca de 1,0 m com o 3G/4G desligado e realizando a ligação	-87	0,0019	839,29	0,0002	0,573	0,12	0,03

Os quatro celulares afastados cerca de 1,0 m com o 3G/4G ligado	-87	0,0019	989,29	0,0003	0,675	0,2	0,05
Os quatro celulares afastados cerca de 1,0 m com o 3G/4G ligado e realizando a ligação	-88	0,0015	839,29	0,0002	0,511	0,01	0,03

Como pode ser observando na Tabela 10 e 11, os resultados também estão em conformidade com os observados na Tabela 1, na qual é possível identificar que o máximo de exposição é cerca de 0,041 V/m que está abaixo do limite máximo encontrado de 129,567 V/m, para a faixa de frequência analisada do sinal 3G, o que acontece o mesmo com a faixa de frequência analisada do sinal 4G, sendo o Máximo de campo de 0,00029 V/m e o máximo permitido de 94,36 V/m. Os níveis de SARs, podem ser vistos na Tabela 12 e 13.

Tabela 12- Níveis de SARs e densidade de potência para a 2ª etapa 3G

Experimento	SARs(W/kg) 10⁻⁹	Ambiente Controlado Populacional (SAR média de corpo inteiro; Membros Cabeça e Tronco)	Seq (W/m²) 10⁻⁹	Densidade de potência da onda plana equivalente, Seq (W/m²)
Os quatro celulares afastados cerca de 50 cm com o 3G/4G ligado;	119,0	Em conformidade	433,0	Em conformidade
Os quatro celulares afastados cerca de 50 cm com o 3G/4G desligado e realizando a ligação	197,3	Em conformidade	717,0	Em conformidade
Os quatro celulares afastados cerca de 50 cm com o 3G/4G ligado e realizando a ligação	1245,0	Em conformidade	4520,0	Em conformidade
Os quatro celulares afastados cerca de 1,0 m com o 3G/4G desligado e realizando a ligação	124,5	Em conformidade	452,0	Em conformidade
Os quatro celulares afastados cerca de 1,0 m com o 3G/4G ligado	441,8	Em conformidade	1610,0	Em conformidade

Os quatro celulares afastados cerca de 1,0 m com o 3G/4G ligado e realizando a ligação	989,0	Em conformidade	3590,0	Em conformidade
--	-------	-----------------	--------	-----------------

Tabela 13- Resultados Níveis de SARs e densidade de potência para a 2ª etapa 4G

Experimento	SARs(W/kg)10⁻⁹	Ambiente Controlado Populacional (SAR média de corpo inteiro; Membros Cabeça e Tronco)	Seq (W/m2)10⁻⁹	Densidade de potência da onda plana equivalente, Seq (W/m²)
Os quatro celulares afastados cerca de 50 cm com o 3G/4G ligado;	0,030	Em conformidade	0,11	Em conformidade
Os quatro celulares afastados cerca de 50 cm com o 3G/4G desligado e realizando a ligação	0,022	Em conformidade	0,08	Em conformidade
Os quatro celulares afastados cerca de 50 cm com o 3G/4G ligado e realizando a ligação	0,059	Em conformidade	0,22	Em conformidade
Os quatro celulares afastados cerca de 1,0 m com o 3G/4G desligado e realizando a ligação	0,03	Em conformidade	0,12	Em conformidade
Os quatro celulares afastados cerca de 1,0 m com o 3G/4G ligado	0,05	Em conformidade	0,17	Em conformidade
Os quatro celulares afastados cerca de 1,0 m com o 3G/4G ligado e realizando a ligação	0,03	Em conformidade	0,01	Em conformidade

O resultado que apresentou maior campo elétrico, SARs e respectivamente Seq no segundo experimento foi a simulação com os quatro celulares afastados cerca de 50 cm com o 3G ligado e realizando a ligação, da mesma forma apresentada na primeira etapa devido ao maior intervalo de frequência do sinal 3G. Assim como para a

densidade de potência de onda plana equivalente, que para a faixa de frequência analisada, tem seu valor máximo de $46,63 \text{ W/m}^2$, para o sinal 3G e $24,73 \text{ W/m}^2$ para 4G e todos os níveis estão abaixo desse valor. Então um dispositivo móvel afastado 50 cm/1,0 m de um indivíduo não oferece risco a saúde do trabalhador.

Como pode ser observado pelos resultados obtidos nos experimentos apresentados nas tabelas não tem um valor tão significativo de campo elétrico. A medição realizada em ambiente aberto com o sinal 4G que possui um intervalo de frequência menor, isso se justifica visto que o cenário de medição é um ambiente que não possui paredes com características refletoras que façam com que uma parcela do campo elétrico volte para o usuário por reflexão. Para esse cenário o ar se encarrega de fazer com que a maior parcela do campo elétrico irradiado seja dispersa no ar, possuindo menor risco para a população.

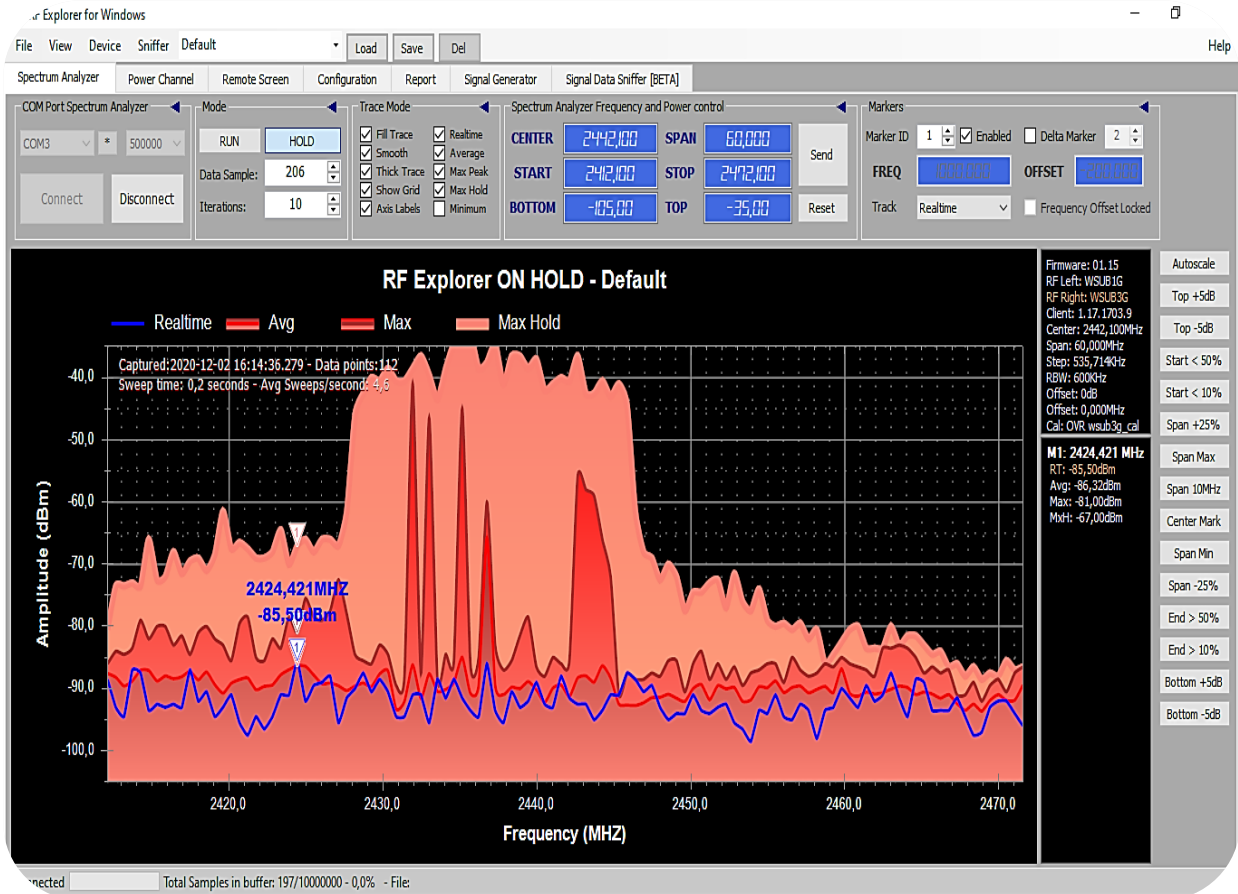
Os resultados mostrados neste conjunto de experimentos na sua totalidade estão em conformidade com as normas vigentes no Brasil. Sobre os resultados também é válido salientar que:

Os níveis de campo elétrico, nos ambientes fechados são maiores quando comparados aos valores aferidos em locais abertos pela faixa de frequência do 4G já nos aparelhos com sinal 3G notamos que a medições em locais abertos foram maiores e isso se justifica pela possibilidade de do campo eletromagnético ter sido absorvido pelas paredes e estruturas prediais que se tornam isolantes e o sinal no local fechado ter entrado enfraquecido.

Em comparação com a variação das distâncias de 50 cm e 1,0m percebe-se que em ambientes fechados quanto mais próximos do analisador de espectro convencional do modelo RF Exploreras taxas de campo elétrico são maiores e no ambiente aberto quanto mais distantes em comparação de um mesmo procedimento maior o campo elétrico.

O experimento da terceira etapa foi feito de acordo com a figura 7, variando 30 cm a distância para mais do Roteador, sendo medido 3 vezes, gerando assim medições de 30 cm de distância, 60 cm e 90 cm. O experimento foi realizado e então aferidos os níveis máximos de potência em dBm. Uma das ilustrações de uma das medições pode ser observada na Figura 9.

Figura 9 Medição realizada na 3ª Etapa.



Os resultados da terceira etapa podem ser observados na tabela 14 e 15.

Tabela 14- Resultados na 3ª Etapa

Experimento	Potência (dBm)	Valor da potência (W) 10^{-9}	Frequência (MHz)	Campo Elétrico (V/m)	Campo Magnético (A/m) 10^{-6}	Densidade de potência (W/m ²) 10^{-9}	SARs (W/kg) 10^{-9}
Experimento medição nas proximidades do roteador de wi-fi 30 cm	-72,5	0,056	2.426,56	0,003315	8,79	29,1	8,02
Experimento medição nas proximidades do roteador de wi-fi 60 cm	-85,5	0,00282	2.424,42	0,000741	1,97	1,46	0,401
Experimento medição nas proximidades do roteador de wi-fi 90 cm	-55	3,16	2.436,74	0,02496	66,2	1650,0	455,0

Tabela 15- Resultados na 3ª Etapa

Experimento	Potência dBm	Potência (W) Nano (10⁻⁹)	f (GHz)	Campo Elétrico (V/m)	Exposição
Os quatro celulares afastados cerca de 50 cm com o 3G/4G ligado;	-72,5	0,056	1,86	0,003	Em conformidade
Os quatro celulares afastados cerca de 50 cm com o 3G/4G desligado e realizando a ligação	-85,5	0,003	1,86	0,001	Em conformidade
Os quatro celulares afastados cerca de 50 cm com o 3G/4G ligado e realizando a ligação	-55	3,16	1,86	0,025	Em conformidade

Como pode ser observando na Tabela 14, os resultados também estão em conformidade com os observados na Tabela 1, na qual é possível identificar que o máximo de exposição é cerca de 0,0249V/m que está abaixo do limite máximo encontrado de 148,09V/m, O nível de SARs, podem ser vistos na Tabela 16.

Tabela 16- Níveis de SARs e densidade de potência para a 3ª etapa.

Experimento	SARs (W/kg) 10⁻⁹	Ambiente Controlado Populacional (SAR média de corpo inteiro; Membros Cabeça e Tronco)	Seq (W/m²) 10⁻⁹	Densidade de potência da onda plana equivalente, Seq (W/m²)
Experimento medição nas proximidades do roteador de wi-fi 30 cm	8,02	Em conformidade	29,1	Em conformidade
Experimento medição nas proximidades do roteador de wi-fi 60 cm	0,401	Em conformidade	1,46	Em conformidade
Experimento medição nas proximidades do roteador de wi-fi 90 cm	455,0	Em conformidade	1650,0	Em conformidade

O resultado que apresentou maior campo elétrico, SARs e respectivamente Seq no segundo experimento foi a medição 90 cm nas proximidades do roteador de Wi-Fi possuindo um campo de valor. Assim como para a densidade de potência de onda plana equivalente, que para a faixa de frequência analisada, tem seu valor máximo de 60,91W/m², e todos os níveis estão abaixo desse valor. Então a proximidades de até 90

cm medidas no experimento não oferece risco a saúde do trabalhador.

6 CONCLUSÕES

No trabalho foi proposta uma série de experimentos com o intuito de investigar se a exposição de radiação não-ionizante emitida por dispositivos moveis em ambientes de trabalho, oferece risco à saúde do trabalhador. No trabalho foi escolhido como dispositivo móvel, smartphones no modelo iPhone. Os experimentos foram realizados a distâncias que possam garantir a caracterização de uma onda plana, ou seja, a região de campos distantes e um afastamento que é o convencional de trabalhadores que dividem um escritório, por exemplo. Os níveis de campo foram coletados por um analisador de espectro convencional do modelo RF Explorer e tratados analiticamente para serem comparados com as normas Brasileiras.

Através do conjunto de experimentos propostos no trabalho é possível concluir que apesar de ter-se níveis de campo elétrico irradiado para o corpo do ser humano praticamente em todos os ambientes sejam fechados ou abertos, pela utilização de dispositivos móveis, a irradiação caracterizada como não ionizante não oferece risco significativo ao usuário pela exposição prolongada. Uma vez que todos os dados aferidos estão em conformidade com as normas vigentes. Não sendo obtido nenhum nível de SARs detectado com uma não conformidade, não gerando risco quanto ao aquecimento do tecido da pele, a exposição do campo pelo trabalhador dificilmente irá atingir níveis tão altos, uma vez que o corpo inteiro do trabalhador não está exposto a maior parcela do campo elétrico irradiado e também se deve levar em consideração que a maior parte do corpo do trabalhador está coberta por roupas, que possuem características dielétricas e atenuam de forma significativa o nível de campo elétrico que atinge a pele não exposta diretamente. Diante dos resultados apresentados, não há risco a saúde do trabalhador. Portanto não são necessárias medidas de controle para diminuir o nível de exposição de radiação não-ionizante ao trabalhador. Logo os objetivos gerais e específicos do trabalho foram atingidos.

Seria de fundamental importância e fica como sugestão para futuros trabalhos se fazer uma avaliação dos impactos da tecnologia 5G na saúde dos usuários, com a mesma metodologia adotada neste trabalho, tendo em vista que é uma nova tecnologia bem diferente em ascensão, prevendo então uma grande ampliação da sua utilização em

um futuro próximo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ano 3-Volume 6, nº 2, abril/junho 2004 São Paulo, 2004 POLUIÇÃO ELETROMAGNÉTICA-SAÚDE PÚBLICA, MEIO AMBIENTE, CONSUMIDOR E CIDADANIA: IMPACTOS DAS RADIAÇÕES DAS ANTENAS E DOS APARELHOS CELULARES.

Aracy Pereira S. Balbani¹, Alberto Luís Krawczyk-Impacto do uso do telefone celular na saúde de crianças e adolescentes Impact of mobile phone use on the health of children and adolescents.

CAVALCANTI, BOAZ. T. EXPOSIÇÃO HUMANA AOS NÍVEIS DE RADIAÇÕES NÃO IONIZANTES EMITIDAS PELAS ESTAÇÕES RÁDIO NASCIMENTO, J. DE A. Determinação da polarização da onda eletromagnética de fontes desconhecidas pelo método da componente linear. Campina Grande, 2011. 128f. Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Engenharia Elétrica e Informática.

BASE. Florianópolis, 2015. 86f. Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Tecnológico Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental.

COSTA, C. P. DA Análise da Exposição Eletromagnética Passiva à Multifontes Distribuídas em Ambientes Abertos. Campina Grande, 2011. 101f. Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Engenharia Elétrica e Informática.

IEEE - INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, INC.

IEEE Std C95.1-2005 (Revision of IEEE Std C95.1-1991). IEEE Standard for safety levels with respect to human exposure to radio frequency electromagnetic fields, 3 kHz to 300 GHz. 3 Park Avenue, New York, NY 10016- 5997, USA, 03 out. 2005. Disponível em: <www.standards.ieee.org/about/get>. Acesso em: 02 fev. 2020.

MEDEIROS, J. C. D. O. Princípios de Telecomunicações. 5ª. ed. Érica, 2016. Pgs. 221, 226.

RODRIGUES, R. A. A Determinação da Distribuição de Campo Eletromagnético Proveniente de Várias Fontes em um Automóvel. Campina Grande, 2011. 131f. Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Engenharia Elétrica e Informática.

ANATEL, através da resolução 3003/2002.

ANATEL-Disponível em:< <http://www.anatel.gov.br/legislacao/resolucoes/2002/128-resolucao-303#art1>>>. Acessado em 24/01/2020.

Telecon- SAR-Specific Absorption Rate- Taxa de absorção específica (SAR). Disponível em:<https://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialrsar/pagina_2.asp> Acessado em 05/02/2020

