



UNISUL

UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA

GUSTAVO CARLETTO GONÇALVES

**CONSEQUÊNCIAS DA EXPOSIÇÃO À RADIAÇÃO CÓSMICA EM
PILOTOS**

Palhoça - SC

2018

GUSTAVO CARLETTO GONÇALVES

**CONSEQUÊNCIAS DA EXPOSIÇÃO À RADIAÇÃO CÓSMICA EM
PILOTOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Ciências Aeronáuticas da Universidade do Sul de Santa Catarina como requisito a obtenção do título de obtenção do grau de Bacharel em Ciências Aeronáuticas.

Orientador: Prof. Helio Luis Camões de Abreu, Esp.

Palhoça - SC

2018

GUSTAVO CARLETTO GONÇALVES

**CONSEQUÊNCIAS DA EXPOSIÇÃO À RADIAÇÃO CÓSMICA EM
PILOTOS**

Essa monografia foi julgada adequada à obtenção do título de Bacharel em Ciências Aeronáuticas e aprovada em sua forma final pelo Curso de Ciências Aeronáuticas da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Palhoça, 21 de Junho de 2018

Orientador: Prof. Helio Luis Camões de Abreu, Esp.

Avaliador: Prof. Marcos Fernando Severo de Oliveira, Esp.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus familiares que tornaram possível a realização do meu sonho de ser piloto e obter os conhecimentos necessários para isso nas carteiras técnicas e no curso de Graduação.

Aos meus colegas de profissão que me deram oportunidades de realizar horas de voos e estar empregado hoje, agregando experiência e conhecimento na minha vida profissional e pessoal.

Aos colegas de faculdade que durante estes breves anos trocamos muitas experiências e firmamos amizades sólidas que contribuíram para a realização deste curso absorvendo ao máximo tudo que havia a oferecer.

RESUMO

A presente pesquisa se propõe a informar e alertar sobre a existência da radiação cósmica no cotidiano dos profissionais da área da aviação, em específico, pilotos de aeronaves que voam elevadas altitudes. Desde sua origem, incidência, importância e consequências no corpo humano. Caracteriza-se como uma pesquisa exploratória com procedimento bibliográfico e documento por meio de livros, artigos e reportagens. Ao término da pesquisa, compreende-se um aviso aos possíveis riscos e consequências à exposição à radiação em tripulantes, referente à saúde dos mesmos, em determinadas altitudes de voo.

Palavras-chave: Radiação Cósmica. Aviação. Altitude.

ABSTRACT

The present research propose to inform and alert about the existence of Cosmic Radiation on dayli life of avation professionals, in specific airplane pilots whose fly on high altitudes. Since your origin, incidence, relevance and consequences on human bodies. Is characterized as na exploration research with bibliographic procedures aided by books, articles and reports. By the end of the research, comprehend as na alert to the possibles risks and consequências due to the expose of radiation on crew members, refering to their health, in determined flight altitudes.

Keywords: Cosmic Radiation. Aviation. Altitude.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Campo magnético envolto a Terra.....	16
Figura 2 - Níveis de incidência de radiação.....	18
Figura 3 - Regiões do globo e suas coordenadas geográficas.....	19
Tabela 4 - Referências de doses de radiação.....	20

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
1.1. PROBLEMA DA PESQUISA	11
1.2. OBJETIVOS	11
1.2.1. Objetivo Geral	11
1.2.2. Objetivos Específicos.....	11
1.3. JUSTIFICATIVA.....	11
1.4. METODOLOGIA	12
1.4.1 Natureza da pesquisa e tipo de pesquisa	12
1.4.2 Materiais e métodos.....	13
1.4.3 Procedimentos de coleta de dados	13
1.4.4 Procedimentos de análise dos dados.....	13
1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	14
2. RADIAÇÃO	15
2.1 RADIAÇÃO CÓSMICA	15
2.2 MEDIÇÃO	17
3. EXPOSIÇÃO	18
3.1 NÍVEIS DE VOO	18
4. CONSEQUÊNCIAS	20
4.1 RISCOS NA GRAVIDEZ	21
4.2 RECOMENDAÇÕES.....	21
5. CONCLUSÃO	22
REFERÊNCIAS	23

1. INTRODUÇÃO

A aviação é uma atividade tecnológica, econômica e de transportes, que se utiliza de aeronaves e do espaço aéreo para atingir seus propósitos. Seja ela no âmbito militar, comercial, ou transportes de cargas e pessoas. De acordo com Cassard (2008), a palavra aviação teve sua origem em 1873 pelo escritor oficial naval francês Gabriel La Landelle, fazendo a junção do substantivo latino *avis* que significa ave, com o sufixo *ation* que significa ação. Inúmeros povos fabricaram veículos com a intenção de viajar pelos ares, se aperfeiçoando com o tempo e obtendo resultados importantes para a evolução desta prática. No século XX, tivemos dois casos de inventores que realizaram voos em aparelhos mais pesados que o ar, sendo eles os Irmãos Wright em 17 de Dezembro de 1903, e Santos Dumont em 23 de Outubro de 1906. Dois grandes desafios se apresentavam com relação à conquista do ar: a dirigibilidade dos balões e o voo com aparelhos mais pesados do que o ar, de acordo com Henrique Lins de Barros (2003). A partir de 1980, as experiências se multiplicaram em ambas as frentes. Havia muita expectativa, o problema é que não existia uma definição para o voo controlado, nem do balão nem do aparelho mais pesado do que o ar.

Desde então a aviação teve um progresso surpreendente. Nas décadas de 1920 e 1930, ocorreram voos transatlânticos e de reconhecimento durante as expedições. (ANTARCTIC AVIATION PRESERVATION SOCIETY, 2013). Também foi o início do uso comercial de aviões em transporte de passageiros e cargas, com um dos mais bem sucedidos projetos da época, o Douglas DC-3, sendo a primeira aeronave a ser utilizada em uma companhia aérea, dando início a uma nova era da aviação no transporte de passageiros. (BLACKAH, 2011)

A segunda Guerra Mundial foi outro fator importante para o progresso da aviação. Muitas cidades construíram aeroportos, e diversos pilotos profissionais prontos para atuação no mercado. Além da criação de uma aeronave a reação, o primeiro jato partiu da Guerra.

Após os anos de 1950, o desenvolvimento de jatos civis aumentou, e neste mercado, estavam às empresas como Boeing, Havilland Comet e Tupolev. Dando início a uma era de aeronaves de alta performance que possuíam capacidade de voar em elevadas altitudes. (CASAGRANDE, 2010)

A evolução dos motores aeronáuticos trouxe muitos benefícios para a aviação. Os motores a jato funcionam com uma mistura muito bem calculada de ar e combustível, ou seja, para certa quantia X de moléculas de ar, são necessárias Y moléculas de combustível. Chamamos isto de razão estequiométrica. Quando aumentamos a altitude do voo, a densidade do ar diminui, ocasionando uma menor quantidade de moléculas de ar no motor, exigindo uma redução na quantia de combustível proporcionalmente, resultando num consumo reduzido. Outro fator benéfico para se voar em altas altitudes, é a diminuição do arrasto pela menor densidade do ar, fazendo a aeronave consumir ainda menos combustível. Permitindo empresas aéreas realizarem voos de longas distâncias e durações. As altitudes que uma aeronave voa variam de acordo com o seu modelo específico e de cada fabricante, mas de modo geral, estou falando de altitudes acima de 30.000 pés (9.140 metros), e podendo chegar a 45.000 pés (13.700 metros). (JOSELITO, 2013)

. Como resultado de voos em altas altitudes, viu-se a necessidade de compreender alguns fatores que ocorrem em contra partida, como por exemplo, aos maiores índices de exposição à radiação cósmica.

1.1. PROBLEMA DA PESQUISA

Como a falta de pesquisas e informações que alertem sobre os graves riscos das doenças em consequências da prolongada exposição à radiação cósmica por parte de tripulantes de aeronaves que voam em grandes altitudes, proveniente da nova era da aviação, atinge os profissionais da área.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo Geral

Compreender a atuação da radiação solar na saúde de tripulantes de aeronaves que voam em grandes altitudes, que podem alterar suas características biológicas, surgimento de doenças entre outros problemas, de forma a poder sugerir procedimentos que venham a minimizar seus efeitos.

1.2.2. Objetivos Específicos

- a) Conhecer o papel da atmosfera na filtragem da radiação solar.
- b) Verificar como a evolução da aviação expôs os tripulantes a novos malefícios da radiação.
- c) Identificar os riscos que as exposições à radiação podem causar aos seres humanos.

1.3. JUSTIFICATIVA

O presente trabalho tem a intenção de sanar dúvidas e também demonstrar como age a radiação no corpo humano e relatar os efeitos que a radiação provoca ao ter contato com a matéria biológica. É importante possuir mais conhecimento sobre este assunto, buscando minimizar os efeitos nocivos à radiação, seja por meios de tratamentos ou alertando para possíveis prevenções.

Com a evolução da aviação, novos ares em altitudes foram alcançados, necessitando novas pesquisas sobre o tema. Este trabalho atua de maneira investigativa, visando alertar os profissionais da área que possuem contato direto com esta exposição.

Trabalho realizado com auxílio dos conhecimentos adquiridos no curso de Ciências Aeronáuticas, podendo ser utilizado como forma de pesquisas futuras para ampliação dos conhecimentos.

1.4. METODOLOGIA

1.4.1 Natureza da pesquisa e tipo de pesquisa

O método de pesquisa utilizado é exploratório e qualitativo, apoiando-se em técnicas de coleta de dados, também quantitativas.

A pesquisa exploratória é um dos tipos de pesquisa científica. Consiste na realização de um estudo para a familiarização do pesquisador com o objeto que está sendo investigado durante a pesquisa. O procedimento para coleta de dados caracteriza-se como bibliográfico e documental. Segundo Silva (2008), essas modalidades de coletas podem ser obtidas por meio de fontes distintas, tais como publicações periódicas, documentos eletrônicos e impressões diversas.

A pesquisa qualitativa se preocupa com a compreensão de um grupo ou organização. Partes-se do pressuposto que o pesquisador não pode fazer julgamentos nem permitir que seus preconceitos e crenças contaminem a pesquisa. (GOLDENBERG, 1997).

1.4.2 Materiais e métodos

O estudo foi desenvolvido a partir de:

1. Análise de documentos: Os conceitos analisados foram: “Radiação Cósmica”, “Evolução da Aviação”, “Tripulantes em suas funções” e “Consequências a exposição à radiação”. Principais sites utilizados: <<https://www.wikipedia.org/>>, <https://www.skybrary.aero/index.php/Main_Page>, <<https://www.esquireme.com/>> e <<https://www.cdc.gov/>>.
2. Pesquisa bibliográfica: Física das radiações. Autores OKUNO, Emico; YOSHIMURA, Elisabeth Mateus. (2010).

1.4.3 Procedimentos de coleta de dados

A fase de coleta de dados envolveu material bibliográfico e documental, se baseando em livros e artigos sobre a aviação e a radiação cósmica. Utilizando-se das ferramentas disponíveis na internet.

1.4.4 Procedimentos de análise dos dados

A análise de dados é uma metodologia para as ciências sociais para estudos de conteúdo. O investigador tenta construir um conhecimento analisando o “discurso”, a disposição e os termos utilizados pelo locutor. Utilizando-se de métodos e aplicando processos, formam-se indicadores de atividade. (FONSECA JÚNIOR, 2006).

A partir da junção dos dados obtidos pelo autor, houve a análise e seleção das informações para utilização do trabalho.

1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho está organizado em cinco capítulos:

- O primeiro capítulo, apresentando a introdução, o problema de pesquisa, os objetivos (geral e específico), justificativa e metodologia utilizada na realização do trabalho.
- O segundo capítulo, descreve como funciona a atmosfera e a radiação emitida por ela, como sua medição.
- O terceiro capítulo fala sobre as formas de exposição à radiação e seus riscos como os seus níveis de atuação referente à sua elevação.
- O quarto capítulo trata das consequências da exposição à radiação bem como as recomendações necessárias.
- No quinto capítulo são apresentadas as considerações finais sobre o desenvolvimento do trabalho, seguidamente das referências utilizadas na elaboração do mesmo.

2. RADIAÇÃO

De acordo com Okuno e Yoshimura (2010), a radiação é a transferência de energia de um ponto a outro, seja em qualquer meio material ou mesmo no vácuo. Sendo classificada como energia de trânsito, podendo ocorrer através de uma onda eletromagnética ou por emissão de partículas. As radiações podem ser emitidas naturalmente, como podem ser emitidas artificialmente, seja por meio de máquinas para fins médicos ou atividades industriais. De qualquer forma a radiação interage com as matérias, inclusive com o corpo humano, depositando nele energia. As radiações por emissão de partículas mais comuns são radiação alfa, radiação beta, emissão de nêutrons e raios catódicos. A radiação eletromagnética é uma descrição dada às ondas que se propagam no vácuo ou no ar com velocidade de 300.000km/s, a mesma velocidade da luz, que também é uma radiação eletromagnética. As radiações eletromagnéticas possuem a capacidade de transportar energia e informações. Alguns exemplos são radiação gama, raios-X, ultravioleta, infravermelho, micro-ondas, ondas de TV e rádio.

2.1 RADIAÇÃO CÓSMICA

A radiação Cósmica é o termo coletivo para a radiação ionizada presente na atmosfera da terra, formada pelo sistema solar, o próprio sol ou pela interação das partículas primárias com a atmosfera da Terra, fundando assim partículas secundárias. As partículas de radiação Cósmica consistem em 86% carregadas positivamente com núcleos de hidrogênio, ou seja, prótons, 11% partículas alfas com núcleos de hélio, 2% de elétrons ou partículas beta, e o resto composto por metais ionizados e partículas de anti matéria. (COSMIC RADIATION 2016)

Próximo a Terra, as partículas primárias de radiação Cósmica são praticamente todas carregadas eletricamente e muitas são desviadas pelo campo magnético. Este efeito varia de acordo com a energia resultada do impacto da partícula, e de sua trajetória em relação ao campo magnético. Menos desvios ocorrem para as partículas altamente energizadas e para aquelas que voam

paralelamente ao campo magnético. Nos casos de altas latitudes, próximas a Linha do Equador, o número de partículas desviadas é muito maior, devido ao fato do movimento das partículas serem perpendiculares ao campo magnético nesta região.

O resultado da interação das partículas primária com a atmosfera é um campo de radiação que possui uma composição bem diferente daquela encontrada no espaço. Este valor varia de acordo com a altitude, latitude e posição do ciclo solar. Para 35.000 pés de altitude em latitudes temperadas, temos os seguintes valores que compõem a radiação. Nêutrons correspondem a 55%, elétrons e pósitrons 20%, prótons 15%, fótons 5% e muons 5%. Em comparação com o nível do mar na mesma latitude, encontra-se praticamente apenas muons. Esta divergência de componentes em relação às diferentes altitudes se deve ao fato dos desvios de prótons, e que grande maioria das partículas secundárias liberadas pela colisão entre partículas primárias e átomos de hidrogênio e hélio em altitudes elevadas, são nêutrons. (ANNALS OF THE ICRP 1990)

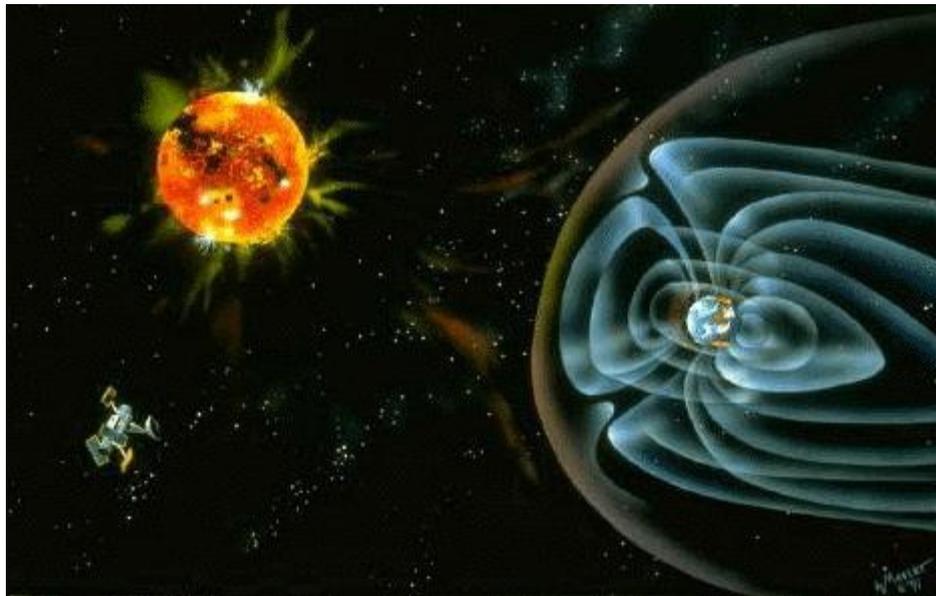


Figura 1 - Ilustração do campo magnético envolto a Terra. SILVA (2014)

2.2 MEDIÇÃO

A unidade de medida utilizada para mensurar a incidência de radiação sobre o corpo humano é o milisievert (mSv). A média mundial de exposição à radiação natural é 2,4 mSv por ano. Sabemos que doses muito grandes acima de 5.000 mSv, recebidas por todo o corpo num curto período de tempo, podem ser fatais. Entretanto, sabemos que alguns dos efeitos da exposição à radiação não aparecem a menos que certa dose grande seja absorvida. Doses acima de 100 mSv podem ter um efeito nocivo nos seres humanos, como uma maior incidência em desenvolvimento de câncer. Mesmo em doses mais baixas de radiação, abaixo de 100 mSv, há muita incerteza sobre os efeitos. O que se sabe é que o risco de efeitos adversos nesta determinada dose é muito baixo. Para assegurarmos, assumimos que há um risco mesmo nesse intervalo de dose baixa e esse risco é proporcional à dose na mesma proporção como nos intervalos de dose alta. (J. VALENTIN 2007)

3. EXPOSIÇÃO

Todos os seres vivos presentes na Terra de certa forma estão expostos a doses de radiação, em níveis inferiores, gerados naturalmente por substâncias tanto presentes na Terra como no espaço. A interferência humana elevou o nível dessa exposição ao criar recursos capazes de produzir radiação. Como por exemplo, os raios-X. Há muitos estudos que comprovam que a alta e frequente exposição a tais raios são nocivas e perigosas à saúde do ser humano. O tamanho do risco se deve ao tamanho da dose recebida.

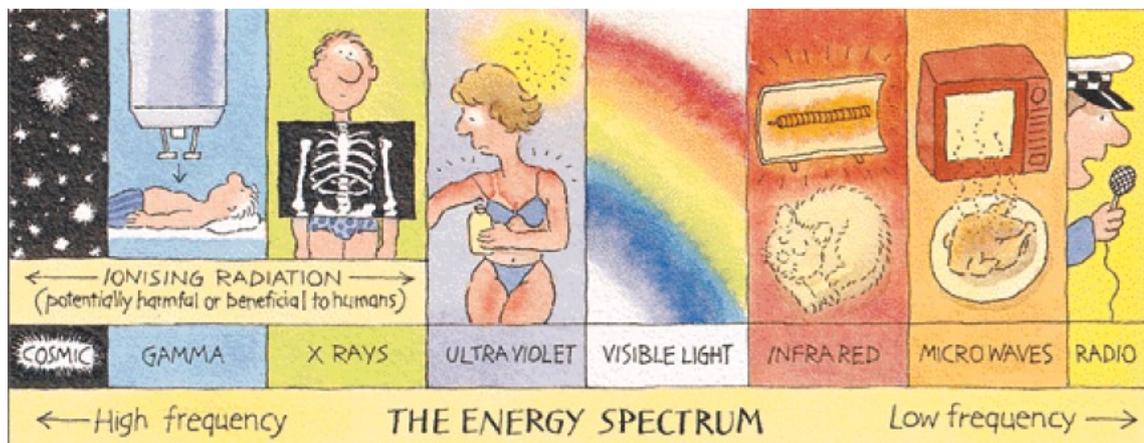


Figura 2 - Níveis de incidência de radiação. WORLD NUCLEAR ASSOCIATION (2014)

3.1 NÍVEIS DE VOO

As influências da radiação Cósmica em elevados níveis de voo podem ser compiladas em algumas informações.

A exposição da aeronave em maiores altitudes empreende numa maior dose de radiação recebida. Baseando-se em uma altitude de 35.000 pés (10.660 metros), a exposição à radiação é 100 vezes maior que no solo, porém o aumento não é linear. Abaixo de 25.000 pés (7.620 metros) de altitude, o aumento da radiação é bem moderado. A exposição máxima ocorre a 60.000 pés (18.280 metros) de altitude.

As variações de latitude possuem grande influência na exposição à radiação, sendo muito maior em altitude que no solo. A 50° a exposição chega a ser 4 vezes maior que na linha do Equador.

A radiação Cósmica é feita por uma grande variação de raios de variáveis níveis energéticos, e conseqüentemente torna muito difícil sua medição precisa.

Uma dose de radiação a 26.000 pés (7.920 metros) de altitude em latitudes temperadas é geralmente em torno de 3 microSv por hora (1.000 microSv = 1mSv), porém próximo a linha do Equador fica em torno de 1 à 1.5 microSv por hora. A 39.000 pés (11.880 metros) de altitude estes valores chegam a dobrar.

Aeronaves capazes de voar altitudes superiores a 49.000 pés (14.930 metros) devem carregar um monitorador de radiação a bordo, podendo medir variações de nível de radiação durante o voo. Aeronaves capazes deste feito, geralmente são militares, protótipos de testes, ou alguns modelos de jatos executivos como, por exemplo, o Bombardier Global 7000 e o Gulfstream G650, que possuem um teto operacional de 51.000 pés (15.540 metros). (EURADOS 1996)

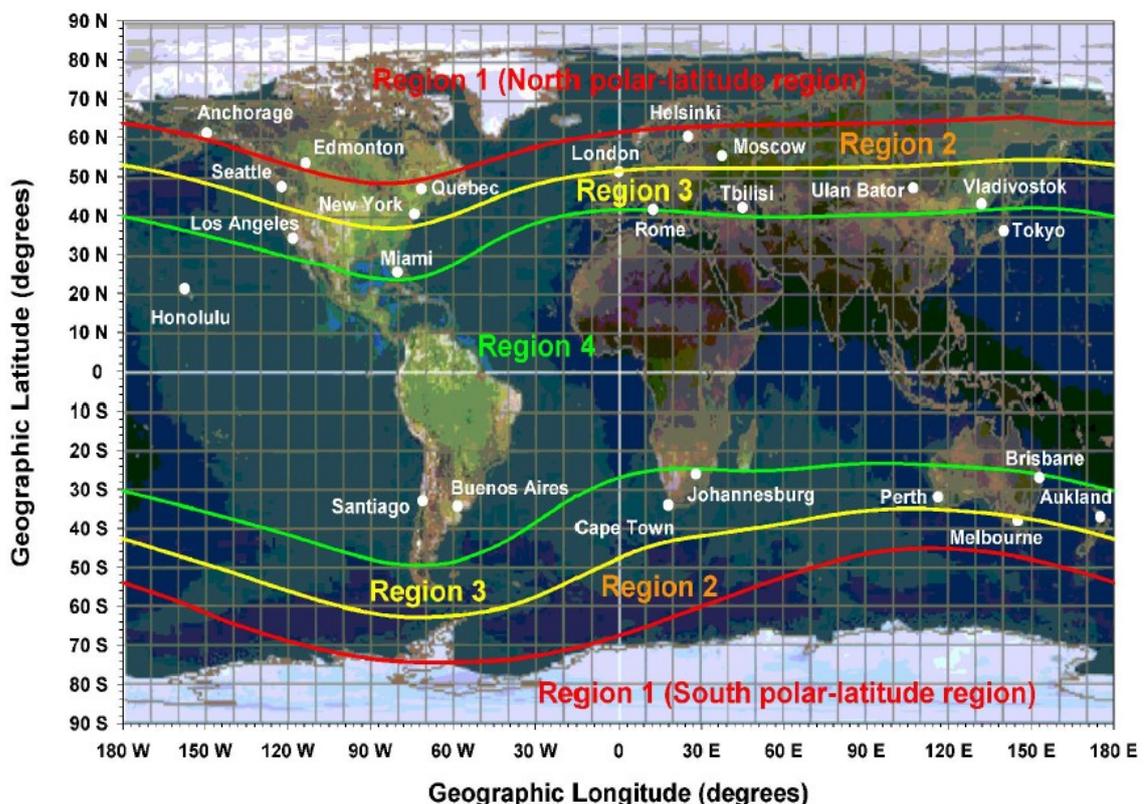


Figura 3 - Ilustração sobre as regiões do globo e suas coordenadas geográficas. GEOENSINO (2012)

4. CONSEQUÊNCIAS

Qualquer exposição à radiação pode resultar em alterações de partículas, ou seja, as paredes celulares de uma célula de um organismo vivo podem ser corrompidas. Embora alguns danos são reparados pelas próprias células no organismo. Mesmo com estudos e pesquisas acerca deste assunto, não há uma resposta precisa sobre o potencial que a radiação possui quanto a sua exposição. Alguns pesquisadores dizem que o risco de desenvolver um câncer fatal advindo da radiação é abaixo de meio por cento. Porém, um estudo realizado na Escandinávia em 2002 pegou dados de 10.000 pilotos de linha aérea do sexo masculino que atuam no mercado a mais de 17 anos, e encontraram um enorme risco de desenvolver Melanoma (câncer de pele), e câncer de próstata. Outro estudo realizado por Japoneses e Italianos em 2006 apontou uma tendência em mulheres que trabalham em aviões de desenvolverem câncer de mama e Melanoma.

Na Europa, tripulações que recebem doses maiores que 2,5 mSv por ano devem ser assessorados e informadas sobre os potenciais riscos e possíveis alterações de função devida a dose excessiva de radiação sofrida. Esta ação evidencia uma preocupação e um alerta para se respeitar o limite de 20 mSv por ano mantendo uma média de 5 anos, ou ao atingir 50 mSv durante um único ano, estipulados pelo ICRP (International Committee on Radiological Protection). (Council Directive 1996)

Doses de Radiação	Emissor/Fonte
0.01 mSv	Raios-X dentário
0.06 mSv (60 µSv)	Voo de aproximadamente 9 hrs de duração
0.1 mSv (100 µSv)	Raios-X torácico
1 mSv	Dose limite anual para a população
2 - 5 mSv	Dose anual de radiação Cósmica para tripulantes
3.7 mSv	Dose anual de radiação na Finlândia
20 mSv	Dose anual limite para trabalhadores da área, por 5 anos, não podendo exceder 50 mSv em um destes anos
500 - 1000 mSv	Doses requeridas para se ter doença de radiação aguda
4000 mSv	Dose letal quando recebida de uma única vez

Tabela 4 - Referências de doses de radiação. ANA TOKUS (2014)

4.1 RISCOS NA GRAVIDEZ

Sob uma gravidez declarada, deve se ter muita cautela com o feto, pois o organismo feminino não prove proteção contra radiação na região do abdômen. Sofrendo risco de possuir uma má formação do feto ao término da gestação. (SCHERWE 1999).

4.2 RECOMENDAÇÕES

As recomendações para os tripulantes seriam para se manterem atualizados sobre este tema sempre que houver pesquisas atualizadas realizadas.

Utilização de lentes oculares para proteção dos olhos, o uso de roupas adequadas para o trabalho, utilização das cortinas e protetores contra os raios solares sempre que possível, uso de protetores solares para cuidados com a pele, controle de umidade na cabine entre outros.

Mulheres no período da gravidez controlar as doses de radiação a serem recebidas. Em caso de alta exposição à radiação consultar um especialista para questões médicas. Informar os órgãos ligados ao assunto para futuras prevenções e estudos.

Prover tais informações a entidades de pesquisas, ou relatar tais efeitos com o intuito de buscar soluções ou tratamentos para as consequências desta exposição.

5. CONCLUSÃO

O desenvolvimento do presente trabalho foi de suma importância para ampliar os conhecimentos do autor sobre o tema que é tão pouco citado na área profissional da aviação. Discutir aspectos relacionados à exposição à radiação é muito relevante para a compreensão do ambiente que cerca o profissional.

Compreender as variáveis que podem impactar esse cenário pode ser muito útil para o desenvolvimento de técnicas que previnam as possíveis doenças sucessivas da exposição ou surgimento de novos tratamentos para aqueles que já sofrem deste mal, que, numa perspectiva mais ampla, considere não somente o conhecimento, mas também ações de conscientização que englobem os profissionais da área. Assim, reforça-se a importância do assunto presente neste trabalho.

Partindo do objeto de analisar a evolução da aviação que conquistou novos ares, possibilitando essa nova preocupação referente à exposição à radiação, verificou-se que é altamente recomendável tratar deste assunto em todos os âmbitos profissionais da aviação, com auxílios e tratamentos.

Para finalizar, a partir dos conteúdos desenvolvidos para este trabalho, é possível notar que os impactos causados pela exposição à radiação envolvem essa nova geração capaz de voar voos em grandes altitudes, esses que ensejam a possibilidade de novos conhecimentos e preocupações sobre o tema.

REFERÊNCIAS

ANNAL of the ICRP: **Recommendations of the International Commission on Radiological Protection**. Oxford: Pergamon Press, 1990.

ANA TOKUS. **“A radioproteção e a legislação”**; < <https://raiosxis.com/a-radioprotecao-e-a-legislacao>>. Acesso em 28 de maio de 2018.

ANTARCTIC AVIATION PRESERVATION SOCIETY (New Zeland). **Antarctica Project**. Christchurch: (AAPS), 2013.

BARROS, Henrique Lins de. **Santos Dumont e a Invenção do Voo**. Brasil: Zahar, 2003. 190 p.

BLACKAH, Paul. **Douglas DC-3 Dakota: An insight into owning, flying, and maintaining the revolutionary American**. Minneapolis: Voyageur Press, 2011. 160 p.

CASAGRANDE, Vinicius. **Aviões: Histórias e Curiosidades Das Aeronaves Comerciais**. Brasil: Europa, 2010. 192 p.

CASSARD, Jean Christophe. **Dictionnaire d'histoire de Bretagne**. Français: Skol Vreizh, 2008. 942 p.

CÓRDOVA, Fernanda Peixoto; SILVEIRA, Denise Tolfo. **A Pesquisa Científica**. Brasil, 2006.

COORDENDAS GEOGRÁFICAS. < <http://www.geoensino.net/2012/06/coordenadas-geograficas.html>>. Acesso em 28 de maio de 2018.

FONSECA, Júnior; DUARTE, Jorge; BARROS, Antonio de **Análise de Conteúdo: Métodos e técnicas de pesquisa em comunicação**. 2ª Ed. São Paulo: Atlas, 2006, p.280-315)

JOSELITO. **Por que os aviões comerciais voam tão alto?** Brasil: Aviões e Músicas, 2013.

OKUNO, Emico; YOSHIMURA, Elisabeth Mateus. **Física das Radiações**. : Oficina de Textos, 2010. 296 p.

SCHERWE U J. ACREM, **Air Crew Radiation Exposure Monitoring**. Results from the in-flight measurement programme of the PTB: Summary of the radiation monitoring data, PTB Report PTB-6.31-99-1 (Physikologisch-Technische Bundesanstalt: Braunschweig) (1999).

SILVA, Domiciano Correa Marques da. **"O Campo Magnético da Terra"**; Brasil Escola. Disponível em <<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/o-campo-magnetico-terra.htm>>. Acesso em 28 de maio de 2018.

WORLD NUCLEAR ASSOCIATION. "**The Energy Spectrum**" graphic reproduced by permission of World Nuclear Association, London, UK. Acesso em 28 de maio de 2018.