

**ACADEMIA MILITAR DAS AGULHAS NEGRAS
ACADEMIA REAL MILITAR (1810)**

GABRIEL PASCOAL ZANATELI ZAPPI SILVA

**ESTUDO DOS POSSÍVEIS EFEITOS DAS RADIAÇÕES NÃO-IONIZANTES EM
MILITARES DO EXÉRCITO BRASILEIRO**

Resende

2017

GABRIEL PASCOAL ZANATELI ZAPPI SILVA

**ESTUDO DOS POSSÍVEIS EFEITOS DAS RADIAÇÕES NÃO-IONIZANTES EM
MILITARES DO EXÉRCITO BRASILEIRO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Academia Militar das
Agulhas Negras como parte dos
requisitos para a Conclusão do Curso
de Bacharel em Ciências Militares, sob
a orientação do 1º Ten STT Anderson
Gomes de Jesus.

Resende

2017

GABRIEL PASCOAL ZANATELI ZAPPI SILVA

**ESTUDO DOS POSSÍVEIS EFEITOS DAS RADIAÇÕES NÃO-IONIZANTES EM
MILITARES DO EXÉRCITO BRASILEIRO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Academia Militar das
Aglhas Negras como parte dos
requisitos para a Conclusão do Curso
de Bacharel em Ciências Militares, sob
a orientação do 1º Ten STT Anderson
Gomes de Jesus.

COMISSÃO AVALIADORA

Anderson Gomes de Jesus – 1º Ten STT – Orientador

Avaliador

Avaliador

Resende

2017

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me abençoado durante esta árdua jornada e por ter me dado forças para superar os desafios do curso, sendo minha luz em tempos difíceis. À minha mãe, Célia Maria e ao meu pai, Sandro, por terem sido meu alicerce à distância, por terem me educado bem e por serem meus modelos de fortaleza e retidão, com muito carinho, amor, dedicação e orações. E, também, ao meu irmão André, amigo mais fiel, por ter me servido de exemplo à carreira das armas. Por fim, à minha namorada e companheira Beatriz, que me apoiou na dificuldade da rotina e me guiou na produção deste TCC de forma eficiente.

Ao orientador deste TCC, 1º Ten Jesus, por ter me inspirado no 1º Ano do Curso Básico da AMAN a tentar aproximar à carreira das Armas ao curso que admiro desde tenra idade, a Química.

A todos instrutores da AMAN, responsáveis por forjar meu caráter militar acompanhar minha formação com afincos e abnegação.

RESUMO

SILVA, Gabriel Pascoal Zanateli Zappi. **Estudo dos possíveis efeitos das radiações não-ionizantes em militares do Exército Brasileiro.** Trabalho de Conclusão de Curso – Ciências Militares, Academia Militar das Agulhas Negras – AMAN, 2017.

Este trabalho trata de um breve estudo sobre os efeitos das radiações não-ionizantes em militares do Exército Brasileiro, além de abordar o nível de conhecimento deles acerca do tema. A pesquisa conta com o levantamento de dados obtidos através de análises teóricas e de campo que serviram de base para o apontamento das características do referido espectro e verificação de seus possíveis efeitos, visando o aprimoramento nas instruções dos Cadetes da Arma de Comunicações da AMAN e de tropas que operam os mais diversos meios de comunicação do Exército.

Palavras-chave: Radiação não-ionizante. Efeitos biológicos. Exército Brasileiro.

ABSTRACT

SILVA, Gabriel Pascoal Zanateli Zappi. **Study of the possible effects of non-ionizing radiations in Brazilian Army military.** Monograph - Military Sciences. Agulhas Negras Military Academy, AMAN, 2017.

This paper is a brief study on the effects of non-ionizing radiation on Brazilian Army military personnel, as well as on the level of knowledge about them. The research had data collected through theoretical and field analysis that serves as the basis for spectrum identification, its characteristics and possible effects, aiming the improvement of the instructions of the Signal Corps Cadets of AMAN and the troops which operates the diverse means of communication of the Brazilian Army.

Key words: Non-ionizing radiation. Biological effects. Brazillian army.

LISTA DE ABREVIACOES

Hz - Hertz

Kg – quilograma

m/s - metros por segundo

W - Watts

W/Kg - Watts por quilograma

LISTA DE SIGLAS

ABRICEM - Associação Brasileira de Compatibilidade Eletromagnética
AMAN - Academia Militar das Agulhas Negras
ANATEL - Agência Nacional de Telecomunicações
ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica
B Com - Batalhão de Comunicações
BGE - Batalhão de Guerra Eletrônica
Bld - Blindado
CComGEx - Centro de Comunicações e Guerra Eletrônica do Exército
CEM - Campos Elétricos e Magnéticos
Cia C2 - Companhia de Comando e Controle
Cia Com - Companhia de Comunicações
CMA - Comando Militar da Amazônia
CML - Comando Militar do Leste
CMN - Comando Militar do Norte
CMNE - Comando Militar do Nordeste
CMO - Comando Militar do Oeste
CMP - Comando Militar do Planalto
CMSE - Comando Militar do Sudeste
DGP - Departamento-Geral do Pessoal
DNA – Ácido Desoxirribonucleico (*Desoxiribonucleic acid*)
EB - Exército Brasileiro
EsCom - Escola de Comunicações
EsIE - Escola de Instrução Especializada
GE - Guerra Eletrônica
HF - Alta Frequência (*High Frequency*)
ICNIRP - Comissão Internacional de Proteção Contra as Radiações Não Ionizantes
(*International Commission on Non Ionizing Radiation Protection*)
INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IR - Infravermelho (*Infrared*)
IRPA - Associação Internacional de Proteção à Radiação (*International Radiation Protection Association*)
K - Kelvin
L - Leve
Mec - Mecanizado
OM - Organização Militar
OMS - Organização Mundial de Saúde
Pqdt - Paraquedista
RF - Radiofrequência
RNI - Radiação Não-Ionizante
SAR - Taxa específica de absorção de energia por tecidos do corpo (*Specific Absortion Rate*)
SI - Selva
TCC - Trabalho de Conclusão de Curso
UHF - Frequência Ultra Alta (*Ultra High Frequency*)
VHF - Frequência Muito Alta (*Very High Frequency*)

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Onda Eletromagnética.....	17
Figura 2 – Espectro da radiação eletromagnética.....	19
Figura 3 – Representação do espectro das Radiofrequências.....	19
Figura 4 – Ondas UHF, Micro-ondas e Infravermelho	20
Figura 5 – Propagação pela reflexão via Ionosfera	22
Figura 6 – Onda Celeste ou Ionosférica	22
Figura 7 – Níveis de referência SAR recomendados pela ANATEL.....	26
Figura 8 – Efeitos da radiação nas áreas do globo ocular	30
Figura 9 – Influência das ondas eletromagnéticas no corpo humano.....	32
Figura 10 – Fórmula para calcular tamanho de uma amostra.....	33
Figura 11 – Forma de distribuição de Gauss para nível de confiança.....	34
Figura 12 – 1ª questão <i>Survey Monkey</i>	35
Figura 13 – 2ª questão <i>Survey Monkey</i>	36
Figura 14 – 3ª questão <i>Survey Monkey</i>	37
Figura 15 – 5ª questão <i>Survey Monkey</i>	37
Figura 16 – 4ª questão <i>Survey Monkey</i>	38
Figura 17 – Comparativo dos possíveis efeitos entre os blocos.....	40
Figura 18 – Percepção acerca do espectro não-ionizante	41
Figura 19 – Militares com conhecimento pré-operação	41

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO	13
2.1 Revisão da literatura e antecedentes do problema	13
2.2 Referencial metodológico e procedimentos	14
3 CONCEITOS BÁSICOS	17
3.1 Definição de radiação eletromagnética.....	17
3.2 Radiação Ionizante	18
3.3 Radiação não-ionizante	18
3.4 Radiofrequências	19
3.4.1 Ondas HF e Ondas VHF	19
3.4.3 Ondas UHF, Micro-ondas e Infravermelho	20
3.5 Ionosfera	21
4 EFEITOS BIOLÓGICOS DA RADIAÇÃO	23
4.1 Legislação definindo limites aceitáveis	23
4.2 CEM.....	23
4.3 Intensidade, tempo de exposição ao CEM e susceptibilidade.....	24
4.4 Radiação ionizante x radiação não-ionizante.....	25
4.5 Bioeletromagnetismo	26
4.6 Efeitos Biológicos de acordo com a radiofrequência	27
4.6.1 Ondas HF e Ondas VHF	27
4.6.2 Ondas UHF, Micro-ondas e Infravermelho	28
4.7 Possíveis efeitos estudados	29
4.7.1 Efeito ocular	29
4.7.2 Efeitos nos Testículos.....	30
4.7.3 Efeitos Neurológicos	31
5 RESULTADOS E ANÁLISE DOS DADOS	34
5.1 Métodos de análise e coleta de dados	34
5.2 Resultados e análise bruta dos dados.....	36
5.3 Análise dos dados de forma específica.....	39
6 CONCLUSÃO	46
REFERÊNCIAS	49
APÊNDICE A - Questionário do link <i>Survey Monkey</i>:	52

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, a questão sobre os efeitos biológicos das radiações não ionizantes, tem adquirido importância, pois se trata de um conceito contemporâneo e requer a atualização do Exército Brasileiro nessa parte da Física, visto que os militares estão expostos aos mais diversos espectros de radiações, em especial, as radiofrequências, oportunamente abordadas.

Seu estudo é relevante para o meio militar, uma vez que analisar os efeitos das radiações não-ionizantes nos combatentes é forçoso pelo fato do Exército sempre empregar algum equipamento rádio nas Operações. Situação que expõe os militares que fazem uso daqueles a assumir o risco de se submeterem aos efeitos das radiações, em especial, os que pertencem à Arma de Comunicações, integradores da rede de uma Brigada em um Centro de Comunicações, que são expostos a uma gama maior de radiação.

A presente pesquisa busca tratar do tema sob a perspectiva da verificação dos efeitos biológicos das radiações não-ionizantes em militares. A abordagem tem como alicerce a tríade: tempo de exposição a radiações, intensidade dos campos eletromagnéticos e susceptibilidade quanto ao desenvolvimento de desordens físicas ou biológicas aos combatentes.

Delimita-se o foco investigativo na análise dos efeitos biológicos das radiações não-ionizantes dos militares do Exército Brasileiro expostos às radiofrequências emitidas pelos rádios em uso nas diversas Unidades do Exército. A partir disso, a probabilidade a desenvolver complicações físicas ou biológicas de menor ou maior grau após um longo tempo de exposição à radiação não-ionizante será elucidada.

Nessa esteira, pretende-se verificar a relação entre radiação ionizante e não-ionizante e evidenciar que por mais que não haja compensação orgânica a militares expostos a radiações não-ionizantes, esta possui um grau de periculosidade que deve ser levado em consideração pelo responsável pelas Operações nas diversas Unidades.

Os objetivos específicos deste Trabalho de Conclusão Curso foram: explicar brevemente o que são ondas eletromagnéticas; explicar sobre as radiofrequências e sobre a ionosfera; diferenciar radiação ionizante de radiação não-ionizante; evidenciar os efeitos biológicos das radiações não-ionizantes referentes às radiofrequências e micro-ondas.

As principais fontes utilizadas foram as padronizações da Comissão Internacional de Proteção Contra as Radiações Não Ionizantes (ICNIRP), Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL), Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), Associação Brasileira de Compatibilidade Eletromagnética (Abricem) e Organização Mundial de Saúde (OMS) referente à regulamentação de um limiar considerado inócuo às pessoas. Além disso,

citam-se diversos pesquisadores de renome nessa área, que considerada uma incógnita na atualidade por ter resultados inconclusivos.

A presente monografia está assim estruturada:

No primeiro capítulo, faz-se uma breve introdução do tema a ser abordado, delimitando-se o foco de pesquisa. No segundo capítulo, faz-se a revisão de literatura, onde se aborda o referencial metodológico que norteou todo este trabalho.

No terceiro capítulo, procura-se fornecer os conceitos básicos para o devido entendimento deste Trabalho de Conclusão de Curso. Para a elaboração deste capítulo foi utilizado como fontes principais a exposição de Halliday e Hesnick sobre ondas eletromagnéticas, as teses de Heinrich sobre a diferenciação entre radiação ionizante e radiações não-ionizantes e a explicação de Catalão sobre Radiofrequências.

O quarto capítulo traz como tema principal a radiação não-ionizante de forma técnica e teórica e expõe citações referentes a esse espectro ora constantes na legislação nacional. As principais fontes utilizadas foram o que padroniza o ICNIRP para criar um limiar de exposição inócuo delimitado pela OMS e então infundido pela ANATEL. E como exemplificação dos efeitos biológicos estudados, os trabalhos de Lamparelli foram de suma importância para a formulação da pesquisa aplicada.

No quinto capítulo foram apresentados os resultados e a análise dos dados por meio da Teoria dos Grandes Números e análises estatísticas percentuais, podendo por meio deles formular suposições generalizadas ou não. E a partir disso, tem-se a conclusão, no sexto e último capítulo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO

A área de pesquisa se adéqua aos desdobramentos analíticos do campo de estudo da Segurança, Meio Ambiente e Saúde.

2.1 Revisão da literatura e antecedentes do problema

Com o escopo de identificar o que de mais relevante e atualizado tem sido produzido sobre o tema efeitos biológicos das radiações não-ionizantes, cita-se dentre os vários estudiosos do assunto, o autor Marcato (2013), que aborda o tema sob a perspectiva de que “os CEM são caracterizados por sua frequência (comprimento de onda) e amplitude (intensidade) [...] e seus efeitos na saúde podem ser classificados como de caráter imediato ou de curto prazo, bme como de longo prazo”, chegando à conclusão que de fato as radiações não-ionizantes produzem diversos efeitos nos indivíduos.

Reporta-se, dessa forma, à ICNIRP (Comissão Internacional de Proteção contra as Radiações não-ionizantes), uma entidade sem fins lucrativos, com sede na Alemanha. O instituto estuda os possíveis riscos à saúde humana derivados da exposição à Radiação Não-Ionizante e provê o aconselhamento técnico-científico necessário. Foram nos dados apresentados por esta que a OMS se baseou para lançar o limite recomendado de exposição às radiações, que possibilitou na criação da Lei n. ° 11.934/09 no Brasil.

Na questão das emissões eletromagnéticas a legislação brasileira, através da Lei n. ° 11.934 de 5 de maio de 2009 estabeleceu que fossem adotados, especialmente nos setores de eletrônicos e de telefonia, os limites recomendados pela Organização Mundial de Saúde.

De acordo com o Artigo 5º da mencionada norma “as estações transmissoras de radiocomunicação [...] deverão atender aos limites de exposição humana aos campos elétricos, magnéticos ou eletromagnéticos” (BRASIL, 2009, art. 5º). Isso evidencia a preocupação por parte do Governo Federal do efeito que tais campos causam no ser humano.

Pela abordagem de Heinrich (2002) “o efeito que a radiação provoca nos seres vivos depende do tipo, intensidade e tempo de exposição”. Com isso se evidencia o trinômio tempo de exposição, suscetibilidade e intensidade ao qual se estuda a possibilidade do indivíduo em desenvolver algum problema de saúde.

Por essa linha de análise é possível também mencionar a diferenciação entre o efeito biológico e o fator nocivo. Para se observar o primeiro, a exposição a ondas eletromagnéticas causa um detectável efeito no sistema biológico, não necessariamente prejudicial à saúde. Já

um fator nocivo à saúde ocorre quando esse efeito está fora dos padrões considerados normais, levando a alguma condição prejudicial à integridade física (HEINRICH, 2002).

O foco das análises deste trabalho está na exposição dos efeitos biológicos em capítulos subsequentes, os quais abordam de forma relevante para a Força Terrestre, baseados no que há de mais recente no mundo acadêmico acerca do tema. A pesquisa realizada foi de caráter exploratório e teve como principais fontes de informação: a pesquisa documental, por meio da análise dos dados coletados através de uma pesquisa disponibilizada via link de acesso tanto a militares em final de formação, tanto aos já formados.

Diante do que foi encontrado na literatura acerca do tema, pode-se identificar uma questão que parece problemática: por ser um tema bibliográfico recente, carece de estudos conclusivos, vez que grande parte aponta para um efeito térmico. Mas até que ponto é salutar aos militares do Exército, em especial os da Arma de Comunicações, sofrerem com as possíveis consequências desse efeito, seja por desconhecimento, seja por negligência ou pela falta do devido embasamento técnico-científico?

2.2 Referencial metodológico e procedimentos

Com vista a investigar as lacunas no conhecimento até agora existente é oportuno problematizar a questão: militares da Arma de Comunicações, que operam equipamentos transmissores de radiofrequências já desenvolveram determinado efeito físico ou biológico durante ou após uma Operação?

A falta de efetivos tecnicamente capacitados dificulta o revezamento para operar os equipamentos-rádio em uma Operação. Além disso, sua conscientização não é feita pelo fato do estudo das radiações não-ionizantes ser recente e inconclusivo. A pesquisa desenvolvida está vinculada à premissa da possibilidade de os combatentes sofrerem algum efeito referente à radiação não-ionizante quando muito operam os diversos equipamentos que transmitem ondas no nível das radiofrequências.

A intenção é enumerar os efeitos das radiofrequências e citar ao menos um rádio usado em Operações pelo Exército Brasileiro.

Podem-se enunciar as hipóteses da seguinte maneira:

a) se não há o devido esclarecimento dos operadores quanto ao espectro não-ionizante nos períodos em que passaram por instruções nos bancos escolares da AMAN/EsSA/EsLog;

b) se os operadores de equipamentos, que emitem radiação não-ionizante, desenvolveram algum efeito ao submeterem a ambientes que emitam radiofrequências, como um Centro de Comunicações, por exemplo, que concentra as Comunicações da Brigada;

Os objetivos foram: comprovar se de fato há essa lacuna de conhecimento na formação técnico-profissional dos militares da Arma de Comunicações e a partir disso concluir confirmando a hipótese se algum militar exposto às radiações não-ionizantes no que concerne às radiofrequências sofreu algum de seus possíveis efeitos estudados.

Logo, as seguintes variáveis foram estudadas: existência de instruções nos bancos escolares aos militares em formação, que propiciasse o devido conhecimento acerca dos efeitos biológicos das radiações não-ionizantes e, também, sobre a incidência de certos efeitos físicos ou térmicos em operadores de equipamentos na faixa das radiofrequências ou micro-ondas.

Os objetivos foram evidenciar a lacuna de conhecimento existente na formação dos militares de carreira, ocasionando na negligência ao operar os equipamentos emissores de radiações eletromagnéticas, o que prejudica tanto os Oficiais quanto seus subordinados. Além disso, pretendeu-se evidenciar por métodos estatísticos se há a incidência de alguns efeitos abordados em pesquisa aplicada.

Visou-se especificamente a exposição da carência de conhecimento na fonte dos mesmos, os bancos escolares, em relação ao ensino da temática supracitada. Fato esse que pode vir a criar um ambiente de trabalho que afete a qualidade de vida dos militares que sofrem incidência eletromagnética das naturezas em estudo.

Tendo em vista o exposto, justifica-se a importância do presente trabalho em determinar se há lacuna no conhecimento por parte de militares do Exército Brasileiro, ao se analisar o espaço amostral dos dados coletados de uma pesquisa divulgada nas mais diversas Organizações Militares de Comunicações da Força Terrestre. Pois essa carência de conhecimento pode fazer com que se negligencie a possível periculosidade de expor os subordinados a um ambiente com alta taxa de radiações não-ionizantes.

Com o propósito de se operacionalizar a pesquisa, adotaram-se os procedimentos metodológicos descritos abaixo.

Primeiramente, realizou-se uma pesquisa bibliográfica visando a rever a literatura que fornecesse base teórica para prosseguir na pesquisa. Desse levantamento, destacam-se os trabalhos publicados pela ICNIRP e OMS, respectivamente, comissão e organização que nortearam nas padronizações feitas pela ANATEL que nortearam a Lei nº 11934/09. Além

disso, os trabalhos de Araújo ajudaram na evidência de efeitos térmicos e os de Lamparelli, Ribeiro e Pessoa forneceram o embasamento dos possíveis efeitos biológicos.

A primeira constatação é que foram editados até o momento muitos títulos sobre o assunto, porém eles não são nada conclusivos e se baseiam em teorias sobre a emissão eletromagnéticas (SAR) e suposições, pois é uma área em que a Ciência tem dificuldade de posicionar de forma precisa e eficiente.

Quanto à qualidade das fontes encontradas, pode-se dizer que foram utilizados materiais de teses de mestrado de civis e militares no assunto em que se baseia este TCC. Destacam-se, pela qualidade, pertinência e atualidade, as pesquisas de Heinrich na definição de radiações eletromagnéticas e de Catalão que subdivide a radiação não-ionizante em três grandes frentes, além de fazer definir precisamente o que é bioeletromagnetismo.

Embasado nessa base teórica, passou-se a coletar dados por meio de questões formuladas de um questionário, aplicado nas diversas Organizações Militares de Comunicações do Exército Brasileiro no período entre 01/04/17 a 10/05/17.

Os objetivos foram amparar o cerne deste trabalho de conclusão de curso, confirmando, ainda que parcialmente, ou refutando as hipóteses elencadas. Ressalta-se que não devem ser desconsideradas as limitações de acesso de pessoal, assim como a fixação de variáveis pré-determinadas para o estudo eficiente do tema em questão. Com isso, surgiu um efetivo amostral, que estatisticamente, possui alto nível de confiança, comprovada pela aplicação da Teoria Geral dos Números. Um modelo do questionário aplicado segue em apêndice.

No tratamento dos posicionamentos coletados, trabalhou-se com estatísticas, tabelas e gráficos para permitirem melhor visualização por parte do analista de dados e dos que destes fizerem uso para embasar pesquisas futuras nessa área.

Na análise das informações, efetuou-se a comparação entre os blocos do universo amostral e porcentagem, através de métodos estatísticos de análise do tamanho e relevância de um espaço amostral qualquer.

Com isso, foi possível confrontar os resultados obtidos do questionário com a teoria estudada na revisão da literatura e, levantar suposições, genéricas ou não, acerca do ensino das escolas de formação, em especial da AMAN, e do conhecimento técnico-profissional de Oficiais, Cadetes, Praças e Alunos da EsSA e da EsLog.

3 CONCEITOS BÁSICOS

3.1 Definição de radiação eletromagnética

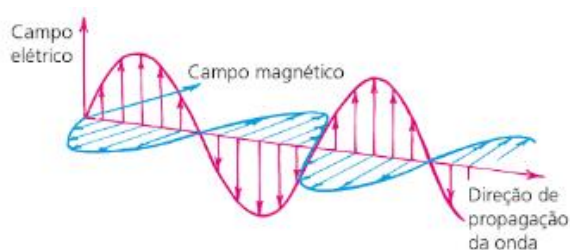
Antes de se delimitar conceitos de radiação eletromagnética, faz-se necessário entender o que são ondas:

Onda é um pulso energético que se propaga através do espaço ou através de um meio (líquido, sólido ou gasoso), com velocidade definida. O pulso é uma perturbação oscilante de alguma grandeza física no espaço e periódica no tempo. A oscilação espacial se caracteriza por seu comprimento de onda, enquanto que o tempo decorrido em uma oscilação completa é denominado período da onda, e é o inverso da sua frequência. O comprimento de onda e a frequência estão relacionados pela velocidade com que a onda se propaga. (NUSSENZVEIG, 2002).

Diante do exposto, a certa frequência, associa-se um comprimento de onda específico, o qual diferencia a radiação em ionizante ou em não-ionizante dentro do espectro eletromagnético.

Radiação eletromagnética pode ser considerada como “o distúrbio constituído pela propagação de campos elétricos e magnéticos [...], que no vácuo, estas ondas deveriam se propagar com velocidade v cujo valor é $3,0 \times 10^8$ m/s” (ÁLVARES E LUZ, 2007, p. 289). Sua representação cartesiana exemplifica-se da seguinte forma:

Figura 1 – Onda Eletromagnética



Fonte: HEWITT, Paul, 2015, p.488

A variação ocorre conforme a frequência da onda, o que implica no comprimento dessa. Com isso, têm-se os mais diversos tipos de onda, desde a radiação gama, usada na Medicina até as ondas de rádio utilizadas nas diversas estações rádio para manter a população informada.

3.2 Radiação Ionizante

Para Heinrich (2002), radiação ionizante é aquela que possui energia suficiente para remover os elétrons dos átomos com os quais interagem, o que os deixa eletricamente carregados, ou seja, ionizados. Exemplos desse tipo de radiação são os raios-x e raios gama, cada um com um poder de penetração diferente. Esta radiação possui alta frequência, superior a 10^{15} Hz e é caracterizada por apresentar comprimentos de onda reduzidos e elevada energia, que pode causar alterações no equilíbrio químico das células, com consequências graves para os materiais genéticos.

A partir deste cenário que se explica sua periculosidade e por que quem opera materiais radioativos ou equipamentos que emitem tais radiações (raios-x) recebem compensação orgânica salarial.

3.3 Radiação não-ionizante

Heinrich (2002) exemplifica as radiações não-ionizantes como as que variam dentro do espectro do ultravioleta. Das micro-ondas, da luz visível, às das radiações eletromagnéticas utilizadas em sistemas de telecomunicações, e dos campos eletromagnéticos encontrados nas proximidades das linhas de transmissão de energia e aparelhos eletrodomésticos.

O espectro das radiações não-ionizantes abarca três áreas, segundo Catalão (2010, p. 17-19):

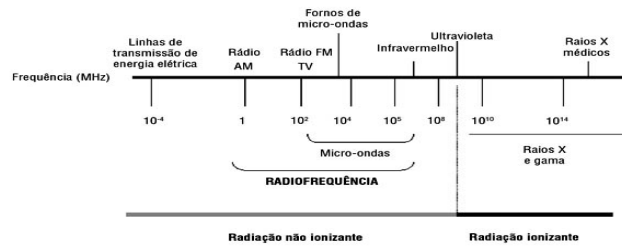
A) A primeira se refere aos Campos eletromagnéticos de frequências extremamente reduzidas, que não ultrapassam a casa dos 3kHz.

B) A segunda, diz respeito à Radiação de radiofrequência; foco deste Trabalho de Conclusão de Curso; a qual constitui ondas eletromagnéticas que se propagam no ar e no vácuo entre 3 kHz e 300 GHz.

C) Finalmente a terceira reporta-se à Radiação óptica não coerente, capaz de sensibilizar os olhos humanos. Compreende a radiação ultravioleta (UV) e a radiação infravermelha (IV).

Veja-se:

Figura 2 – Espectro da radiação eletromagnética

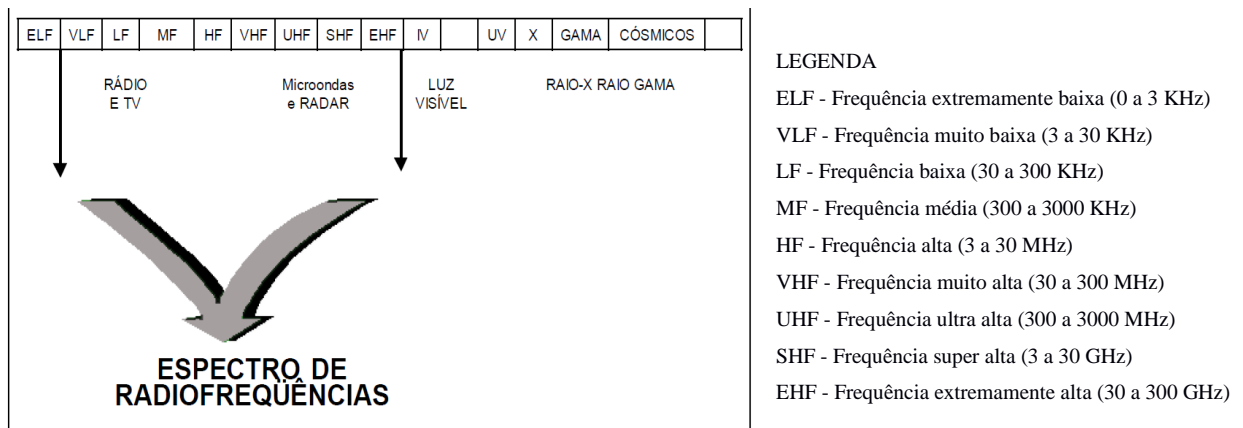


Fonte: Grupo Editorial Moreira JR – Controvérsias & Interfaces

3.4 Radiofrequências

“O termo radiofrequência (RF) refere-se a uma corrente alternada que, se for fornecida por uma antena, gera campos eletromagnéticos, adequados para serem utilizados em comunicações rádio” (CATALÃO, 2010, p. 36), por exemplo. A subdivisão desse espectro acontece da seguinte forma:

Figura 3 - Representação do espectro das Radiofrequências.



Fonte: Manual de Campanha. C24-2: administração de radiofrequências, 2002, p. 2-1

3.4.1 Ondas HF e Ondas VHF

Ondas de Alta Frequência, do inglês HF (*High Frequency*) são aquelas que se propagam com frequência entre 3 Hz a 30 MHz (ASSIS, 2012, p. 34).

Espectro utilizado em comunicação militar pelo rádio MPR 9600 (Falcon II), a propagação ocorre principalmente através de ondas de superfície e ondas ionosféricas.

Quando se dá na forma de ondas ionosféricas estas comunicações atingem longas distâncias podendo dar volta em torno da terra por meio da reflexão ionosférica.

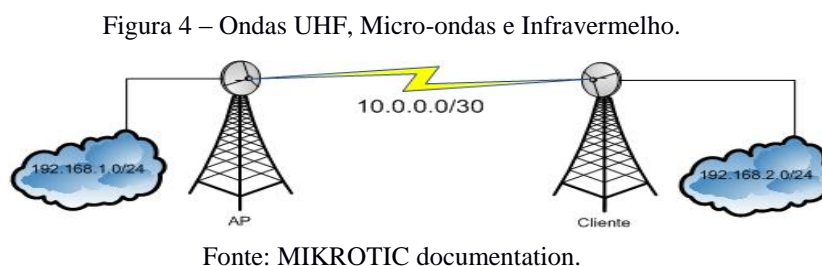
Já as ondas de frequências muito altas, do inglês VHF (*Very High Frequency*) são aquelas que se propagam com frequência entre 30 Hz a 300 MHz (ASSIS, 2012, p. 35).

Espectro utilizado em comunicação militar pelo rádio RF-7800V-HH (Falcon III), a propagação desta ocorre principalmente por ondas diretas, difratadas e ondas espalhadas. Esta é uma das faixas mais utilizadas do espectro por se tratar da faixa em que se encontram todos os canais de televisão em VHF.

3.4.2 Ondas UHF, Micro-ondas e Infravermelho

Ondas de frequências ultra altas, do inglês UHF (*Ultra High Frequency*) são aquelas que se propagam com frequência entre 300 MHz a 3000 MHz (ASSIS, 2012, p. 35). Fazem parte do espectro utilizado em comunicação militar pelo rádio XTS 2000, por exemplo, pois nessa faixa de frequência o Exército utiliza vários tipos de rádio. A propagação dessa onda ocorre por ondas de visada direta e difratadas.

Já as micro-ondas, de frequências compreendidas entre, aproximadamente, 10^8 Hz a 10^{11} Hz, são utilizadas em comunicação militar pelo PTP Motorola, que visa levar link de dados a longas distâncias no terreno com visada direta. Ou também, pode-se evidenciar seu uso em radares, telecomunicações, transportando sinais de TV via satélite ou transmissões telefônicas, ligando cidades e países (ÁLVARES E LUZ, 2007, p. 294), como exposto a seguir em um enlace ponto-a-ponto:



Por fim, a radiação infravermelha compreende frequências desde cerca de 10^{11} Hz a 10^{14} Hz, é uma radiação não-ionizante na porção invisível do espectro eletromagnético que está adjacente aos comprimentos de onda longos, ou final vermelho do espectro da luz visível. Sua emissão é feita pelos átomos aquecidos de um corpo, que possuem constante e intensa

vibração (ÁLVARES E LUZ, 2007, p. 294). Utilizada nas trocas de informações entre computadores, celulares, radares e outros equipamentos eletrônicos.

3.5 Ionosfera

Pereira Filho (2002) caracteriza a ionosfera como a camada da atmosfera terrestre situada a 80 km e 600 km de altitude que contém cargas elétricas. A camada é composta de partículas carregadas eletricamente chamadas íons, que nada mais são do que átomos ou moléculas que ganharam ou perderam elétrons apresentando, portanto, carga elétrica negativa ou carga elétrica positiva.

O referido autor ainda a subdivide da seguinte forma:

A) Camada D: desde meados de 1960 sua existência tem sido enigmática, pois surge apenas durante o dia enquanto a Terra se encontra iluminada pelo Sol.

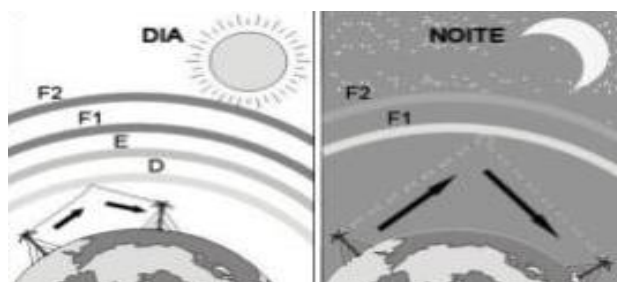
B) Camada E: mistura-se com o limite superior da Camada D, pois varia entre 5 a 10 km de espessura. Existem muitos tipos de mecanismos de ionização que operam a essa faixa de altitude dependendo da latitude, estação do ano, e nível de atividade solar. Essa camada não desaparece, mas apresenta uma permanente, mas ineficiente fonte de propagação noturna, por isso é desconsiderada para estudos noturnos referentes à reflexão ionosférica.

C) Camada E esporádica: Em adição a camada E normal da ionosfera, existem regiões ionizadas que ocorrem esporadicamente dependendo da localização terrestre e atividade solar. Diferentemente das camadas normais, estas vêm e vão irregularmente, e existem diversas teorias a respeito da sua causa. Tem altura variável; e são intensamente ionizadas, todavia, muito limitada em termos de extensão.

D) Camada F: A camada F é dividida em F1 e F2, sendo a mais importante região da ionosfera. Com esta, as comunicações de ondas curtas em alta distância, como a HF, estão relacionadas. Durante as horas do dia existem duas regiões bem definidas, a camada F1 e a camada F2. Em um dia de inverno a camada F1 começa um pouco acima do limite superior da camada E (150 km) e se estende até cerca de 250 km. Durante o dia de verão a camada F1 é encontrada em altitudes maiores. A camada F2 varia de 350 km durante o inverno e pode chegar a 500 km durante o verão. A maioria das transmissões em ondas curtas são acompanhadas através da camada F2.

Exemplifica-se com a seguinte figura:

Figura 5 – Propagação pela reflexão via Ionosfera



Fonte: Curso de Geografia da FURG

As características elétricas dessas camadas, as quais são coletivamente referidas como ionosfera, estão sujeitas a amplas variações. Isto ocorre por que a ionosfera é formada pela radiação proveniente do Sol. É essa a fonte da energia necessária para arrancar os elétrons das moléculas do topo da atmosfera e transformá-las em íons (PEREIRA FILHO, 2002).

Pereira Filho (2002), ainda expõe que a intensidade da radiação solar se modifica com a hora, com a estação do ano e com a localização geográfica. Na ionosfera esses íons estão dispostos em muitas camadas que são capazes de refletir as ondas de rádio na faixa de HF e devolvê-las à Terra em uma trajetória que faz com que as mesmas percorram grandes distâncias, como observado na figura abaixo:

Figura 6 – Onda Celeste ou Ionosférica



Fonte: Instituto Newton C. Braga

Disso exposto, tem-se melhor noção sobre os fenômenos de propagação ionosférica, característicos de rádios que operam em HF, responsáveis pelas comunicações a grandes distâncias.

4 EFEITOS BIOLÓGICOS DA RADIAÇÃO

4.1 Legislação definindo limites aceitáveis

Em 1996, a OMS implantou o Projeto Internacional de Campos Eletromagnéticos para investigar os potenciais riscos para a saúde associados a tecnologias emissoras de campos elétricos e magnéticos, baseado nisso, no mesmo ano a Abricem tentou regulamentar a exposição humana a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos de radiofrequências entre 9 kHz e 300 GHz. Isso teve como resultado uma proposta de normalização que foi adotada pela ANATEL através da publicação da resolução nº303, que estipula limites para exposição humana a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos de radiofrequência. (BELARDO et. al., s.a., p. 1).

As discussões sobre o tema se amadureceram até que o Brasil aprovou a Lei n.º 11.934, de 05 de maio de 2009, que se baseou em estudos da OMS sobre a taxação de limites referentes à exposição a campos eletromagnéticos e na prevenção dos efeitos adversos por eles causados, como o efeito térmico, por exemplo.

No “*caput*” do Art. 1º da referida lei depreende-se que ela 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, visando a garantir a proteção da saúde e do meio ambiente (BRASIL, 2009, art. 1º). Isso evidencia a preocupação do Governo Federal ante a manutenção do bem-estar dos trabalhadores que frequentam esses ambientes.

4.2 CEM

Campos Elétricos e Magnéticos existem sempre que há fluxo de corrente elétrica – em linhas de transmissão, distribuição, cabos, fiação residencial e equipamentos elétricos.

Campos Elétricos originam-se de cargas elétricas, são medidos em volts por metro e são facilmente blindados por materiais comuns, como madeira e metal. Campos magnéticos são decorrentes de fluxos de corrente elétrica e dependem também da intensidade e da distância das fontes de radiação. A grande maioria dos efeitos biológicos está associada principalmente à exposição a campos magnéticos. (OMS, 2007, p. 1).

4.3 Intensidade, tempo de exposição ao CEM e susceptibilidade

Observa-se que se um indivíduo for atingido por um feixe de radiação não-ionizante, não ocorre nenhuma lesão visível no momento da irradiação, por isso não se percebe quando se é irradiado.

Contudo, antes de se definir os efeitos que cada radiação provoca nos seres humanos, necessário é explicar o trinômio ao qual se pode ter a chance de se desenvolver algum resultado expressivo.

Primeiramente, deve-se ter em mente que não é porque as pessoas se submetem a CEM que vão desenvolver algum efeito físico ou biológico. Fatores combinados como a energia da radiação, o tempo de exposição, a dose absorvida, a parte do corpo atingida e a própria sensibilidade da pessoa devem ser estudados para se supor ou analisar um possível efeito.

Para analisar o resultado obtido, são necessários os seguintes parâmetros:

A) Intensidade do CEM - A quantidade de energia que um material poderá absorver a partir da radiação a que se encontra sujeito, depende da frequência da radiação, da intensidade do feixe, assim como da duração da exposição. (CATALÃO, 2010, p.42).

Deve-se observar o nível de intensidade do Campo Eletromagnético, pois altas taxas tendem a aumentar a probabilidade de se desenvolver complicações ao longo do tempo. Essa magnitude é ligada à energia pela qual a onda se propaga no meio.

B) Tempo de exposição ao CEM - Através da dedução lógica, evidencia-se que o tempo de exposição em pessoas aumenta proporcionalmente com a chance de sofrer algum efeito indesejado ao longo do tempo, pois com isso se aumenta a dose absorvida. Tanto que a ICNIRP limita o tempo de permanência à exposição ocupacional, baseado no comunicado de imprensa n. ° 208 da OMS/IARC (Agência Internacional de Pesquisa em Câncer) que classificou os CEM providos de radiofrequências em possivelmente carcinogênicos a humanos, grupo 2B (OMS, 2011, p.1)

Além disso, convém analisar qual a parte do corpo que foi atingida pelo mesmo intervalo de tempo, pois há áreas mais sensíveis que outras.

C) Susceptibilidade do organismo em se desenvolver algum efeito nocivo ou não - A susceptibilidade em ser afetado é a tendência do corpo a desenvolver algo nocivo ou sofrer um efeito qualquer. Cada pessoa reage de forma distinta ante uma exposição, pois cada um possui diferenças naturais físicas e bioquímicas. Existem pessoas mais sensíveis que outras,

fato que torna imprevisível e mutável os efeitos, o que impossibilita generalizações. (BELLAVITE, 2002)

4.4 Radiação ionizante x radiação não-ionizante

Como supracitado, a energia ionizante é capaz de ionizar átomos com os quais entra em contato. Tendo em vista o grau de periculosidade, que reduz a expectativa de vida de operadores expostos à radiação, o chefe do Departamento-Geral Do Pessoal do Exército Brasileiro propôs à Diretoria de Saúde, através da Portaria n. ° 206 – DGP de 17 de dezembro de 2003, no artigo 1º, “aprovar as normas para concessão do adicional de compensação orgânica aos militares que desempenham atividades sujeitas à radiação ionizante”.

Essa proposta teve por objetivo proteger os militares e compensá-los financeiramente, pois foi estipulado um tempo limite diário e semanal à exposição às radiações. Além disso, foi incorporado ao soldo um percentual de 10% aos que manipulam substâncias radioativas ou que usam Raios-X, como exemplo, os Instrutores da EsIE e os profissionais da área de saúde.

Nessa linha, é válida a preocupação em atribuir 10% ao soldo militar como compensação orgânica, porém, infelizmente, este percentual não é aplicado aos que se expõem ao espectro não-ionizante, por serem recentes e inconclusivos os estudos nessa área, eis que ainda é proibido o teste de teorias científicas em humanos.

Todavia, o que não se compreende é que o anexo da resolução n. ° 533, de 10 de setembro de 2009 da ANATEL, na parte número dois, inciso terceiro, relata o “Regulamento sobre limitação da exposição a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos na faixa de radiofrequências entre 9 kHz e 300 GHz, aprovada pela resolução ANATEL nº 303, de 2 de julho de 2002”.

Em contraposição, portanto, evidencia-se que a ANATEL se preocupa em criar a correta exploração do espectro das radiações não ionizantes, porém não se encontram Portarias regulamentando o assunto por parte do Exército Brasileiro, fato que indica necessidade de aprofundamento na pesquisa dessa área.

Por suposição, talvez seja por esse motivo que não existe a devida abordagem desse conteúdo nas escolas de formação de Oficiais (AMAN) e de Sargentos (EsSA/EsLog), considerando que muitos Oficiais de Operação (S-3) negligenciam tal aspecto do planejamento e expõem seus subordinados a uma gama de radiação nas diversas operações, o que pode já ter causado consequências à saúde dos militares operadores.

4.5 Bioeletromagnetismo

Segundo Catalão (2010, p. 39), autor de artigos da área da eletromecânica, “bioeletromagnetismo é uma vasta área interdisciplinar que engloba física, engenharia, medicina, e biomedicina, com a finalidade de investigar, entender, e explicar os fenômenos de interação entre os campos eletromagnéticos e os sistemas biológicos”.

Para Moutinho e Teles (2005, p. 6) “a medida de referência para a absorção de energia eletromagnética (até 10 GHz) é a chamada SAR, que mede o ritmo a que a energia é absorvida por unidade de massa de tecido biológico, e se expressa em Watts por quilograma”. Essa medida também foi acrescida à Lei n.º 11.934 de 05 de maio de 2009, em seu artigo 3º, inciso XIII.

Segundo Paulino (2001), a taxa de absorção de energia depende da densidade de potência da radiação eletromagnética e das características do tecido onde a radiação incide. Assim, a SAR quantifica a energia absorvida pelo tecido, sendo diretamente proporcional ao aumento local de temperatura, ou seja, quanto maior a SAR, maior o aumento da temperatura.

Moutinho e Teles (2005) exibem que diversos estudos epidemiológicos têm sido realizados a fim de evidenciar os efeitos radiações não-ionizantes em seres humanos. Como exemplo, mostra-se que humanos em descanso a uma SAR sobre todo o corpo entre 1 a 4 Watts por quilograma, durante um intervalo de 30 minutos, tiveram um aumento da temperatura corporal inferior a 1 °C, o que propiciou desconforto nas pessoas em estudo.

Excedendo valores a 4 Watts por quilograma, o organismo perde a capacidade natural de termorregulação, o que leva a um aumento de temperatura corporal superior a 2 °C e danifica alguns tecidos.

Veja-se:

Figura 7 – Níveis de referência SAR recomendados pela ANATEL.

Características da Exposição	Faixa de Radiofrequência	SAR média do corpo inteiro (W/kg)	SAR Localizada (cabeça e tronco) (W/kg)	SAR localizada (membros) (W/kg)
Exposição ocupacional ou controlada (trabalhadores da área)	10 MHz a 10 GHz	0,4	10	20
Exposição da população em geral ou não controlada	10MHz a 10 GHz	0,08	2	4

Fonte: ANATEL, 2002

A tabela acima evidencia a preocupação da ANATEL em colocar níveis de referência SAR ao se utilizar radiofrequências, pois como citado anteriormente no experimento feito, o corpo possui um limiar de termorregulação que deve ser obedecido para não gerar consequências referentes ao aquecimento aos tecidos expostos.

4.6 Efeitos Biológicos de acordo com a radiofrequência

Como aduz CATALÃO (2010, p. 43) a energia de RF absorvida é transformada em energia cinética adquirida pelas moléculas, que se traduz na prática, por um aquecimento dos tecidos sujeitos a radiação.

Estações rádio base de telefonia móvel são antenas que transmitem radiofrequência a altas potências em uma região delimitada. Como defende Queiroz (2012, p. 47), os efeitos que elas causam em seres humanos são inconclusivos:

Diversos estudos epidemiológicos recentes, com operadores de estações de televisão, de rádio, de radares militares, usuários de telefones celulares não encontraram evidência convincente de aumento de risco de câncer. A exposição às ondas eletromagnéticas é normalmente mais elevada para os usuários de telefones móveis do que para os moradores próximos a estações rádio base de telefonia celular. Os níveis aos quais o público está exposto nas proximidades das estações rádio base são extremamente baixos, mesmo para quem mora perto. (QUEIROZ, 2012, p. 47).

Ainda assim, deve-se analisar os possíveis efeitos de acordo com a especificidade da onda, pois há espectros que causam efeitos de ordem física ou biológica, delimitados posteriormente.

4.6.1 Ondas HF e Ondas VHF

Segundo o ICNIRP, “o efeito crítico da exposição ao HF relevante para a saúde e segurança humana é o aquecimento do tecido exposto. Os campos HF podem penetrar no corpo e causar vibração de moléculas teciduais. Isso resulta em atrito e, portanto, calor.” Estende-se o efeito das ondas HF para as ondas VHF devido à proximidade de seu intervalo de frequências.

A Comissão Internacional de Proteção Contra as Radiações Não Ionizantes relata ainda que o corpo suporta um pequeno aumento de temperatura, pois devido a sua capacidade termorreguladora, ele dissipa o excesso de calor. Entretanto, acima de um certo nível a

exposição HF podem provocar efeitos graves para a saúde, como insolação e danos teciduais, como queimaduras.

Por fim, é evidente que as pesquisas são inconsistentes, pois sua avaliação global em campos de HF e VHF levam à conclusão de que a exposição ao referido espectro contido abaixo do limiar térmico, provavelmente, não associa efeitos adversos à saúde aos operadores de rádio HF ou VHF.

4.6.2 Ondas UHF, Micro-ondas e Infravermelho

Segundo Araújo (2014, p. 1.153) as radiações de grandes comprimentos de onda ou de baixas frequências do tipo ULF (frequência ultrabaixa), LF (frequência baixa), VHF (frequência muito alta), não apresentam problemas ocupacionais, como as do tipo UHF. Porém, nada impede que pesquisas modernas desmascarem o verdadeiro efeito do microaumento da temperatura tecidual do indivíduo exposto a essa faixa de onda.

O espectro relativo às micro-ondas é controverso, pois apenas se tem noção sobre o efeito térmico que as mesmas causam.

Em relação aos efeitos térmicos, quanto menor a frequência, maior é o risco em órgãos internos, pela facilidade com que as ondas penetram no organismo. Por outro lado, quanto maior a potência e o tempo de exposição, maiores são as possibilidades de os expostos ficarem doentes e, em casos extremos, morrerem. Experiências de laboratórios mostram, por exemplo, que ratos expostos a comprimentos de onda de 12 cm e densidade de potência de 100 mW/cm² morrem, em média, em 15 minutos [...]. Aos efeitos dos campos elétrico e magnético, as pesquisas mostram que, em longo prazo, as pessoas expostas podem sofrer de alta pressão no sangue, seguida de hipotensão, alterações do sistema nervoso central, do cardiovascular e endócrino, distúrbios menstruais, etc., sintomas que os médicos devem pesquisar nos expostos à radiação, durante os exames de admissão ou periódicos. (ARAÚJO, 2014, p. 1.153)

O infravermelho “é emitido por corpos cuja superfície encontra-se à temperatura maior que a do ambiente ao redor deles. Este tipo de radiação é também chamado de calor radiante”. (ASTETE, s.a., s.p.)

Os efeitos nocivos principais à saúde diante da exposição elevada ao infravermelho afetam o olho. A córnea, a íris, a lente e a retina são altamente sensíveis a vários graus de danos térmicos. Quando a córnea absorve infravermelho, converte-o em calor. A agregação de proteínas da lente após a exposição repetida ao calor extremo pode causar opacidades da lente ou cataratas, como são vistos frequentemente em quem trabalha na área de metalurgia, siderurgia e vidrúceos. (ICNIRP, s.a., s.p.)

Esta faixa do espectro, como explanado, detém maior como capacidade preponderante causar efeitos de caráter térmico nos indivíduos, porém seu efeito é local e para

se elevar a temperatura tecidual de forma relativa à percepção do operador, é necessária uma grande potência, além da emissão ser direcionada a uma parte específica do corpo, como explica a já explanada SAR.

Diante disso, operadores de equipamentos-rádio podem não sentir os efeitos, pois a antena dos equipamentos emite o sinal de radiofrequência de forma omnidirecional ou bidirecional dependendo do tipo de equipamento empregado, o que implica na falta de direcionamento da emissão, porém isso não afasta o possível efeito biológico que possa vir a surgir, com o emprego contínuo dos mesmos equipamentos.

4.7 Possíveis efeitos estudados

Convém citar alguns efeitos estudados por diversos pesquisadores, pois vêm surgindo uma série de sintomas inexplicáveis em pessoas saudáveis.

Senão, é sabido também que a “radiação não-ionizante pode provocar aumento da temperatura no corpo (alteração física), alterar os níveis de sódio e potássio (alteração química) e produzir alteração no sistema nervoso central (alteração biológica)” (RIBEIRO e PESSOA, p. 25).

4.7.1 Efeito ocular

Ribeiro e Pessoa (p. 25) demonstram que estudos recentes chegaram à conclusão de que há a possibilidade do surgimento de patologias associadas ao aumento da temperatura corporal gerada pelo aumento do contato intermolecular, como exemplo as doenças que a OMS noticiou: cataratas e glaucomas.

O olho é considerado um dos órgãos críticos, com relação ao efeito das radiações não-ionizantes, sendo bastante suscetível ao efeito térmico. Quantidades relativamente pequenas de energia eletromagnética podem elevar a temperatura das lentes oculares, pelo fato destas não possuírem sistema vascular adequado para as trocas térmicas, o que reduz sua capacidade de dissipação de calor. Por isso, a possibilidade de danos aos olhos constitui um aspecto muito sério das radiações de micro-ondas e radiofrequência. (LAMPARELLI et. al., 1998, s.p.)

Demonstram-se alguns possíveis danos nos olhos a seguir:

Figura 8 – Efeitos da radiação nas áreas do globo ocular.



Fonte: Efeitos biológicos – efeitos sobre a visão

Diante dessa característica dos olhos, quando há uma exposição a CEM mais intensa ou prolongada, torna-se perceptível a sensação de opacidade visual (vista cansada). Este efeito é observado mais no uso de notebooks por militares que operam os referidos para mobiliar os diversos componentes de um Centro de Comunicações de uma Brigada, seja o Sistema de Comando e Controle, seja o Pacificador. A consequência posterior observada em Operações são as cefaleias de quaisquer graus.

4.7.2 Efeitos nos Testículos

Não há consenso no mundo científico nesta área, especialmente no que se diz sobre até onde as radiações emitidas pelas mais diversas antenas da rede afetam no aumento da tendência em se ter apenas filhas, por, possivelmente, inibirem a formação do cromossomo Y.

Trata-se, contudo, de um mero boato não embasado cientificamente, confirmado em pesquisa aplicada a ser divulgada posteriormente. Contudo, os testículos, como os olhos, também sofrem influência do efeito térmico já debatido:

Os testículos também constituem órgãos críticos no que concerne aos efeitos das radiações eletromagnéticas. Isso porque são extremamente sensíveis a elevações de temperatura. Estão mais sujeitos à radiação por dois motivos: localização superficial em relação ao corpo e grande sensibilidade ao calor por parte das células germinativas, que se encontram em torno dos 33 graus Celsius; região em que se houver qualquer aumento pode causar o enfraquecimento da função reprodutiva. (LAMPARELLI et. al., 1998, s.p.)

Ao expor os militares de Comunicações a radiações da ordem das radiofrequências, às micro-ondas, os combatentes se sujeitam a um possível enfraquecimento da função

reprodutiva, pois os testículos não “trabalham” sob um ambiente ideal para que se mantenha a homeostase do ciclo de produção de células reprodutivas.

4.7.3 Efeitos Neurológicos

Não há um consenso entre os acadêmicos em relação ao surgimento de potenciais efeitos neurológicos em indivíduos submetidos ao espectro não-ionizante, visto que apenas se prova o efeito térmico tecidual, logo, superficial.

Permite-se exemplificar com a teoria de que, possivelmente, as concentrações de Sódio e Potássio podem ser alteradas com o contato com as radiações não-ionizantes disseminadas a grandes potências, o que afeta a Bomba de Sódio e Potássio intracelular e altera o Sistema Nervoso Central.

A seguir, os prováveis efeitos das micro-ondas são elencados:

Os efeitos da radiação de micro-ondas no sistema nervoso central constituem um dos pontos mais controversos nesse campo de bioefeitos. A base original da preocupação com a exposição de seres humanos a baixas intensidades de radiação deriva de pesquisas epidemiológicas realizadas com trabalhadores sujeitos a exposição ocupacional. Essas investigações sugerem vários tipos de alterações reversíveis do sistema nervoso central. A asserção básica dessas pesquisas é de que a exposição às micro-ondas, mesmo em baixas densidades de potência, resulta em distúrbios nervosos. Queixas subjetivas, como dor de cabeça, fadiga, fraqueza, tontura e insônia foram relatadas. (LAMPARELLI et. al., 1998, s.p.)

Dos efeitos não-térmicos, o neurológico é o mais difícil de ser elencado, pois há uma carência nas explicações sobre os mecanismos causadores do efeito, além das diversas respostas nos indivíduos expostos tomados para estudo. Outra vertente semelhante é a de Rego (2004, s.p.) que descreve:

O sistema nervoso é muito sensível à função da radiação eletromagnética. Quando este é afetado repetidamente apresenta mudanças no SNC com o surgimento da síndrome de neurastenia, com os sintomas básicos de dor de cabeça, tonturas, incapacidade, redução da memória, distúrbio do sono (perda do sono, com muitos sonhos ou vício em repouso), desânimo, palpitação, peito entupido, perda do cabelo, particular dificuldade para dormir, perda de memória. Tais sintomas são típicos de que o cérebro está em processo inibitório. Assim, além da síndrome de neurastenia, também, exibe memória de curto período de tempo, além de apresentar coordenação motora prejudicada. (REGO, 2014, s.p.)

Com isso, observa-se uma lacuna no conhecimento dessa área de estudo, o que implica no surgimento de boatos sem embasamento ou em conclusões parciais nada elucidativas. Por fim, é evidente o alinhamento entre os pesquisadores ao constatarem a dor de cabeça como um efeito comum em experimentos diversos aplicando faixas pertencentes ao espectro não-ionizante.

Resumem-se os possíveis efeitos estudados na seguinte figura:

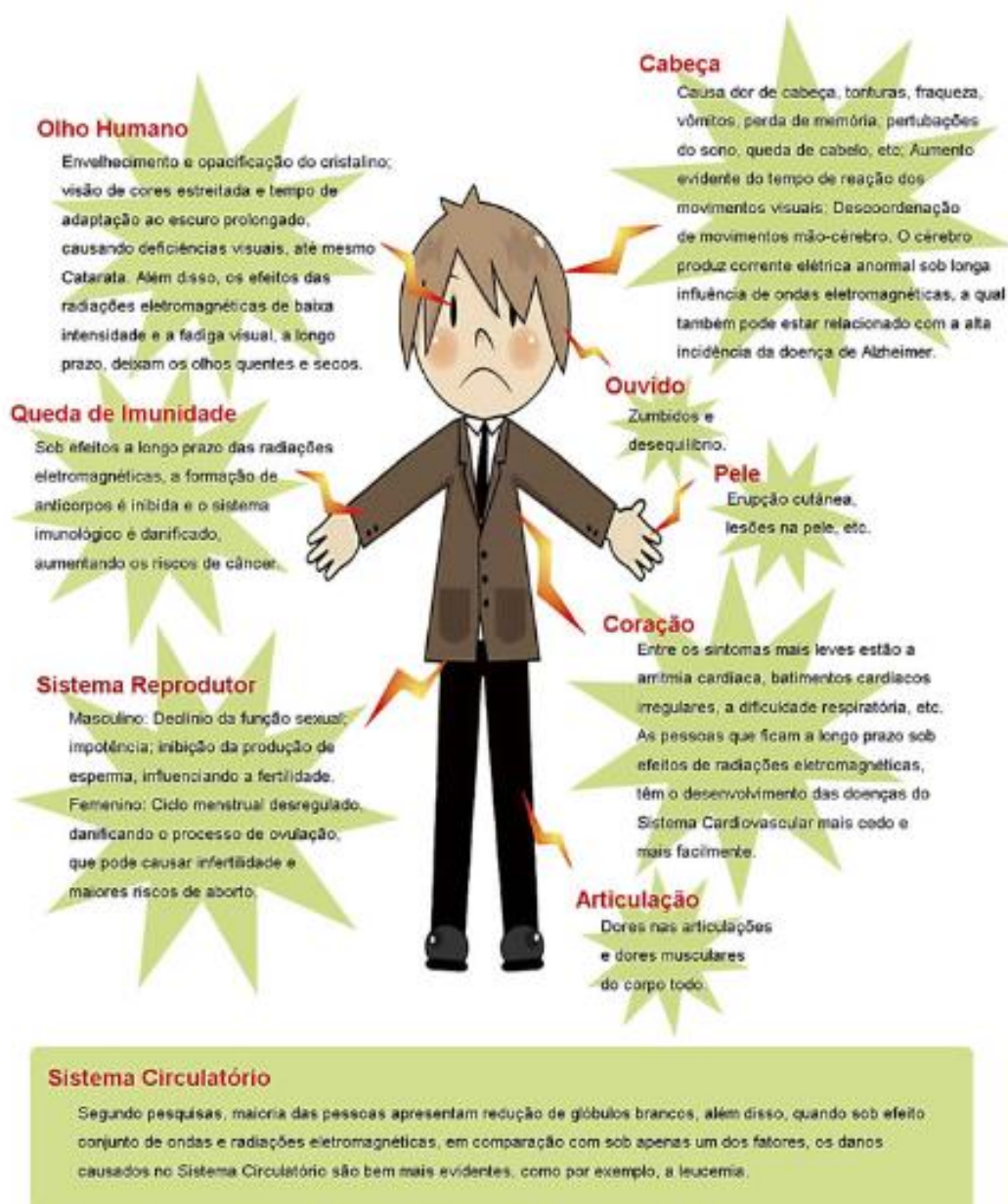


Figura 9 – Influência das ondas eletromagnéticas no corpo humano.

Fonte: REGO, 2014, s.p.

A figura ilustra o que foi exposto em alguns possíveis efeitos a que operadores estão sujeitos. Estende-se a preocupação aos militares que se concentram em Centros de Operações de uma Brigada, pois neste local operam vários equipamentos integradores de redes, em especial, os que fecham link de dados da Área de Operações.

5 RESULTADOS E ANÁLISE DOS DADOS

Na busca por uma resposta ao problema que norteou a pesquisa, chegou-se aos resultados que se seguem.

5.1 Métodos de análise e coleta de dados

Antes de adentrar ao corolário da pesquisa aplicada nas mais diversas Organizações Militares do Exército Brasileiro, convém mencionar que:

A literatura sobre efeitos atérmicos de campos eletromagnéticos é tão complexa, a validade dos efeitos destacados tão precariamente estabelecida e a importância dos efeitos para a saúde humana tão incerta, que é impossível utilizar esse volume de informações como base para estabelecer limites sobre exposição humana a esses campos (ICNIRP, s.a., s.p.).

A partir desta perspectiva, é possível constatar que os estudos nessa área da Ciência são recentes e seus resultados geram interesses tanto nos fabricantes de equipamentos que

emitem radiofrequências e micro-ondas, quanto naqueles que os operam, em especial, os militares, em estudo no presente trabalho.

Para análise dos dados e transformação em indubitável informação, foi utilizada a Lei dos Grandes Números de Jakob Bernoulli, que se refere a:

Teoremas que dão suporte matemático à ideia de que a média de uma amostra aleatória de uma população grande tenderá a estar próxima da média da população completa. Sobretudo, o teorema do limite central mostra que, em condições gerais, a soma de muitas variáveis aleatórias independentes (BERNOULLI, 168-, s.p.)

Sob um ângulo mais compreensível, esta lei, analisa a margem de erro entre as informações colhidas e se os dados obtidos possuem relativo nível de confiança, comprovados matematicamente pela fórmula a seguir:

Figura 10 – Fórmula para calcular tamanho de uma amostra.

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot (1-p)}{(N-1) \cdot e^2 + Z^2 \cdot p \cdot (1-p)}$$

Fonte: Carlos Ochoa em Netquest, 2014.

Onde:

n = O tamanho da amostra que se quer calcular (comprovação de significância amostral do dado coletado)

N = Tamanho do universo (pela pesquisa aplicada, o efetivo total previsto no DGP de militares de Comunicações do Exército)

Z = É o desvio do valor médio que se aceita para alcançar o nível de confiança desejado. Em função do nível de confiança que se busca, usa-se um valor determinado que é dado pela forma da distribuição de Gauss. Os valores mais frequentes são:

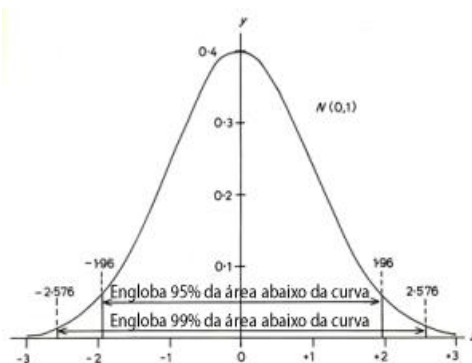
Nível de confiança 90% -> Z=1,645 (este que foi observado para análise deste TCC)

Nível de confiança 95% -> Z=1,96

Nível de confiança 99% -> Z=2,575

É importante salientar que Z forma um gráfico de distribuição, como este a seguir:

Figura 11 – Forma de distribuição de Gauss para nível de confiança.



Fonte: Carlos Ochoa em Netquest, 2014

e = É a margem de erro máximo que eu quero admitir (adotou-se a margem de 5% para cálculo)

p = É a proporção que esperamos encontrar.

Usou-se $p=50\%$, como forma de seguir uma regra geral, pois não havia nenhuma informação sobre o valor que se espera encontrar.

Importante ressaltar que a pesquisa foi realizada através do link: <https://pt.surveymonkey.com/r/MMV2BB9>, nas mais diversas Organizações Militares espalhadas pelos Comandos Militares de Área do Brasil. E também como forma de comprovar o que se estuda nas hipóteses deste TCC, o questionário foi aplicado em 32 Cadetes do 4º Ano de Comunicações da AMAN e em 86 Alunos da EsSA/EsLog. As seguintes Unidades ou Subunidades são a seguir elencadas:

- a. CML: 20ª Cia Com Pqdt (Rio de Janeiro); 4ª Cia Com (Belo Horizonte); EsSA (Três Corações); EsLog (Rio de Janeiro);
- b. CMSE: 12ª Cia Com L (Caçapava); 2ª Cia Com L (Campinas);
- c. CMS: 5ª Cia Com Bld (Curitiba); 1º BCom (Santo Ângelo); 3ª Cia Com Bld (Santa Maria); 3º BCom (Porto Alegre); 6º BCom (Bento Gonçalves); 11ª Cia Com Mec (Santiago); 12ª Cia Com Mec (Alegrete); 13ª Cia Com Mec (São Gabriel);
- d. CMNE: 4º BCom (Recife); 7ª Cia Com (Recife);
- e. CMO: 14ª Cia Com Mec (Dourados); 9º BCom (Campo Grande);
- f. CMP: 6ª Cia Com (Cristalina); 1ª BGE (Brasília); EsCom (Brasília); Cia C2 (Brasília);
- g. CMA: 1ª CiaCom SI (Manaus); e
- h. CMN: 23ª CiaCom SI (Marabá).

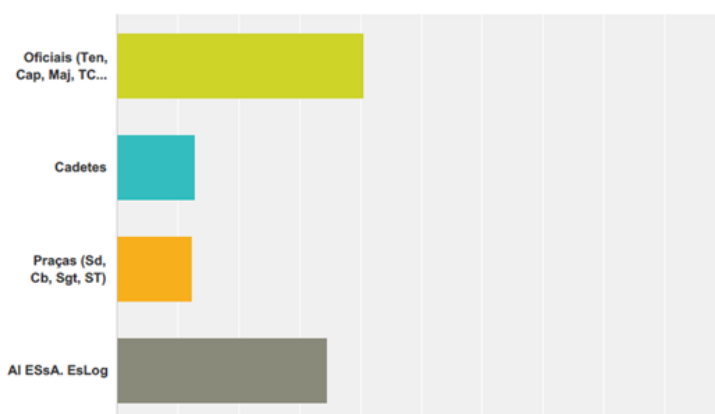
5.2 Resultados e análise bruta dos dados

Divide-se a pesquisa em duas grandes áreas para análise da hipótese. De um lado se considera o conhecimento técnico-profissional dos militares e a importância que julgam da inclusão deste conteúdo na grade curricular das escolas de formação, e, noutro aspecto, a área referente à percepção dos militares aos efeitos das radiações não-ionizantes. Ambos sob a óptica de quatro blocos: Oficiais, Cadetes, Praças e Alunos da EsSA e EsLog.

Em assim sendo, o gráfico evidencia a amostra de militares da Arma de Comunicações que contribuíram para a realização das pesquisas, divididos em postos e graduações, através da primeira pergunta do questionário anexo a este TCC:

Q1 Qual seu grau hierárquico dentro do EB?

Respondidas: 250 Ignoradas: 0



Opções de resposta	Respostas
Oficiais (Ten, Cap, Maj, TC, Cel, Gen)	40,40% 101
Cadetes	12,80% 32
Praças (Sd, Cb, Sgt, ST)	12,40% 31
Al ESsA. EsLog	34,40% 86
Total	250

Fonte: o autor.

Tomando por base o espaço amostral utilizado para a pesquisa, está evidente a relevância estatística para tanto, visto que para um nível de confiança de 90% e uma margem de erro máximo de 10% são necessárias 67 respostas totais ao questionário.

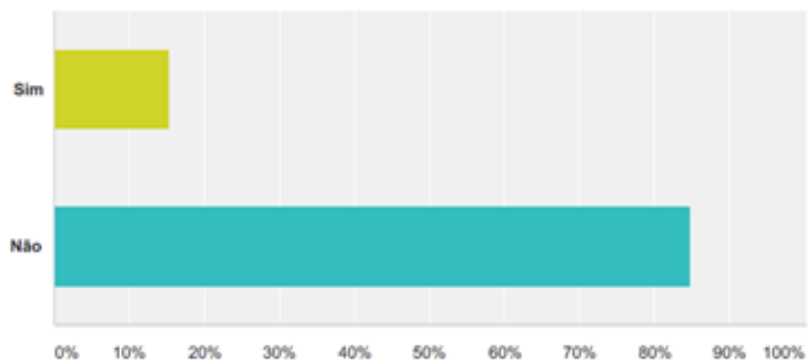
Dessa forma, fica claro no primeiro resultado que a maioria dos militares de carreira entrevistados não travaram contato com o tema “Radiações não-ionizantes”. Dentro deste universo em estudo, pode-se estender o dado coletado como se generalizado fosse, já que a pesquisa teve repercussão nas várias Organizações Militares de Comunicações.

Tal conjuntura é demonstrada nas porcentagens colhidas, sendo que 84,82% dos militares do espaço amostral desconhecem o tema em estudo, como destacado no seguinte gráfico:

Figura 13 - 2ª questão *Survey Monkey*

Q2 O senhor já estudou o tema radiações não-ionizantes na parte técnico-profissional de seu curso de formação?

Respondidas: 250 Ignoradas: 0



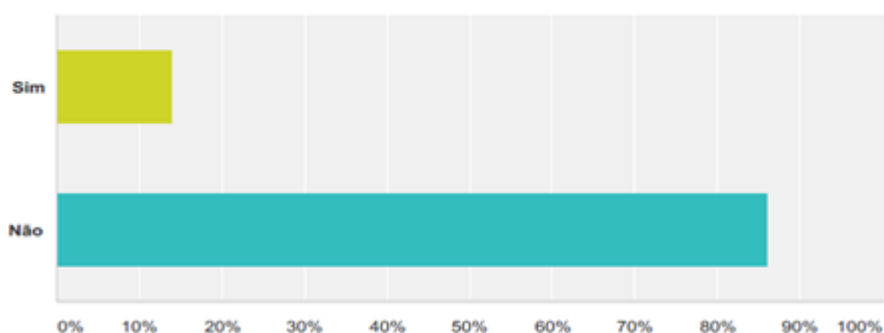
Fonte: o autor.

Outro fator importante neste cenário foi que 85,94% dos militares do universo da pesquisa, que foram empregados nas diversas Operações anuais, nunca tiveram ninguém que os instríssem acerca do tema “Radiações não-ionizantes”, o que pode ser constatado em comparação a porcentagem anterior que relata a carência dessa instrução nos bancos escolares.

Isso gera a seguinte reflexão: os militares em função de comando, oficiais e sargentos, não detêm este conhecimento, desta forma, há uma lacuna no que tange à instrução dos seus subordinados na correta exploração e emprego dos equipamentos que emitem radiofrequência, como demonstrado no gráfico:

Figura 14 - 3ª questão *Survey Monkey*

Q3 Ao longo da Operações nas quais o senhor foi empregado, em algum momento lhe foi apresentado algo acerca do tema: radiações não-ionizantes?

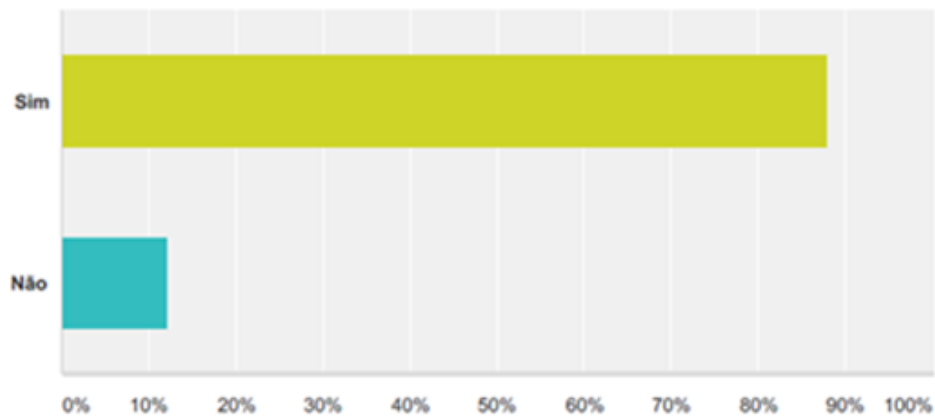


Fonte: o autor.

Como última análise da área técnico-profissional, imperioso destacar o gráfico que questionou a opinião dos militares acerca da inclusão do tema ora abordado como instrução em seus Cursos de formação:

Figura 15 – 5ª questão *Survey Monkey*

Q5 O senhor acha necessária a inclusão do tema radiação não-ionizante nas escolas de formação para que se tenha consciência sobre o correto uso dos equipamentos que operam nesse intervalo de frequências?



Fonte: o autor.

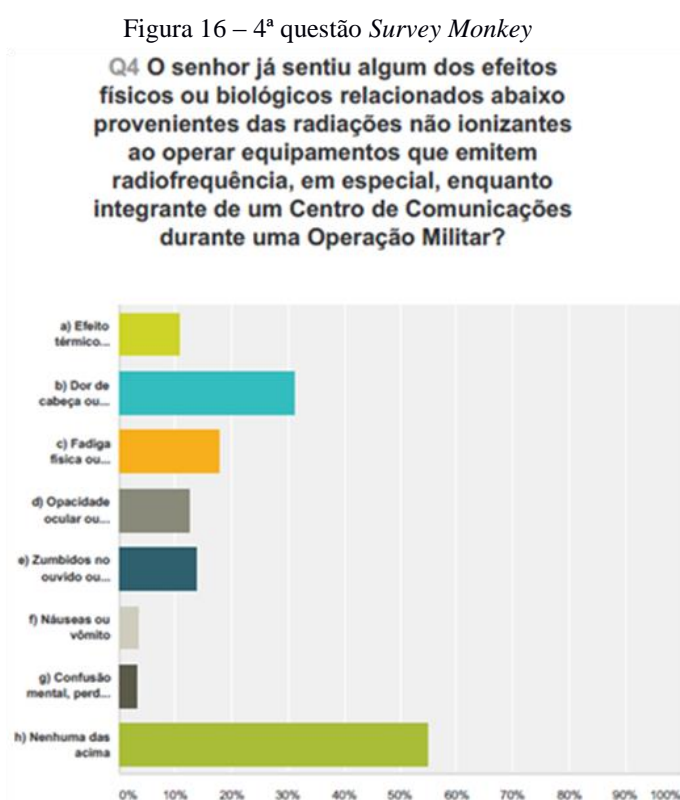
Com isso, observa-se a expressiva porcentagem da amostra, analisada de forma bruta, de 87,25% dos militares que contribuíram para a pesquisa, evidenciando a necessidade de inclusão do tema deste TCC no currículo de seus cursos.

5.3 Análise dos dados de forma específica

Diante dos resultados encontrados, podem-se fazer algumas inferências. A resposta ao problema formulado parece ser parcialmente confirmada, visto que apenas por volta de 37,67% dos militares de Comunicações do Exército Brasileiro responderam que não perceberam nenhum efeito. Tal fato não pode ser generalizado, pois foi utilizado um universo amostral pequeno, porém com relevância estatística para formulação de correlações. No

entanto, faz-se necessário demonstrar essa resposta, de forma mais ampla e comparar as estatísticas colhidas entre os blocos em estudo para projetar possíveis suposições analíticas.

Inicia-se com a análise específica entre os universos amostrais estudados, para melhor visualização a quarta questão do *Survey Monkey*, relativa à percepção de Oficiais, Cadetes, Praças e Alunos EsSA/EsLog acerca do espectro não-ionizante, foi destrinchada na análise estatística correspondente, pois a apreciação dos dados brutos colhidos do gráfico não elucida o fato. Os dados brutos constam a seguir:



Fonte: o autor.

Advindo do gráfico que elucida apenas dados brutos e totais colhidos, analisam-se comparativamente entre os quatro blocos os possíveis efeitos elencados. Cada letra corresponde a um possível efeito e cada um foi lançado em um gráfico comparativo após citados os percentuais específicos de cada bloco:

a) **sobre o efeito térmico:** 8,75% dos Oficiais; 13,73% dos Cadetes; 21,95% das Praças e 18,35% dos Alunos da EsSA e EsLog. O que mostra que há maior percepção deste efeito por parte das Praças.

b) **sobre sentir dores de cabeça ou insônia:** 24,18% dos Oficiais; 15,69% dos Cadetes; 7,32% das Praças e 3,67% dos Alunos da EsSA e EsLog. O que mostra que há maior percepção deste efeito por parte dos Cadetes da AMAN.

c) **sobre sentir fadiga física ou mental:** 24,18% dos Oficiais; 17,65% dos Cadetes; 4,88% das Praças e 5,50% dos Alunos da EsSA e EsLog. O que mostra que há maior percepção deste efeito por parte dos Oficiais.

d) **sobre sentir opacidade ocular ou fadiga visual:** 10,63% dos Oficiais; 13,73% dos Cadetes; 4,88% das Praças e 3,67% dos Alunos da EsSA e EsLog. O que mostra que há maior percepção deste efeito por parte dos Cadetes da AMAN.

e) **sobre sentir zumbidos no ouvido ou tonturas:** 8,75% dos Oficiais; 9,80% dos Cadetes; 4,88% das Praças e 7,34% dos Alunos da EsSA e EsLog. O que mostra que há maior percepção deste efeito por parte dos Cadetes da AMAN.

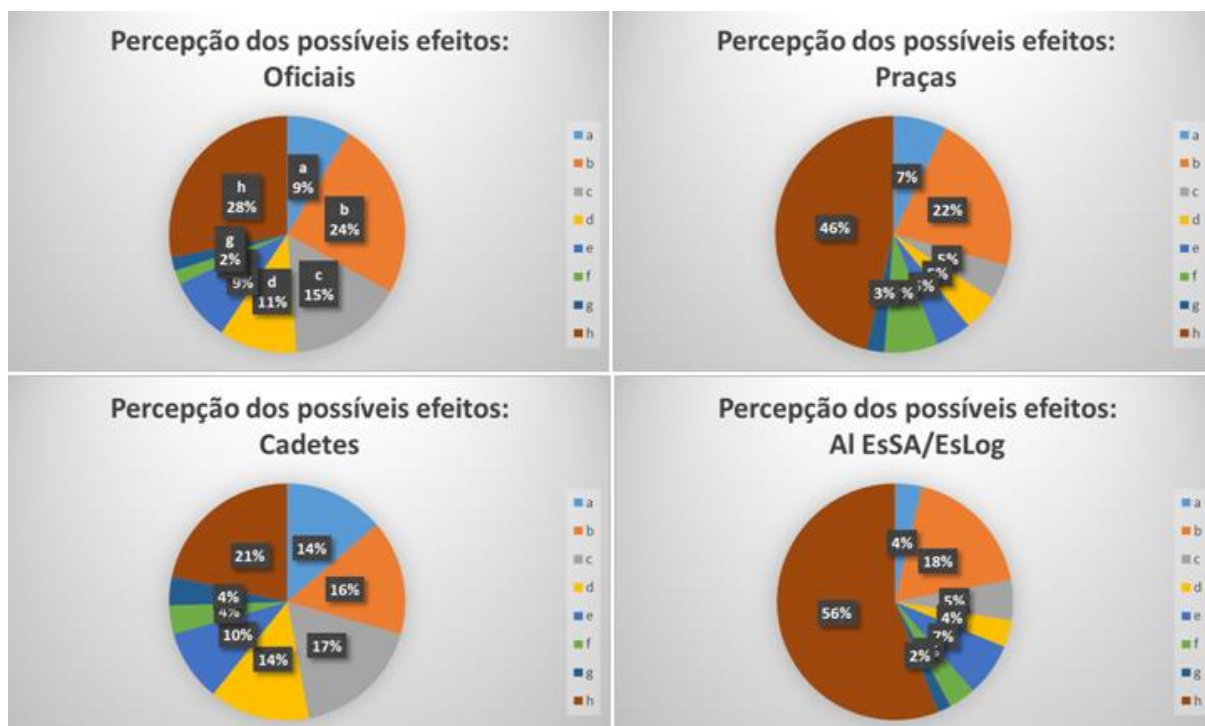
f) **sobre sentir náuseas ou vomitar:** 1,88% dos Oficiais; 3,92% dos Cadetes; 7,32% das Praças e 3,67% dos Alunos da EsSA e EsLog. O que mostra que há maior percepção deste efeito por parte das Praças.

g) **sobre sentir confusão de mental, perda de memória ou irritabilidade:** 1,88% dos Oficiais; 3,92% dos Cadetes; 2,44% das Praças e 1,83% dos Alunos da EsSA e EsLog. O que mostra que há maior percepção deste efeito por parte dos Cadetes da AMAN.

h) **sobre o efetivo que respondeu “nenhuma das acima”,** pois não sentiram efeito nenhum: 28,13% dos Oficiais; 21,57% dos Cadetes; 46,34% das Praças e 55,96% dos Alunos da EsSA e EsLog. O que mostra que não há percepção deste efeito por um efetivo maior dos Alunos da EsSA ou EsLog.

Advindo da demonstração percentual dos blocos acerca de sua percepção dos efeitos biofísicos da exposição à radiação não-ionizante, pode-se comprovar cada um deles através dos seguintes gráficos que se dividem nos quatro blocos em estudo através dos efeitos divididos da letra “a” a “h” correlacionadas anteriormente:

Figura 17 – Comparativo dos possíveis efeitos entre os blocos



Fonte: o autor.

Deste gráfico, depreende-se que os efeitos mais recorrentes e de percentual semelhante nos quatro blocos estudados é sentir dores de cabeça ou insônia. Além disso, há certa proximidade do efeito fadiga física ou mental e do que se refere à opacidade ocular ou fadiga visual, demonstrando que parcela do universo amostral têm sentido alterações em seu bem-estar físico ou acuidade visual com relativa diminuição devido ao aumento do cansaço advindo ao uso intermitente de equipamentos operantes no espectro não-ionizante.

Outra análise necessária é ratificar que o universo amostral de cadetes destoa dos demais elencados, quando indagados sobre sua percepção do assunto. Foi observado que os cadetes são os que mais desconhecem o espectro não-ionizante, e, ainda assim, são os mais resistentes a sua inclusão no currículo escolar, por motivos desconhecidos.

Além disso, é evidente que a percepção de Oficiais e Alunos da EsSA/EsLog é muito semelhante, o que mostra que não há tanta preocupação da AMAN em lecionar o que se trata neste TCC. Situação que força os Oficiais a colher conhecimento acerca disso apenas nos corpos de tropa. Contudo, como exposto, não são todos que o fazem.

Os gráficos comparativos a seguir demonstram o exposto:

Figura 18 – Percepção acerca do espectro não-ionizante



Fonte: o autor.

O desconhecimento acerca do tema gera a negligência em se prezar pela segurança e pela salubridade dos subordinados empregados em Centros de Comunicações de uma Brigada, locais onde há relativa concentração de radiações não-ionizantes.

Seja no nível de planejamento, círculo referente aos Oficiais e seus substitutos em longo prazo, os Cadetes da AMAN; seja no nível tático de emprego da tropa, os Praças de Comunicações e seus substitutos em potencial, os Alunos da EsSA/EsLog.

A comparação entre os universos amostrais da pesquisa no que se refere à apresentação do tema relativo ao espectro não-ionizante também se faz necessária, pois será possível provar, além do desconhecimento dos comunicantes acerca do tema deste TCC, a negligência ao se planejar uma Operação Militar para emprego de tropa responsável por operar os diversos equipamentos que emitem radiofrequências e micro-ondas.

Disso, o seguinte gráfico evidencia a falta de informação:

Figura 19 – Militares com conhecimento pré-operação



Fonte: o autor.

Com isso, é evidente, novamente o desconhecimento dos Cadetes da AMAN perante os demais blocos. O tema analisado é feito sob a óptica do emprego de tropa. Nota-se que não

há o devido *briefing* sobre o espectro não-ionizante antes dos Cadetes irem executar as Operações que cabem às Comunicações em seu ano letivo, no qual se desenvolvem três grandes operações: Operação Ofensiva, Operação Defensiva e a Manobra Escolar.

Cabe ainda elencar a proximidade percentual entre o universo dos Alunos da EsSA/EsLog ao dos Oficiais, pois os primeiros têm tido acesso ao tema durante a formação, já o segundo o tem apenas no corpo de tropa, possivelmente através de alguma das Praças que se formaram na EsSA/EsLog que detêm tal conhecimento.

Dessa forma, é possível elencar a desconfiança quanto à efetividade do ensino técnico-profissional do Curso de Comunicações da AMAN comparado ao da EsSA/EsLog, porque este último tem maior percentual de militares que têm percepção acerca desse intervalo eletromagnético comparado com os da AMAN e bem como com os Oficiais nos corpos de tropa.

Com o intuito de seguir o norte de exame previamente planejado, analisam-se os resultados em duas áreas para confrontarem as hipóteses levantadas. A primeira faz menção ao ensino técnico-profissional e a segunda à percepção dos efeitos das radiações não-ionizantes.

Os resultados da primeira área da pesquisa apontam para a confirmação total da hipótese, ou seja, há uma lacuna no conhecimento nos militares da Arma de Comunicações. Isso porque demonstraram desconhecimento frente às radiações não-ionizantes e comprovaram a necessidade de inclusão do tema durante a formação técnico-profissional do comunicante do Exército Brasileiro.

Já os resultados da segunda área de pesquisa assinalam a confirmação parcial da hipótese, isto é, que os operadores de equipamentos que emitem radiações não-ionizantes sofreram algum efeito de origem biológica, vez que grande parte dos investigados opinou no sentido de que nenhum dos efeitos ora elencados lhe eram perceptíveis.

Deve-se dizer ainda que há falhas na teoria defendida, pois os recentes estudos a respeito não são conclusivos e, geram resultados relativos ao aspecto da tríade já exposta: tempo de exposição a radiações, intensidade dos campos eletromagnéticos e susceptibilidade quanto ao desenvolvimento de desordens físicas ou biológicas aos combatentes. Isso autentica que cada indivíduo tem uma opinião singular sob exposições diversas, o que intriga a comunidade científica atual.

Desta feita, o resultado relativo aos efeitos biológicos não pode ser generalizado, pois sofre ação de várias variáveis, como idade, sexo, susceptibilidade biológica, tempo de exposição ao CEM e a intensidade deste. Além de não ser visível se é por desconhecimento

do tema em estudo ou por não percepção dos efeitos relativos às radiações não ionizantes, que muitos entrevistados responderam que não sentiram efeito algum em operações militares.

Portanto, há um *link* entre as hipóteses previamente levantadas: se não há o devido esclarecimento dos operadores de equipamentos que operam na faixa não-ionizante nos períodos em que passaram por instruções técnico-profissionais, os militares desconhecedores do tema submeterão seus subordinados à exposição desnecessária e negligente de um espectro com potencial efeito biológico ao longo do tempo.

O resultado da primeira área indica que os militares das escolas de formação, em especial os da AMAN, necessitam ser mais bem instruídos sobre o tema relativo às radiações não-ionizantes e seus possíveis efeitos biológicos, para que seja possível planejar operações com emprego de militares escalados de forma melhor planejada, priorizando a salubridade dos subordinados.

O resultado da segunda área de estudo, por mais inconclusivo aparente, pode ser aplicado para futuros estudos nessa área, com o escopo de se avaliar o possível o impacto das radiações na qualidade de vida dos militares ou seu rendimento em operações de campo, tendo pré-fixadas variáveis como idade e sexo, por exemplo.

Por fim, revela-se, uma especificidade do ambiente militar, ou seja, são escalados operadores de variadas naturezas biológicas para operarem os equipamentos que emitem as radiações em estudo nas diferentes operações anuais, existindo uma carência no efetivo da Arma de Comunicações, em especial de Oficiais, nos corpos de tropa, o que dificulta o revezamento do pessoal.

6 CONCLUSÃO

A pesquisa teve como objetivo comprovar se de fato há lacunas na formação técnico-profissional dos militares da Arma de Comunicações e confirmar a hipótese elaborada para o trabalho, ou seja, se algum militar exposto às radiações não-ionizantes, no que concerne às radiofrequências, sofreu algum de seus possíveis efeitos estudados.

Por este ângulo, tem-se que os resultados encontrados demonstram que realmente, há oportunidades de melhorias na formação técnico-profissional dos militares da Arma de Comunicações do Exército Brasileiro. Isso em razão da grande incidência de relatos de desconhecimento do assunto pelo qual os militares indagados via questionário foram submetidos.

Ainda se expressou como implicação a falta de sensibilidade daqueles pesquisados em notar os diversos efeitos biológicos listados no questionário. O que gera a dúvida se essa falta de percepção advém do desconhecimento do tema ou se não há efeitos expressivos, seja de ordem térmica ou de ordem biológica.

Igualmente, imperioso destacar a recorrência do tema em questão em pesquisas aplicadas pela ANATEL e ANEEL em indústrias brasileiras para que proveja um ambiente de trabalho mais ameno a seus empregados. Isso pode ser utilizado como fator investigativo a futuras averiguações acadêmicas, em especial às aplicadas a melhoria do ambiente de trabalho dentro de um Centro de Comunicações nas diversas Operações Militares que ocorrem durante o ano de instrução.

Não obstante, diante destes dados é possível afirmar que se faz necessária à inclusão do tema “Radiações não-ionizantes” no currículo escolar do comunicante, bem como o estudo de seus efeitos biológicos, para que, este, ciente das possíveis sequelas que tal espectro pode ocasionar nos indivíduos, passe a prezar mais pela manutenção da higidez física de seus subordinados e crie um ambiente de trabalho mais aprazível para operar equipamentos que atuam na referida faixa de espectro.

Dentro dessa perspectiva, pode-se destacar que diversos efeitos são elencados, dos mais comuns como uma dor de cabeça aos mais raros como arritmia cardíaca. Tendo como sustentação da teoria a tríade: tempo de exposição a radiações, intensidade dos campos eletromagnéticos e susceptibilidade quanto ao desenvolvimento de desordens físicas ou biológicas aos combatentes, mostra-se que, por mais variáveis existentes numa análise criteriosa dos efeitos; de fato; alguma consequência ao organismo à exposição ao espectro pode trazer.

Ademais, há vários relatos na comunidade científica atual, no que tange às percepções físicas a alterações psicológicas. E, como forma de complementação dessas suposições científicas, a análise do banco de dados da pesquisa aplicada teve respostas referentes ao efeito em estudo, além da dúvida gerada pelas opiniões dos indivíduos que julgaram nada sentir, ao elegerem a opção “nenhuma das acima”.

Se comparados com o que foi encontrado na teoria que sustentou a investigação, infere-se que a radiação não-ionizante tem causado, como esperado, mais dor de cabeça e fadiga visual nos militares que pontuaram esse tipo de efeito por operarem equipamentos no espectro em discussão. Isso evidencia o porquê de uma continuidade nas pesquisas relativas a esse tema, pois além de promover maior salubridade à tropa, operacionaliza a Força Terrestre ao se ter recursos humanos com boas condições de saúde.

A hipótese abordada, portanto, foi parcialmente comprovada, tendo sido observada relativa dificuldade dos entrevistados em perceber os efeitos físicos ou biológicos, quando expostos à radiação, o que confirma que os efeitos biofísicos elencados são possíveis e não assertivos.

Senão, por ser um estudo inconclusivo quanto à comprovação efetiva e por existirem diversas variáveis atuantes no processo de coleta de dados, os operadores de equipamentos emissores de radiações não-ionizantes não costumam associar o que sentem com o tema.

Desta forma, por mais que haja a comprovação total da hipótese, que faz conexão direta com a supracitada, de que existe relativo desconhecimento de Oficiais e Sargentos no corpo de tropa, devido à carência desse tema no ensino técnico-profissional de suas formações, respectivamente aos elencados, Cadetes e Alunos da EsSA e EsLog; a hipótese primordial deste TCC permanece parcialmente comprovada.

Igualmente, o problema que norteou a pesquisa deste trabalho foi respondido quando parte dos entrevistados julgaram sentir efeitos mais comuns como dores de cabeça, fadiga física ou visual e até o efeito térmico sob tecidos expostos ao espectro em estudo.

Não obstante, a grande incidência de respostas quanto a não percepção de consequências biofísicas, é julgada pelo desconhecimento do operador quanto à percepção do efeito que possivelmente sente ao se expor ao espectro; ou por não existir, de fato, efeito algum que altere a homeostase desses indivíduos.

Todavia, não é possível generalizar as conclusões desta pesquisa, tendo em vista que nem todos aqueles eventualmente expostos à radiação desenvolverão algum tipo de efeito. Assim, ao se notar que a análise esbarra no já abordado trinômio analítico tempo de exposição, suscetibilidade e intensidade, os resultados gerados se tornam inconclusivos sobre

a existência ou não dos efeitos biológicos das radiações não-ionizantes, pois há dificuldade na fixação de variáveis para o estudo efetivo de cada dado isolado.

É imperioso destacar que para saber o que motiva a percepção do indivíduo a sentir os possíveis efeitos é seu conhecimento prévio do espectro e isso evita possíveis negligências dos superiores hierárquicos ao exporem seus subordinados de forma aleatória às missões que cada Brigada concorre.

Finalmente, diante disso, medidas simples como a confecção de uma escala de missão, com objetivo de controlar a frequência de emprego de cada militar em cada Operação, tornam-se eficientes ferramentas para a minimização da possibilidade de se desenvolver alguns dos possíveis efeitos estudados, mesmo não sendo uma certeza científica que eles ocorram de fato.

REFERÊNCIAS

ÁLVARES, Beatriz Alvarenga; LUZ, Antônio Máximo Ribeiro da. **Curso de Física**. vol. 3. 6. ed. São Paulo: Scipione, 2007.

ANATEL – **Agência Nacional de Telecomunicações**. Resolução n. ° 533 de 10 de setembro de 2009. Disponível em: < <http://www.anatel.gov.br/legislacao/resolucoes/2009/147-resolucao-533>>. Acesso em: 18 fev. 2017.

ARAÚJO, Giovanni Moraes de. **Normas Regulamentadoras Comentadas e Ilustradas: Legislação de Segurança e Saúde no Trabalho**, Vol. 2. 11. ed. Rio de Janeiro: Gerenciamento Verde Editora e Livraria Virtual, 2014.

ASSIS, Mauro S. Introdução a propagação das ondas radioelétricas. **Comitê Brasileiro da URSI**, Campina Grande: IECOM, out. 2012. Disponível em: <http://www.iecom.org.br/encom_2012/Introducao_a_Propagacao.pdf>. Acesso: 18 fev. 2017.

ASTETE, Martin Wells. **Radiações não-ionizantes**. [S.l.: s.n.: s.a.]. Disponível em: <<http://www.higieneocupacional.com.br/download/radiacao-astete.pdf>>. Acesso em: 21 fev. 2017.

BALBANI, Aracy P. S. KRAWCZYK, Alberto L. Controvérsias & Interfaces: Efeitos da exposição aos campos eletromagnéticos do telefone celular. Disponível em: <http://www.moreirajr.com.br/revistas.asp?fase=r003&id_materia=4158>. Acesso em: fev. 2017.

BELARDO, C. A. et. al. **Exposição Humana a Campos Elétricos e Magnéticos Gerados por Instalações Elétricas 50 e 60 Hz**. [S.l.: s.n.: s.a.]. Disponível em: < <http://www.mfap.com.br/pesquisa/arquivos/20081117111935-41.pdf>>. Acesso em: 17 fev. 2017.

BELLAVITE, Paolo. **Medicina Biodinâmica, a força vital suas patologias e suas terapias**. 1. ed. Campinas, SP: Papyrus, 2002.

BERNOULLI, Jakob. **Ars Conjectandi: Usus & Applicationem Praecedentis - Doctrinae in Civilibus, Moralibus & Oeconomicis**, 1713, capítulo 4, traduzido para o inglês por Oscar Sheynin [S.l.]

BRAGA, Newton C. **Princípios de radiotransmissão - Ondas (TEL082)**. [S.l.: s.n.: s.a.]. Disponível em: <<http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/telecomunicacoes/11077-principios-de-radiotransmissao-ondas-tel082>>. Acesso em 22 fev. 2017.

BRASIL. Lei n. ° 11.934, de 5 de maio de 2009. Dispõe sobre limites à exposição humana a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos; altera a Lei n. ° 4.771, de 15 de setembro de 1965; e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 5 de maio de 2009. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/11934.htm>. Acesso em: 20 set. 2016.

_____. Ministério da Defesa. Exército Brasileiro. **C 24-2**: administração de radiofrequências. 2. ed. Brasília: EGGCF, 2002.

_____. Ministério da Defesa. Exército Brasileiro. **C 11-1**: emprego das comunicações. 2. ed. Brasília: EGGCF, 2002.

_____. Ministério da Defesa. Exército Brasileiro. Aprova as Normas para Concessão do Adicional de Compensação Orgânica aos Militares que Desempenham Atividades Sujeitas à Radiação Ionizante. **Portaria n.º 206 - DGP, de 17 de dezembro de 2003**. Brasília: Boletim Informativo, 2003. Disponível em: <<http://www.11icfex.eb.mil.br/index.php/orientar-e-controlar/artigosorientarecontrolar/94-sammed-fusex-pass/415-portaria-n-206-dgp-de-17-de-dezembro-de-2003>>. Acesso em: 10 fev. 2017.

CATALÃO, João Paulo da Silva. **Campos Eletromagnéticos em Sistemas Biológicos: Apontamento das Aulas Teóricas**. Universidade da Beira Interior, Portugal, set. 2010. Disponível em: <http://webx.ubi.pt/~catalao/Apont_Campos.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2017.

HEINRICH, Ralph Robert. **Conceitos Básicos Sobre Radiações Não-ionizantes e seus Efeitos Potenciais sobre a Saúde Humana**. 09 jul. 2002. Disponível em: <<http://www.cram.org.br/wordpress/?p=1254>>. Acesso em: 10 set. 2016.

HEWITT, Paul G. **Física Conceitual**, 12. ed. [S.l.]: Bookman, 2015.

ICNIRP – Comissão Internacional de Proteção à Radiação não-ionizante. Disponível em: <<http://www.icnirp.org/>> Acesso em: 10 fev. 2017.

LAMPARELLI, Claudia Conde. et al. Radiações de micro-ondas e radiofrequência. **Revista ambiente**, [S.l.], vol. 2, n. 1, 1998.

MARCATO, Miracyr Assis. **Exposição humana a campos elétricos e magnéticos**. 09 dez. 2013. Disponível em: <http://www.iengenharia.org.br/site/noticias/exibe/id_sessao/70/id_colunista/6/id_noticia/8077/Exposiçao-humana-a-campos-elétricos-e-magnéticos->. Acesso em: 10 set. 2016.

MOUTINHO, P. F. A.; TELES, D. J.A. **Exposição a campos eletromagnéticos: visão geral sobre o "estado da arte"**. Portugal: FEUP, mar. 2005. Disponível em: <http://paginas.fe.up.pt/~ee00052/Relatorio_projecto_faseI.pdf>. Acesso em: 24 fev. 2017.

NUSSENZVEIG, H. M.. **Curso de Física Básica**, Vol. 2. São Paulo: Blucher, 2002. ISBN: 9788521202998.

OCHOA, Carlos. **Qual é o tamanho da amostra que eu preciso?** 13 dez. 2013. Disponível em: <<https://www.netquest.com/blog/br/blog/br/qual-e-o-tamanho-de-amostra-que-preciso>>. Acesso: 30 abr. 17

PEREIRA FILHO, Renato Dutra. Entendendo a propagação ionosférica. **Boletim @atividade DX**. 2002. Disponível em: <<http://www.sarmento.eng.br/Ionosfera.htm>>. Acesso em: 10 fev. 2017.

OMS – Organização Mundial da Saúde. Ficha Informativa n. ° 232: jun. 2007. Disponível em: <http://www.OMS.int/peh-emf/publications/facts/fs322_ELF_fields_portuguese.pdf>. Acesso em: 11 fev. 2017.

_____. Comunicado de imprensa n. ° 208: maio. 2011. Disponível em: <http://www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2011/pdfs/pr208_E.pdf>. Acesso em 14 fev. 2017.

PADOLFO, Caio. **Comunicações.** Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAeorAAH/comunicacoes>>. Acesso em 21 fev. 2017.

PAULINO, J. O. S. **Radiações Eletromagnéticas Não Ionizantes emitidas pelas Antenas Fixas de Telefonia Celular.** Departamento de Engenharia Elétrica – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, 2001

QUEIROZ, C. S. **Gestão de riscos da exposição humana a campos eletromagnéticos oriundos de estações rádio base:** estudo de caso. 2012. 95 f. Dissertação (Mestrado profissional em Engenharia de Geotecnia) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto. 2012.

REGO, 2014. **Danos causados pelas ondas eletromagnéticas no corpo humano.** Disponível em: <<http://eletrions.com/novo/noticia/danos-causados-pelas-ondas-eletromagneticas-no-corpo-humano>>. Acesso em: 22 fev. 2017.

RIBEIRO, Edson Leite; PESSOA, Martha Bulcão. Efeitos da radiação eletromagnética na vida do ser humano: uma análise do paradigma ambiental. **Revista Tecnologia e Sociedade**, [S.l.: s.a.]. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/download/2502/1616>>. Acesso em: 20 fev. 2017.

RODRIGUES, Edmundo Junior; DICKMAN, Adriana Gomes. **Possíveis efeitos biológicos das radiações não ionizantes:** radiação ultravioleta, e, micro-ondas advindas do telefone celular. Disponível em: <http://www1.pucminas.br/imagdb/documento/DOC_DSC_NOME_ARQUI20140527094913.pdf>. Acesso em fev.2017.

TORRES, Andrés Felipe. **Ligações sem fios com RouterOS.** Abr. 2008. Disponível em: <https://wiki.mikrotik.com/wiki/Enlaces_Inal%C3%A1mbricos_con_RouterOS>. Acesso em 20 fev. 2017.

VIERINHAS, 2015. **Efeitos biológicos.** Disponível em: <<http://vieirinhas6.wixsite.com/medea/efeitos-biologicos>>. Acesso em 20 fev. 2017.

APÊNDICE A - Questionário do link *Survey Monkey*:

Esta pesquisa tem por objetivo coletar dados referentes ao seu conhecimento geral sobre o tema “radiações não-ionizantes”. Ela destina-se a compor como apêndice e base de dados estatísticos o TCC do Cadete Zanateli do 4º ano de Comunicações da AMAN. Peço-vos que expressem, de fato, o conhecimento de mundo dos senhores e não pesquisem sobre o tema na internet, para que a proposta de comprovação ou refuta da hipótese seja analisada efetivamente. Desde já, agradeço sua colaboração e maturidade.

- 1) Posto/Graduação:

- 2) O senhor já estudou o tema radiações não-ionizantes na parte técnico-profissional de seu curso de formação?

- 3) Ao longo das Operações nas quais o senhor foi empregado, em algum momento lhe foi apresentado algo acerca do tema: radiações não-ionizantes?

- 4) O senhor já sentiu algum dos efeitos físicos ou biológicos relacionados abaixo provenientes das radiações não ionizantes ao operar equipamentos que emitem radiofrequência, em especial, enquanto integrante de um Centro de Comunicações durante uma Operação Militar?
 - a) Efeito térmico (aquecimento da pele exposta)
 - b) Dor de cabeça ou insônia
 - c) Fadiga física ou mental
 - d) Opacidade ocular ou fadiga visual
 - e) Zumbidos no ouvido ou tonturas
 - f) Náuseas ou vômito
 - g) Confusão mental, perda de memória ou irritabilidade.

- 5) O senhor acha necessária a inclusão desse tema nas escolas de formação para que se tenha consciência sobre o correto uso dos equipamentos que operam nesse intervalo de frequências?