

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM
INSTITUTO DE EDUCAÇÃO AGRICULTURA E AMBIENTE – IEAA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS
MESTRADO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

PÉRICLES VALE ALVES

**SAZONALIDADE DO ÍNDICE ULTRAVIOLETA NA CIDADE DE
HUMAITÁ-AM: CONTRIBUIÇÕES PARA PREVENÇÃO DO
CÂNCER DE PELE**

HUMAITÁ, AM

2020

PÉRICLES VALE ALVES

**SAZONALIDADE DO ÍNDICE ULTRAVIOLETA NA CIDADE DE
HUMAITÁ-AM: CONTRIBUIÇÕES PARA PREVENÇÃO DO
CÂNCER DE PELE**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais, do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, da Universidade Federal do Amazonas – UFAM. Área de Concentração: Ambiente e Sociobiodiversidade.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alexandre Santos Querino

HUMAITÁ, AM

2020

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

A474s Alves, Pericles Vale
Sazonalidade do índice ultravioleta na cidade de Humaitá-AM: contribuições para prevenção do câncer de pele / Pericles Vale Alves . 2020
71 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Carlos Alexandre Santos Querino
Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Radiação Ultravioleta. 2. Câncer Melanoma. 3. Câncer Não-Melanoma. 4. Prevenção. I. Querino, Carlos Alexandre Santos. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

FOLHA DE APROVAÇÃO

Título da Dissertação

SAZONALIDADE DO ÍNDICE ULTRAVIOLETA NA CIDADE DE HUMAITÁ-AM: CONTRIBUIÇÕES PARA PREVENÇÃO DO CÂNCER DE PELE

por

PÉRICLES VALE ALVES

Esta Dissertação foi apresentada às 14:00 de 18 de Dezembro de 2020 como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais, na área de concentração em Ambiente e Sociobiodiversidade e na linha de pesquisa em componentes e dinâmicas dos ecossistemas com ênfase no bioma amazônico, do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. O(A) candidato(a) foi arguido(a) pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo citados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho () aprovado () aprovado com restrições () reprovado.

Prof. Dr. Carlos Alexandre Santos Querino
Orientador

Prof. Dr. Marcelo Sacardi Biudes
UFMT

Prof. Dr. Marcos Antônio Lima Moura
UFAL

Dedico este trabalho a minha família.

AGRADECIMENTOS

- Gostaria de agradecer, em primeiro lugar, a Deus, pelo dom da vida e pelas metas alcançadas até aqui.
- Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Carlos Alexandre Santos Querino, que, com muita dedicação e paciência, contribuiu e continua a contribuir de maneira significativa para a minha qualificação profissional.
- Sou grato também aos professores do PPGCA que contribuíram para minha formação em nível de mestrado. De modo particular, quero agradecer ao Prof. Dr. Marcos André Braz Vaz, pelas dicas e momentos de discussão relacionadas a parte estatística empregada nesta dissertação.
- Gratidão pela colaboração dos agentes de portaria Sr. Evanilson Queiroz de Castro e Fredson Cláudio de Souza Chaves. Eles foram responsáveis para que a coleta de dados não apresentasse falhas grosseiras, em virtude das numerosas interrupções no fornecimento de energia elétrica no município. Sempre que isso ocorria, me avisavam que o sistema de aquisição de dados da estação encontrava-se desligado quando a energia retornava.
- Agradeço também aos parças Luis Octávio Fabrício dos Santos e Altemar Lopes Pedreira Junior, os quais contribuíram também no desenvolvimento deste trabalho e, principalmente, na conclusão do meu mestrado.
- Também deixo meu muito obrigado ao Gustavo Ávila Maquiné, dermatologista do município, pela colaboração na tabulação dos dados relacionados ao câncer de pele em Humaitá.
- Agradeço ao Prof. Adalcir Junior que, gentilmente, cedeu um computador no laboratório de informática para compor o sistema de aquisição de dados.
- Quero agradecer aos meus pais, Paulo Pedro Alves e Iraci Crisóstomo Vale, que sempre foram empenhados em me mostrar o caminho pelo qual vale a pena viver e que sempre lutaram e lutam pelo meu sucesso.
- Não poderia também deixar de agradecer a minha esposa, Vanessa Colares Magalhães e minha filhota do coração Júlia Magalhães Alves, que sofreram esses meses em que preci-

sei me dedicar com maior ênfase para a conclusão do mestrado. Agradeço pela paciência e compreensão.

- Enfim, se aqui esqueci de agradecer alguém, não é por ingratidão, mas sim esquecimento. Mas deixo externo aqui minha gratidão a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para o êxito deste trabalho.

Persiga sua meta, seus sonhos e jamais desista de amar as pessoas que Deus colocou à sua volta, colocou na sua vida. Jamais desista de ser feliz também, porque ser feliz é estar contente consigo mesmo. Lute sempre pelos seus sonhos, pelos seus projetos. Seja profundamente apaixonado pela vida, porque viver sempre vai valer a pena. A vida é um espetáculo imperdível que Deus nos proporciona todos os dias. (Osmar Cunha)

RESUMO

ALVES, Péricles Vale. **SAZONALIDADE DO ÍNDICE ULTRAVIOLETA NA CIDADE DE HUMAITÁ-AM: CONTRIBUIÇÕES PARA PREVENÇÃO DO CÂNCER DE PELE**. 2020. 69 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal do Amazonas – UFAM. Humaitá, AM, 2020.

O índice Solar Ultravioleta (I_{UV}), mensura a intensidade da radiação UV (280 a 400 nm) que atinge à superfície terrestre num dado intervalo de tempo. É uma grandeza adimensional que representa os riscos à saúde humana devido à exposição solar. O I_{UV} é pouco divulgado no Brasil onde, geralmente, apenas as capitais brasileiras dispõem dessas informações. Assim, este trabalho teve por objetivo descrever a sazonalidade de I_{UV} na cidade de Humaitá-AM visando a prevenção do câncer de pele. Os dados do I_{UV} foram coletados entre outubro de 2019 e setembro de 2020, por um sensor de Raio Ultravioleta UV UVM-30A (200 – 370 nm), conectado à plataforma Arduino Uno R3 usada como *datalogger* para armazenar os dados. As leituras foram realizadas a cada 10 s e registradas as médias a cada 10 min. Os I_{UV} 's foram agrupados em três intervalos distintos: Intervalo A (7 às 9 h), Intervalo B (10 às 14 h) e Intervalo C (15 às 17 h) e, depois, comparados entre os períodos seco e chuvoso. Os gráficos *boxplot* foram plotados, utilizando o software livre R-Studio, para avaliar a variabilidade horária do I_{UV} . Além disso, este trabalho avaliou a propensão e a prevalência do câncer de pele em Humaitá, considerando os valores acumulados da radiação solar ultravioleta biologicamente ativa e os fototipos existentes. Por fim, foi investigado, por meio de questionários, a percepção que os alunos do ensino médio tem sobre a radiação solar e seus efeitos relativos à saúde humana. O I_{UV} médio máximo pode variar de 4 a 8, no verão é constante e igual a 4, no outono varia de 4 a 6 e no inverno de 8 a próximo de 11. No período chuvoso (PC), excluindo o mês de outubro que requer precauções indispensáveis no intervalos C, os demais meses não representam riscos à saúde devido a exposição à R_{UV} nos intervalos A e C. No intervalo B ainda do PC, todos os meses, com exceção de maio que impõe cuidados apenas recomendáveis, configuram cuidados indispensáveis e com maior rigor em outubro e novembro. No período seco (PS) não há necessidades de precauções no intervalo A. Contudo, nos intervalos B e C para todo o PS, a adoção dos cuidados à exposição a R_{UV} são extremamente indispensáveis. Foram registrados entre 2016 e 2020, 47 casos de câncer de pele não melanoma e apenas 2 melanomas. A população de Humaitá tem 68,60 % de indivíduos com fototipos V. Por fim, verificou-se que apenas 36 % dos estudantes conseguem definir radiação solar e que 36 % conhecem dos efeitos benéficos e nocivos adquiridos da exposição aos raios solares. Portanto, este trabalho além de fornecer informações relevantes para descrição do I_{UV} na região, viabiliza subsídios para promoção de políticas públicas voltadas à prevenção do câncer de pele no município. Também instiga a necessidade de apresentar a temática com maior ênfase nas escolas públicas da rede básica de ensino.

Palavras-chave: Radiação Ultravioleta. Câncer Melanoma. Câncer Não-melanoma. Prevenção.

ABSTRACT

ALVES, Péricles Vale. **SEASONALITY OF ULTRAVIOLET INDEX IN THE CITY OF HUMAITÁ-AM: CONTRIBUTIONS TO PREVENT SKIN CANCER**. 2020. 69 p. Dissertation (Master of Science in Environmental Sciences in) – Federal University of Amazonas – UFAM. Humaitá, AM, 2020.

The Solar Ultraviolet Index (I_{UV}), measures the intensity of UV radiation (280 to 400 nm) that reaches the Earth's surface in a given time interval. It is a dimensionless dimension that represents the risks to human health due to sun exposure. The I_{UV} is little known in Brazil where, generally, only the Brazilian capitals have this information. Thus, this study aimed to describe the I_{UV} seasonality in the city of Humaitá-AM aiming to prevent skin cancer. The data from the I_{UV} were collected between October 2019 and September 2020, by a UV UV-30A Ultraviolet Ray sensor (200 - 370 nm), connected to the Arduino Uno R3 platform used as datalogger for store the data. Readings were taken every 10 s and averages were recorded every 10 min. The I_{UV} 's were grouped into three distinct intervals: Interval A (7 am to 9 am), Interval B (10 am to 2 pm) and Interval C (3 pm to 5 pm) and then compared between the dry and rainy periods. The boxplot graphs were plotted, using the free software R-Studio, to assess the hourly variability of the I_{UV} . In addition, this work evaluated the propensity and prevalence of skin cancer in Humaitá, considering the accumulated values of biologically active ultraviolet solar radiation and the existing phototypes. Finally, through questionnaires, the perception that high school students have about solar radiation and its effects on human health was investigated. The I_{UV} maximum mean can vary from 4 to 8, in summer it is constant and equal to 4, in autumn it varies from 4 to 6 and in winter from 8 to close to 11. In the rainy season (PC), excluding the month October, which requires indispensable precautions in intervals C, the other months do not represent health risks due to exposure to R_{UV} in intervals A and C. In interval B still of CP, every month, except for May that imposes care only recommendable, configure indispensable care and with greater rigor in October and November. In the dry period (PS) there is no need for precautions in interval A. However, in intervals B and C for the entire PS, the adoption of precautions for exposure to R_{UV} are extremely indispensable. Between 2016 and 2020, 47 cases of non-melanoma skin cancer and only 2 melanomas were recorded. The population of Humaitá has 68.60 % of individuals with phototypes V. Finally, it was found that only 36 % of students are able to define solar radiation and that 36 % are aware of the beneficial and harmful effects acquired from exposure to sunlight. Therefore, this work, besides providing relevant information for the description of I_{UV} in the region, makes possible subsidies for the promotion of public policies aimed at the prevention of skin cancer in the municipality. It also instigates the need to present the theme with greater emphasis on public schools in the basic education network.

Keywords: Ultraviolet Radiation. Cancer Melanoma. Non-melanoma Cancer. Prevention.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Resposta biológica humana à radiação UV onde a curva em vermelho, representa o efeito eritêmico.	18
Figura 2 – Localização do município de Humaitá e local do experimento.	30
Figura 3 – Sensor UV UVM-30A (200 - 370 nm) para medidas do I_{UV}	31
Figura 4 – Sazonalidade do índice ultravioleta em Humaitá-AM.	36
Figura 5 – Variabilidade horária mensal do I_{UV} no período chuvoso de outubro de 2019 à janeiro de 2020.	37
Figura 6 – Variabilidade horária mensal do I_{UV} no período chuvoso de fevereiro de 2020 à maio de 2020.	40
Figura 7 – Variabilidade horária mensal do I_{UV} no período seco de junho de 2020 à setembro de 2020.	42
Figura 8 – Classificação dos níveis da R_{UV} para os intervalos: A (7 às 9 h), B (10 às 14 h) e C (15 às 17 h).	44
Figura 9 – Classificação dos níveis da R_{UV} para os intervalos: A (7 às 9 h), B (10 às 14 h) e C (15 às 17 h), considerando os últimos quatro meses do período chuvoso.	46
Figura 10 – Classificação dos níveis da R_{UV} para os intervalos: A (7 às 9 h), B (10 às 14 h) e C (15 às 17 h), considerando os meses do período seco.	47
Figura 11 – População residente, por cor ou raça, segundo a situação do domicílio.	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características da R_{UV} quanto a absorvância pelo O_3 e efeitos à saúde humana.	15
Tabela 2 – Tipos de peles, conforme resposta a exposição à radiação ultravioleta.	27
Tabela 3 – Classificação dos níveis da R_{UV} por meio do I_{UV}	32
Tabela 4 – Doses cumulativas de radiação UV biologicamente efetiva.	49
Tabela 5 – Estimativas das doses acumuladas de radiação UV biologicamente efetiva. . .	49
Tabela 6 – Prevalência do câncer de pele em Humaitá.	51
Tabela 7 – Respostas semelhantes, agrupadas por blocos, para a primeira pergunta. . .	52
Tabela 8 – f_i : frequência absoluta; f_{r_i} : frequência relativa e $f_{r_i}^{(p)}$: frequência relativa percentual.	54
Tabela 9 – Percentual dos alunos, distribuídos em grupos, que estudaram ou não sobre radiação solar na educação básica, discriminados por acertos e erros relacionados à primeira pergunta do questionário, onde: Grupo 1: fundamental; Grupo 2: ensino médio; Grupo 3: ensinos fundamental e médio; Grupo 4: nunca estudaram.	55
Tabela 10 – Percentual dos alunos, distribuídos em grupos, que assistiram ou não sobre radiação solar em algum meio de comunicação, discriminados por acertos e erros relacionados à primeira pergunta do questionário, onde: Grupo 1: internet; Grupo 2: TV; Grupo 3: TV e internet; Grupo 4: TV e livros; Grupo 5: Nunca ouviu.	56
Tabela 11 – Concepção dos alunos acerca dos efeitos da radiação solar comparado às respostas atribuídas à primeira pergunta.	57

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Problemática	12
1.2	Justificativa	13
1.3	Objetivos	14
1.3.1	Objetivo Geral	14
1.3.2	Objetivos Específicos	14
1.4	Hipóteses	14
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1	Radiação Solar Ultravioleta	15
2.1.1	Fatores Químicos, Temporais, Geográficos e Meteorológicos que Afe- tam a Radiação Ultravioleta	15
2.1.2	Espectro de Ação Eritêmica da Radiação Ultravioleta	18
2.1.3	O Índice Ultravioleta	19
2.2	Efeitos da Radiação Solar Ultravioleta Sobre a Pele	20
2.2.1	Síntese de Vitamina D ₃	21
2.2.2	Queimaduras	21
2.2.3	Bronzeamento	22
2.2.4	Foto-envelhecimento	23
2.2.5	Sardas	23
2.2.6	Câncer de Pele: tipos e sintomas	24
2.2.7	Tipos de Pele	26
2.3	Radiação Solar e a Educação Básica	27
3	MATERIAL E MÉTODOS	30
3.1	Área de Estudo	30
3.2	Climatologia da Região	30
3.3	Medidas da Radiação Solar Ultravioleta	31
3.3.1	Processamento e Análise Estatística dos Dados	32
3.4	Radiação Solar Ultravioleta e o Câncer de Pele em Humaitá	32
3.4.1	Tendência da População para o Câncer de Pele	32

3.4.2	A Percepção dos Alunos do Ensino Médio sobre Radiação Solar e seus Efeitos na Saúde Humana	34
3.4.3	Divulgação do Valores dos Índices Ultravioletas	35
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
4.1	Sazonalidade do Índice Ultravioleta	36
4.1.1	Variabilidade Horária Mensal do I_{UV} no Período Chuvoso	37
4.1.2	Variabilidade Horária Mensal do I_{UV} no Período Seco	41
4.2	Níveis da R_{UV} através do I_{UV} para Intervalos de Tempo Específicos	43
4.2.1	No Período Chuvoso	43
4.2.2	No Período Seco	46
4.3	Propensão e Prevalência da População para o Câncer de Pele	48
4.4	Percepção dos Alunos Sobre a Radiação Solar	52
4.4.1	Análise Descritiva	54
5	CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS	59
	REFERÊNCIAS	61
	APÊNDICES	68
	APÊNDICE A QUESTIONÁRIO	69

1 INTRODUÇÃO

1.1 PROBLEMÁTICA

A energia proveniente do Sol incide sobre a superfície terrestre e é composta por um conjunto de ondas eletromagnéticas, denominado espectro eletromagnético solar. Esse espectro, é dividido em intervalos de comprimentos de onda, λ , composto pela a faixa do ultravioleta (UV), da luz visível (VIS), do infravermelho (IR), dentre outros. Essa energia está relacionada diretamente aos processos químicos, físicos e biológicos e, portanto, com a vida na Terra. Além disso, essa energia tem fortes influências na atmosfera e no clima terrestre devido a sua variabilidade espaço-temporal (MAUCERI et al., 2018). Dessa energia, a parcela gerada pela estreita faixa do UV é a que tem maior influência nos sistemas biológicos.

A radiação solar ultravioleta (R_{UV} ; Wm^{-2}) é toda energia radiante compreendida entre 100 a 400 nm. A R_{UV} é subdividida em três bandas espectrais, conhecidas por UVA, UVB e UVC cujos respectivos intervalos são: (315 – 400) nm, (280 – 315) nm e (100 – 280) nm. Além disso, foi classificada em 2009 pela Agência Internacional de Pesquisa do Câncer (IARC) como cancerígena para os seres humanos (LYON, 1994; ICNIRP, 2004).

De acordo com previsões do Instituto Nacional do Câncer (INCA), eram esperados 85.170 casos novos de câncer de pele não melanoma entre homens e 80.410 nas mulheres para cada ano do biênio 2018-2019. Logo, o prognóstico era de um risco médio de 82,53 novos casos a cada 100 mil homens e 75,84 a cada 100 mil mulheres. O câncer melanoma é mais letal comparado ao não melanoma, porém sua incidência é baixa (2.920 casos novos em homens e 3.340 casos novos em mulheres) (DE OLIVEIRA, 2018). Essas lesões são inerentes ao histórico de exposição do indivíduo aos diferentes comprimentos de onda da R_{UV} . Por outro lado, com uma dose ponderada, na medida certa, a R_{UV} exerce também fatores benéficos à saúde humana tais como: síntese da vitamina D, fortalecimento do sistema imunológico, ação antidepressiva, prevenções do diabetes tipo II e dos cânceres de mama, próstata, pulmão e intestino (MOAN et al., 2005).

A prevenção do câncer de pele envolve a orientação primária de proteção à exposição solar nociva desde a infância, educação e treinamento dos profissionais da saúde para o diagnóstico e campanhas intensificadas para este propósito. Além disso, motivar e difundir projetos que promovam extensas discussões acerca da temática dentro das redes de ensino básico, sobretudo,

nas séries primárias, é primordial por se tratar de uma questão de saúde pública (WHO, 2002b; FULMORE et al., 2009; DE OLIVEIRA, 2014). A exemplo da importância desta temática, Da Silva e Schwantes (2018b) afirmam que o estudo da radiação solar na escola básica, mostra que boa parte dos estudantes desconhece ou apresenta pouca segurança com relação a esta temática. Assim, os resultados dos investimentos educacionais podem ser aprimorados para aumentar a capacidade das escolas em promover a saúde à medida que aprendem (WHO, 2002b). O câncer de pele apresenta-se como uma problemática mundial, porém podendo ser uma patologia evitável quando medidas adequadas de proteção solar são tomadas.

Para mitigar/minimizar esse problema, em 1995, a Organização Mundial da Saúde (OMS), juntamente com várias organizações parceiras, lançou o Índice Ultravioleta Solar (I_{UV}) como um veículo para facilitar a visualização da quantidade de R_{UV} atingindo a superfície da Terra (GIES et al., 2018). Entretanto, são poucas as estações meteorológicas que monitoram o I_{UV} no Brasil, as quais são restritas às capitais (INPE, INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2020b). Além disso, pesquisas com este enfoque tem um número pouco expressivo na região norte e, principalmente, na região sul do estado do Amazonas.

1.2 JUSTIFICATIVA

A preocupação com a medida e divulgação da quantidade da R_{UV} está associada ao aumento no número de casos de câncer de pele em diversos países. A divulgação da intensidade da R_{UV} de maneira simplificada segundo Pérez e Escudero (2019) visa à mudança dos hábitos de exposição ao sol para reduzir os danos à saúde.

Assim, este estudo justifica-se pela contribuição relevante para a comunidade científica e, sobretudo, para a sociedade humaitaense. De fato, amplia-se com este, o número de estudos direcionados à climatologia da região norte além de prover informações a respeito do I_{UV} para a cidade de Humaitá. Além disso, instiga aprimoramentos nas práticas docentes, das escolas públicas do município, voltadas à promoção da educação para a saúde. Apresenta também uma descrição simplória entre os fototipos existentes no município, números de casos de câncer de pele e exposição à R_{UV} .

Desta forma, a população poderá se prevenir contra os danos nocivos da R_{UV} e prevenir-se do câncer de pele.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Descrever a sazonalidade do I_{UV} solar no município de Humaitá- AM visando a prevenção do câncer de pele.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Identificar os níveis da R_{UV} , através do I_{UV} , em intervalos de tempo específicos;
2. Avaliar a propensão e prevalência do câncer de pele para a população de Humaitá;
3. Investigar a percepção que os alunos do ensino médio têm sobre a radiação solar e seus efeitos relativos à saúde humana.

1.4 HIPÓTESES

O I_{UV} em Humaitá apresenta sazonalidade característica de maior fluxo no inverno e nos primeiros meses da primavera, o que eleva o número de casos de câncer de pele no município.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 RADIAÇÃO SOLAR ULTRAVIOLETA

A R_{UV} corresponde de 4 a 6 % da radiação solar incidente sobre a superfície terrestre (ESCOBEDO et al., 2011). A R_{UV} é toda energia radiante dentro do intervalo de 100 a 400 nm e está subdividida em três bandas espectrais: UVA (315 - 400) nm, UVB (280 - 315) nm e UVC (100 - 280) nm. Esta subdivisão foi apresentada pela primeira vez na reunião de Copenhague no Segundo Congresso Internacional da Luz, realizada em agosto de 1932 (DIFFEY, 2002; IC-NIRP, 2004). Entretanto, fotobiologistas ambientais e dermatológicos, geralmente, as definem como UVA (320 - 400) nm, UVB (290 - 320) nm e UVC (200 - 290) nm (DIFFEY, 2002). O O_3 é o fator mais influente na absorvância da R_{UV} , essencialmente das radiações UVB e UVC solar dirigida à Terra

2.1.1 Fatores Químicos, Temporais, Geográficos e Meteorológicos que Afetam a Radiação Ultravioleta

À medida que a luz solar penetra a atmosfera terrestre, a radiação UVC e cerca 90% da radiação UVB é absorvida pelo ozônio (O_3), vapor de água, oxigênio (O) e dióxido de carbono (CO_2). Desta forma, a radiação UVA é a faixa que é afetada em menor proporção pela atmosfera. Portanto, a R_{UV} que atinge a superfície terrestre é composta em grande parte por UVA com uma pequena parcela da UVB (Tabela 1).

Tabela 1 – Características da R_{UV} quanto a absorvância pelo O_3 e efeitos à saúde humana.

Radiação	Faixa espectral (nm)	Características
UVA	315 – 400	Pouco absorvida pelo O_3 estratosférico. De vital importância na síntese da vitamina D no organismo. Contudo, a exposição excessiva pode provocar queimaduras e, a longo prazo, causar o envelhecimento precoce.
UVB	280 – 315	Extremamente absorvida pelo O_3 estratosférico. É nociva à saúde humana, podendo causar queimaduras e, a longo prazo, câncer de pele.
UVC	100 – 280	Totalmente absorvida pelo O_2 e O_3 estratosférico e, portanto, não chega a superfície terrestre. É utilizada na esterilização de água e materiais cirúrgicos.

Fonte: Adaptado de (DE OLIVEIRA, 2014).

Apesar da importância do O_3 total (estratosfera + troposfera), a parcela de maior re-

dução na densidade do fluxo da radiação UVB na superfície, segundo Kumar e Häder (2012), é exercida pelo O₃ estratosférico. Da irradiância solar, a radiação UVB contribui com cerca de 1,5% sendo que, sua contribuição até atingir a superfície terrestre, se reduz à 0,5%, aproximadamente (ICNIRP, 2004).

A concentração de ozônio detectado na estratosfera influencia primordialmente a radiação UVB. O oxigênio absorve efetivamente a radiação com comprimento de onda abaixo de 200 nm originando oxigênio atômico que, por sua vez, produz o O₃ (KIRCHHOFF, 1995). Kumar e Häder (2012), afirma que 10% do O₃ total se encontra na troposfera, porém a maior parcela está na região de altitude entre 12 e 40 km, com um máximo de concentração em 20 km, com boa aproximação. O O₃ estratosférico desempenha o papel de absorvedor da radiação UV, particularmente eficaz. À medida que a camada de ozônio se torna mais fina, o filtro protetor fornecido pela atmosfera é progressivamente reduzido (KIRCHHOFF, 1995; MOAN et al., 2005).

Assim, qualquer redução do O₃ estratosférico, implica que mais radiação UVB atingirá à superfície terrestre. A radiação UVB tem efeitos adversos na saúde humana, vegetação, organismos aquáticos e, até mesmo, em alguns materiais não vivos (KIRCHHOFF, 1995). Além disso, o aumento da radiação UVB potencializa ainda mais o famoso aquecimento global. Esse efeito se deve ao fato de o O₃ agir como um gás de efeito estufa na troposfera superior e na estratosfera inferior (ICNIRP, 2004; MOAN et al., 2005).

De acordo com modelos computacionais, uma redução de 10% no O₃ estratosférico poderia causar 300.000 outros cânceres de pele não melanoma e 4500 melanoma e entre 1,6 e 1,75 milhão a mais de casos de catarata em todo o mundo a cada ano (WHO, 2002a).

Em altas latitudes, a concentração de O₃ aumenta durante o inverno, atingindo um máximo no início da primavera. Depois, diminui com o verão, com um mínimo no outono. Há relativamente mais O₃ em altas latitudes com maior variação sazonal (DIFFEY, 1991; KIRCHHOFF et al., 2000; KUMAR; HÄDER, 2012).

Uma observação que cabe destaque é que a radiação UV diária, na vizinhança do equador (20° N), apresenta variabilidade sazonal de mais 25 % no verão e menos 30 % no inverno relativos à primavera/outono. Na zona temperada (40° N), esta variação condiz a mais 70 % e menos 70 %, respectivamente (DIFFEY, 1991; OKUNO; VILELA, 2005). O fluxo da R_{UV} diminui ao passo que a distância ao Equador aumenta (latitude geográfica) e que a cada quilômetro de aumento na altitude, o fluxo de R_{UV} aumenta em torno de 6 % (DIFFEY, 1991; OKUNO; VILELA, 2005; KUMAR; HÄDER, 2012).

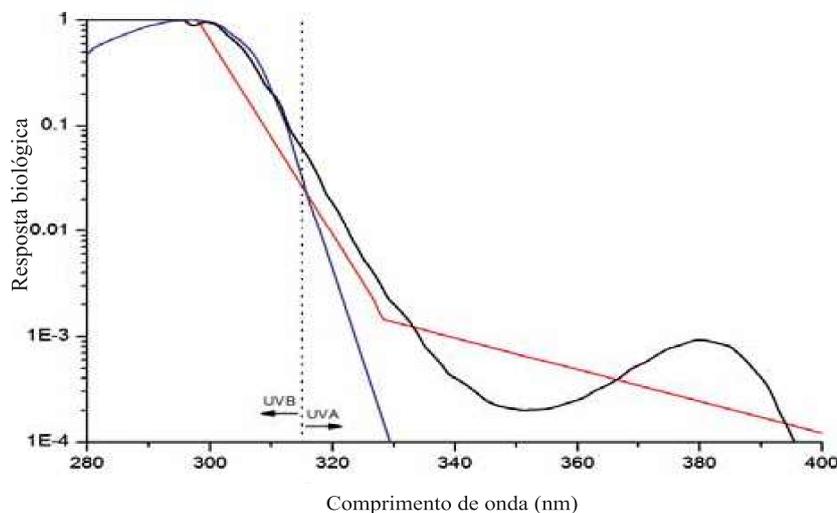
Fatores tais como hora do dia, estação do ano, latitude geográfica, altitude, nuvens e albedo de superfícies, também influenciam na quantidade de RUV que atinge a superfície terrestre.

1. **Hora do dia:** o ângulo dos raios solares (elevação solar) é um fator relevante para o monitoramento da R_{UV} . Quando o Sol se encontra mais baixo no céu, a radiação solar irá percorrer um caminho óptico maior na atmosfera antes de atingir a superfície do que quando o Sol está alto. De fato, um caminho óptico maior implica em maior quantidade de matéria para a radiação interagir. Neste processo, a luz em comprimentos de ondas menores sofre maior espalhamento e, logo, atinge em menor proporção a superfície terrestre. Assim, a R_{UV} prejudicial atinge o máximo por volta do meio-dia solar (IQBAL, 1983; DIFFEY, 1991; LIOU, 2002; KUMAR; HÄDER, 2012).
2. **Estação do ano:** a variabilidade sazonal na R_{UV} em superfície, particularmente a UVB, tem notória variação em regiões temperadas e pouca em regiões próximas ao equador (KIRCHHOFF et al., 2000). Na região equatorial a concentração de O_3 é menor comparada às concentrações encontradas nas regiões temperadas. Além disso, é a região que recebe maior incidência de radiação durante todo ano, com maiores intensidades nos equinócios de primavera (setembro) e de outono (março) (IQBAL, 1983; DIFFEY, 1991; LIOU, 2002; KUMAR; HÄDER, 2012).
3. **Latitude geográfica:** a quantidade da R_{UV} que atinge a superfície terrestre é sempre menor para regiões de latitudes maiores relativas ao equador (KUMAR; HÄDER, 2012; YAMAMOTO et al., 2018).
4. **Altitude:** a cada acréscimo de 300 m de altitude, a eficácia da queimadura solar se eleva a 4 %, com boa aproximação. Isso ocorre devido à redução escalonada da camada atmosférica que filtra a R_{UV} . Ou seja, implica diretamente no aumento gradual da intensidade da R_{UV} incidente (KUMAR; HÄDER, 2012; YAMAMOTO et al., 2018).
5. **Nebulosidade:** a nebulosidade espessa e extensa e as concentrações de particulados presentes na atmosfera, distintos do ozônio, capazes de refletir/absorver UV na atmosfera, também reduzem a radiação UVB ao refletir os raios de luz de volta ao espaço (DIFFEY, 1991). A presença de nuvens no céu influencia muito a radiação infravermelha, porém minimamente a R_{UV} . Se o Sol estiver encoberto por nuvens, o fluxo de radiação UVB ainda corresponderá por volta de 50 % daquela de um dia claro (OKUNO; VILELA, 2005).

6. **Albedo de superfície:** que nada mais é que o poder de reflexão de superfícies, também influencia na variação da R_{UV} . Dependendo do albedo, a R_{UV} pode ser atenuada ou não. Por exemplo, um gramado reflete entre 2 e 5 % da R_{UV} incidente. Já a areia reflete cerca de 10 a 15 %. Ou seja, mesmo estando sob um guarda-sol na praia, há riscos de formação de eritemas. A neve fresca pode refletir até 90 % da R_{UV} incidente, em contrapartida as superfícies terrestre e marítima refletem menos de 7 % (DIFFEY, 1991; OKUNO; VILELA, 2005; LIOU, 2002; KUMAR; HÄDER, 2012).

2.1.2 Espectro de Ação Eritêmica da Radiação Ultravioleta

A superfície exposta da pele recebe doses de radiação de formas distintas, isso depende do comportamento cultural e social, das roupas, da posição do sol no céu e da posição relativa do corpo (DE OLIVEIRA, 2014).



Fonte: Adaptada de CIE (1987).

Figura 1 – Resposta biológica humana à radiação UV onde a curva em vermelho, representa o efeito eritêmico.

O espectro de ação é uma função $S(\lambda)$ que avalia a resposta biológica relacionando a eficiência relativa da R_{UV} em termos do comprimento de onda (Figura 1). Esta resposta biológica está vinculada aos efeitos nocivos nos seres vivos, incluindo plantas, animais e seres humanos (ICNIRP, 2004). Desta forma, o $S(\lambda)$ para um determinado efeito biológico, conforme apresentado por Okuno e Vilela (2005), é utilizado como um fator ponderado sob o com-

primento de onda para radiações UVA e UVB e, posteriormente, integrado em comprimento de onda para se obter a irradiância com efeito biológico denominada por R_{UV} biologicamente ativa ($R_{UV_{ef.}}$; Wm^{-2}).

Conforme Kumar e Häder (2012), na fotobiologia cutânea, a exposição radiante é referenciada como “dose de exposição” (em Jm^{-2} ou Jcm^{-2}). A “dose biologicamente ativa”, se abstrai da exposição radiante ponderada pelo espectro de ação, sendo expressa em unidades de Jcm^{-2} ou como múltiplos de “dose mínima de eritema” (DME) (WHO, 2002a; ICNIRP, 2004). A DME mensura a capacidade da fonte em produzir eritema. Esta unidade é amplamente utilizada em dermatologia e áreas afins, para medir irradiâncias efetivas capazes de provocar eritema.

2.1.3 O Índice Ultravioleta

A exposição excessiva à R_{UV} solar pode causar queimaduras solares e, principalmente, lesões cutâneas crônicas induzidos pelo sol, tais como: fotoenvelhecimento e câncer de pele a longo prazo, além de distúrbios oculares, incluindo ptergia e catarata (GIES et al., 2018; INPE, INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2020b).

Assim, para auxiliar nas medidas da intensidade da R_{UV} em uma determinada localidade e hora do dia, ou ainda para servir como uma ferramenta de conscientização de riscos à saúde humana e dar suporte a estudos de doenças provocadas pela exposição inadequada à R_{UV} , foi desenvolvido o Índice Solar Ultravioleta Global (I_{UV}) e revisado conforme indica Gies et al. (2018).

O I_{UV} em termos da $R_{UV_{ef.}}$ para um determinado instante representa a intensidade da R_{UV} que chega à superfície terrestre em um horário e local definidos (Equação 1).

$$I_{UV} = \kappa R_{UV_{ef.}} = \kappa \int_{\lambda_i}^{\lambda_s} E_{\lambda} \mathcal{S}(\lambda) d\lambda, \text{ com } 280 \leq \lambda \leq 400 \quad (1)$$

onde E_{λ} é a irradiância espectral em superfície, medida ou calculada no comprimento de onda λ ($\text{Wm}^{-2}\text{nm}^{-1}$), \mathcal{S}_{λ} é o espectro de ação eritêmica formulada em 1987 e revisada em 1997 segunda norma da CIE (Commission on Illumination), $d\lambda$ é a largura infinitesimal da banda (em nm) dos intervalos calculados ou medidos e κ é a constante de conversão equivalente a $40 \text{ W}^{-1}\text{m}^2$ (DIFFEY et al., 1997; WHO, 2002a). Assim, uma unidade do I_{UV} corresponde a uma $R_{UV_{ef.}}$ igual a $0,025 \text{ Wm}^{-2}$ (ICNIRP, 2004; GIES et al., 2018).

De acordo com Fioletov et al. (2010), o I_{UV} foi proposto no Canadá em 1992, em

virtude do maior fluxo da R_{UV} devido, possivelmente, à destruição do ozônio. O I_{UV} foi adotado pela Organização Mundial de Meteorológica (OMM) e pela Organização Mundial da Saúde (OMS) em 1994, como parâmetro simplório e amplamente utilizado para caracterizar os raios solares. Desta forma, o I_{UV} promove informações úteis para ajudar as pessoas a evitar níveis excessivos da R_{UV} .

No entanto, num estudo realizado por Italia e Rehfues (2012) para explorar o impacto do I_{UV} mostra que, de modo geral, os resultados sugerem que o I_{UV} , como atualmente implementado, não teve êxito em melhorar as práticas de proteção solar e em reduzir a exposição ao sol entre a população em geral.

No Brasil, são poucos os veículos de comunicação que divulgam o I_{UV} e, desta maneira, a população permanece em total desinformação acerca desta variável. Por exemplo, os valores são disponibilizados no sítio do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, encontrado em INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2020b), porém há alguns pontos negativos em torno desta plataforma: é limitado às capitais e não é apresentado em tempo real. Contudo, tem como pontos positivos as orientações acerca do conceito de R_{UV} , I_{UV} , bem como, transmite numa linguagem acessível, a relação que há entre radiação solar e os efeitos na saúde humana.

Segundo Gies et al. (2018) as orientações atuais para a utilização do I_{UV} para previsão de riscos se estendem aos valores de 1 a 11+ e estabelecem cinco categorias de exposição: baixo (< 3), moderado (3 à 6), alto (6 à 8), muito alto (8 à 11) e extremo (> 11).

2.2 EFEITOS DA RADIAÇÃO SOLAR ULTRAVIOLETA SOBRE A PELE

O ozônio administra inúmeras finalidades de vital importância para a vida na Terra, dentre elas, cabe enfatizar a de atuar como um filtro eficaz para a radiação solar de comprimento de onda curto (LOPO et al., 2013). Entretanto, como já mencionado anteriormente neste texto, uma pequena parcela da radiação UVB alcança a superfície terrestre provocando danos consideráveis, como por exemplo, afeta o material genético, além de ser o principal agente causador do câncer de pele, o qual a ocorrência vem aumentando rapidamente em todo o mundo (GODAR, 2005; DA SILVA, 2020). Uma redução de 1% do ozônio pode levar a um aumento de 2% da R_{UV} no solo e um aumento de 4% no câncer de pele entre pessoas de pele clara (KIRCHHOFF, 1995).

Sgardi et al. (2012) aponta que a pele humana exposta à R_{UV} manifesta reações que podem ser classificadas como agudas (imediatas) ou crônicas (a longo prazo). Segundo Okuno e

Vilela (2005), as reações agudas, caracterizadas como queimaduras, bronzeamento e produção de vitamina D, se manifestam e desaparecem de forma breve. Por outro lado, as crônicas, como fotoenvelhecimento e câncer de pele, apresentam manifestação gradual e de longa duração. Okuno e Vilela (2005) ressaltam que o histórico de exposição da pessoa a diferentes comprimentos de onda da R_{UV} é que vai servir como divisor de águas entre elas, pois a radiação UVB é cerca de 1000 vezes mais “letal” do que a UVA. Desta forma, a radiação UVA contribui cerca de 15 a 20% na quantidade de energia responsável pela queimadura.

2.2.1 Síntese de Vitamina D₃

O processo de produção da vitamina D₃ tem como princípio fundamental, a conversão, pela exposição à R_{UV} , do 7-Deidrocolesterol em pré-vitamina D₃. Esta, por sua vez, se isomeriza em vitamina D₃ por reações térmicas da pele. Este processo finaliza-se em até três dias (INPE, INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2020b). Com poucas doses de exposição ao sol já é possível desencadear este processo. Em torno de 15 minutos de exposição das mãos, braços e face entre as 9 e as 16h, em países tropicais como o Brasil, já são suficientes para sintetizar esta vitamina (OKUNO e VILELA, 2005; VECCHIA et al., 2007; INPE, 2020).

A vitamina D₃ atua sobre os ossos, glândulas paratireóides, rins e intestino, regulando o metabolismo da função osteoblástica (produção óssea) e da secreção de PTH (hormônio paratireóide). É indispensável na prevenção do raquitismo em bebês e crianças (INPE, 2020; OKUNO e VILELA, 2005).

2.2.2 Queimaduras

A queimadura, ou eritema, é a principal reação adversa da pele devido à exposição excessiva à R_{UV} . A vermelhidão da pele ocorre quando o fluxo sanguíneo fica mais intenso nos vasos sanguíneos mais superficiais, devido a vaso-dilatação destes (INPE, 2020; OKUNO e VILELA, 2005).

Períodos excessivos de exposição ao Sol, principalmente durante os meses de verão, podem adiantar o surgimento do eritema, agravar sua intensidade e prolongar seu período de permanência na pele. O surgimento de edemas, bolhas e descascamento da pele após alguns dias, também são provenientes da exposição excessiva à R_{UV} (VECCHIA et al., 2007; INPE,

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2020b). Além do tempo de exposição, um outro fator que contribui para o surgimento de queimaduras solares é o fototipo. Indivíduos com a pele mais clara são mais propensos para desenvolver eritemas comparados aos indivíduos morenos ou negros. A cor dos olhos, cor dos cabelos e a presença de sardas também são fatores significativos na determinação da susceptibilidade de um indivíduo às queimaduras solares (VECCHIA et al., 2007; DE OLIVEIRA, 2014; INPE, INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2020b).

A parte do corpo humano também determina a sensibilidade de eritema. O rosto, pescoço e o tronco são de 2 a 4 vezes mais sensíveis do que os membros (INPE, INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2020b). Essas diferenças anatômicas fazem referência à parcela média de energia UV recebida pelo corpo, na vertical, quando exposto à radiação solar. Fatores como a idade, alimentação, condições de saúde, condições atmosféricas (umidade, calor e vento) também exercem influência sobre o desenvolvimento do eritema (DIFFEY et al., 1997; MOAN et al., 2005; INPE, INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2020b).

2.2.3 Bronzeamento

A melanina é produzida ou de forma facultativa ou constitutiva. A produção facultativa é provocada pelo excesso de exposição ao Sol e a forma constitutiva é a pigmentação natural, caracterizada por fatores de origem genética e fundamental para a caracterização das colorações distintas de pele nos seres humanos (MOAN et al., 2005; VECCHIA et al., 2007; INPE, INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2020b).

Para níveis de exposição excessiva à R_{UV} , configuram-se dois tipos distintos de bronzeamento. O primeiro deles, denominado bronzeamento imediato (IPD – *Immediate Pigment Darkening*), é característico por imprimir um escurecimento na pele após 5 a 10 minutos de exposição às radiações UVA e visível, desaparecendo dentro de uma ou duas horas. O segundo tipo de bronzeamento, e o mais comum, ocorre após um ou dois dias da exposição à R_{UV} , tem aumento provável nos dias posteriores permanecendo por semanas ou até mesmo meses (OKUNO e VILELA, 2005; VECCHIA et al., 2007; INPE, 2020).

Depois da exposição aos raios UV, a enzima tirosinas e o número de melanócitos em funcionamento tornam-se mais intensos, excitando o surgimento de novas quantidades de melanina e, portanto, o número de grânulos de melanina por toda epiderme sofrem um aumento.

Entretanto, mesmo que esta pigmentação proporcione mais proteção para o indivíduo, não garante afirmar que a mesma irá determinar uma proteção eficaz a pele humana, principalmente entre indivíduos de pele branca (OKUNO e VILELA, 2005; VECCHIA et al., 2007; INPE, 2020).

2.2.4 Foto-envelhecimento

A exposição excessiva ao sol sem a devida proteção, pode provocar inúmeros problemas à pele. Por exemplo, o ressecamento da pele, rugas e marcas profundas, eliminação da elasticidade e a pigmentação em alto teor de cores e formas diversificadas. Estes são, na realidade, alguns vestígios do envelhecimento precoce. Em outras palavras, são sintomas que indicam alterações significantes na estrutura da derme (OKUNO e VILELA, 2005; VECCHIA et al., 2007; INPE, 2020). Boa parte dos dermatologistas afirmam que 80%, aproximadamente, da origem do foto-envelhecimento de uma pessoa decorre da exposição excessiva aos raios UV até os 20 anos de idade, excluindo aquelas que realizam atividades diárias com exposição ao sol (DE OLIVEIRA, 2014; INPE, INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2020b). Apesar de ser a radiação UVB mais nociva ao ser humano, a radiação UVA, por atingir camadas mais internas da pele, é a principal responsável pelo foto-envelhecimento (OKUNO e VILELA, 2005; VECCHIA et al., 2007; INPE, 2020).

2.2.5 Sardas

As efélides, conhecidas por sardas, são manchas originadas pelo acúmulo de pigmentos melânicos na pele, aparentemente distribuídos de forma homogênea. Indivíduos com a pele clara são mais comuns apresentarem as famosas pintinhas (OKUNO e VILELA, 2005; VECCHIA et al., 2007; INPE, 2020). O aparecimento das sardas se dá devido a excessiva exposição aos raios solares, principalmente após às queimaduras que causam vermelhidão e descamação. Em geral, surgem em partes do corpo que são justamente mais atingidas pelo sol.

Mesmo as sardas não configurando riscos de evolução para o melanoma, a existência delas sinaliza hábitos frequentes de exposição excessiva ao Sol (OKUNO e VILELA, 2005; VECCHIA et al., 2007; INPE, 2020).

Existem as manchas senis, ligeiramente semelhantes às sardas, frequentemente surgem em pessoas idosas, principalmente no rosto, antebraço e costas das mãos. Esse tipo de mancha

também não representa uma ameaça à saúde (INPE, INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2020b).

2.2.6 Câncer de Pele: tipos e sintomas

O Brasil por ser um país tropical, possui disponibilidade de luz solar na maior parte do ano, e acaba registrando cerca de 180 mil novos casos de câncer de pele a cada ano, perfazendo mais de 30% de todos os casos de câncer no país. Por sorte, apenas 3% desses diagnósticos correspondem ao melanoma, o tipo mais agressivo. Os outros tipos, chamados de câncer de pele não melanoma, têm baixa letalidade, porém configura um sério problema de saúde pública por ser mais frequente na população (VECCHIA et al., 2007; MAUCERI et al., 2018; INPE, INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2020b).

O INCA estima para o Brasil, para cada ano do triênio 2020-2022, cerca 625 mil casos novos de câncer (450 mil, excluindo os casos de câncer de pele não melanoma). O câncer de pele não melanoma será o mais prevalente (177 mil), seguido pelos cânceres de mama e próstata (66 mil cada), cólon e reto (41 mil), pulmão (30 mil) e estômago (21 mil) (DA SILVA, 2020).

Embora a pele desempenhe um papel de barreira protetora, sendo o maior órgão do corpo humano e constituída por três camadas (epiderme, derme, hipoderme), alguns agentes externos podem ser absorvidos por ela e, portanto, não sendo esta impermeável nem mesmo a R_{UV} (SBD, SOCIEDADE BRASILEIRA DE DERMATOLOGIA, 2017; INPE, INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2020b).

De acordo com (SBD, SOCIEDADE BRASILEIRA DE DERMATOLOGIA, 2017), a camada mais externa da pele, vista a olho nu, é chamada de epiderme. Sua característica primordial é dificultar a saída de água e a entrada de agressores, como micróbios. Nessa camada se encontram os melanócitos, células responsáveis pela produção da melanina. Por ser a camada mais externa, é nela que surgem boa parte dos cânceres (SBD, SOCIEDADE BRASILEIRA DE DERMATOLOGIA, 2017; MAUCERI et al., 2018; INPE, INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2020b).

A camada intermediária, constituída por colágeno e elastina, dentre outros componentes que dão tonicidade à pele, é chamada de derme (SBD, SOCIEDADE BRASILEIRA DE DERMATOLOGIA, 2017). Nesta região é onde ocorrem sensações de frio e calor, pois há uma maior concentração de vasos sanguíneos e terminações nervosas. Nesta camada também são encontrados os folículos onde se originam os pelos, as glândulas que produzem sebo e suor

(SBD, SOCIEDADE BRASILEIRA DE DERMATOLOGIA, 2017; MAUCERI et al., 2018).

A última camada e mais interna, constituída por células de gordura, principalmente, é chamada de hipoderme. O objetivo desta, é garantir a temperatura em condições ideais e acumular energia (SBD, SOCIEDADE BRASILEIRA DE DERMATOLOGIA, 2017). Pessoas com mais idade e crianças apresentam a pele menos espessa. Assim, tem maior predisposição a sofrerem as consequências da exposição à R_{UV} , pois são mais vulneráveis a esse agente externo, o qual pode causar envelhecimento precoce e mutações no DNA das células (OKUNO e VILELA, 2005; VECCHIA et al., 2007; INPE, 2020; SBD, 2017; MAURECI et al., 2018).

Segundo SBD, Sociedade Brasileira de Dermatologia (2017) “todo crescimento anormal e descontrolado das células que compõem a pele, devido a mutações que, na maioria das vezes, são adquiridas ao longo da vida, durante o processo de multiplicação celular”, é definido como câncer de pele. Aproximadamente 5% dos casos de câncer de pele podem ser vinculados a mutações genéticas herdadas dos pais (SBD, SOCIEDADE BRASILEIRA DE DERMATOLOGIA, 2017). Dependendo do tipo de célula afetado, o câncer de pele pode ser dividido em dois grandes grupos: os não-melanomas e os melanomas (YOUNG et al., 2017).

1. Não-melanomas

- **Carcinoma basocelular:** é o tipo mais comum, porém de baixa letalidade. Surge das células da camada basal da pele, isto é, é constituído por blocos de células neoplásicas (tumorais) similares às da camada basal da epiderme ou de seus anexos. Apresenta crescimento lento, demorando meses ou até anos para ser diagnosticado. Muito raro gerar metástase, porém é passível de danificar os tecidos ao redor, inclusive atingindo cartilagens e ossos. Pode se manifestar de diversas formas, como alterações de pigmentação ou ulcerações que não cicatrizam ou lesões que sangram com facilidade. Mas podem ser eliminadas através de procedimento cirúrgico (SBD, SOCIEDADE BRASILEIRA DE DERMATOLOGIA, 2017; MAUCERI et al., 2018; INPE, INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2020b).
- **Carcinoma Espinocelular:** é o segundo tipo mais comum, porém de menor frequência. Origina-se dos queratinócitos ou dos anexos da epiderme, ou seja, das células da camada espinhosa da pele e apresenta crescimento rápido. Este diferente do anterior, pode gerar metástases que afetam gânglios linfáticos e outros órgãos. Atingem também regiões de mucosas aparentes, como lábios, cicatrizes de queimaduras antigas ou úlceras. Pode apresentar diversos aspectos como pápulas ou le-

ções verrucosas. Geralmente, o tratamento é cirúrgico com verificações de possíveis metástases e formações de gânglios (SBD, SOCIEDADE BRASILEIRA DE DERMATOLOGIA, 2017; MAUCERI et al., 2018; INPE, INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2020b).

2. Melanomas

- **Melanoma cutâneo:** é o câncer da pele mais agressivo, trata-se de uma neoplasia maligna cutânea que se origina nos melanócitos ou células névicas responsáveis pelo pigmento da pele. Este apresenta crescimento rápido, grande potencial de metástase e que pode ser fatal. Origina-se como uma mancha de contornos irregulares, em diferentes tonalidades de castanho e negro. O tratamento deste tipo de enfermidade é essencialmente cirúrgico, precedido por exames histopatológicos para diagnosticar a profundidade da invasão e as eventuais chances de metástase (SBD, SOCIEDADE BRASILEIRA DE DERMATOLOGIA, 2017; MAUCERI et al., 2018; INPE, INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2020b).

2.2.7 Tipos de Pele

Um série de estudos foram realizados desde a década de 1930 para descrever a relação entre o tipo de pele e a dose mínima de eritema (DME) (DIFFEY et al., 1997). Criada em 1976 pelo médico norte-americano Thomas B. Fitzpatrick, a escala Fitzpatrick é a classificação mais usual dos fototipos cutâneos. Ele classificou a pele em fototipos de um a seis, baseado no potencial de cada pessoa em se bronzear, bem como, sensibilidade e vermelhidão quando exposta ao sol (FITZPATRICK e BOLOGNIA, 1995; SBD, 2017; INPE, 2020).

Na Tabela 2 são apresentados valores da DME (em mJ cm^{-2}) segundo resposta à exposição à R_{UV} para cada tipo de pele. Importante frisar que essa classificação da reação da pele tende a ser subjetiva, pois sob condições reais, a vulnerabilidade da pele de um indivíduo particular depende de seus hábitos de exposição (manhã, tarde, verão, inverno, etc.), do tempo de exposição acumulado ao longo dos anos, de sua idade, de suas condições de saúde e de sua alimentação.

Assim, da Tabela 2 nota-se que pessoas com pouca capacidade de bronzeamento, que queimam facilmente e têm cor de olhos e cabelos clara, correm um risco maior de desenvolver melanoma, carcinomas basocelulares e escamosas. Desta forma, a prevalência de doenças rela-

Tabela 2 – Tipos de peles, conforme resposta a exposição à radiação ultravioleta.

Cor natural da pele	Fototipo	Classificação	Suscetível à queimadura	Bronzeamento	DME (mJ cm ⁻²)
Branca	I	Melano-comprometida	Sim	Não	20 – 30
	II		Sim	Leve	25 – 35
	III	Melano-competente	Sim	Médio	30 – 50
	IV		Não	Escuro	45 – 60
Parda	V	Melano-protegida	Não	Parda naturalmente	60 – 100
Preta	VI		Não	Preta naturalmente	100 – 200

Fonte: Adaptado de Fitzpatrick e Bologna (1995)

cionadas à exposição à R_{UV} é muito maior em indivíduos de pele branca, cabelos e olhos claros do que em mulatos e negros (DIFFEY et al., 1997; VECCHIA et al., 2007; DE OLIVEIRA, 2018; DA SILVA, 2020).

Por outro lado, indivíduos de pele mais escura estão, aparentemente, mais protegidas dos efeitos da radiação, mas não totalmente. De acordo com Kumar e Häder (2012) a pigmentação da pele pode não proteger contra algumas alterações da função imune induzidas por R_{UV} . Ainda segundo os autores, existem alguns fatores pelos quais a exposição à radiação UVB limitam a imunidade celular: dano ao DNA, isomerização do ácido urocânico e através do metabolito ativo da vitamina D.

2.3 RADIAÇÃO SOLAR E A EDUCAÇÃO BÁSICA

A exposição excessiva à R_{UV} é uma preocupação considerável para a saúde pública. Responsável pelo desenvolvimento de câncer de pele, lesões oculares (particularmente catarata) e o depreciação sistema imunológico (WHO, 2003).

As crianças se encontram em risco, uma vez que a exposição ao sol durante a infância e a adolescência sem orientações de proteção adequada a esta, contribui notoriamente para o desenvolvimento de câncer de pele de melanoma e não melanoma no futuro (WHO, 2003; FULMORE et al., 2009). De fato, uma parcela considerável do histórico de exposição ao sol de uma pessoa, se dá antes da idade de 18 anos e as crianças têm mais tempo para desenvolver doenças com longa latência, mais anos de vida a serem perdidos e, portanto, gerar maior sofrimento a ser enfrentado como resultado de problemas de saúde (WHO, 2003).

Cavalcante e Elali (2017) afirmam que é no período da infância e da adolescência que o indivíduo inicia o processo de escolarização, construção gradual e majorante no desenvolvimento cognitivo relativo ao espaço. Essa construção está atrelada com as capacidades genéticas

e com os estímulos adquiridos na relação com outras pessoas, outros seres vivos e demais objetos.

Desta forma, é evidente que a escola amplia seu papel dentro da sociedade deixando de ser o espaço que promove apenas o conhecimento sistematizado que, ensina leis e objetos próprios e particulares de cada área de conhecimento. Passa a propor a integração de fenômenos e processos, de modo a romper as fronteiras entre as ciências, buscando a articulação entre os saberes a partir da interdisciplinaridade e, sobre tudo, fazendo o *link* dos conceitos ensinados com o cotidiano dos mesmos (BRASIL, 2017).

Segundo Cavalcante e Elali (2017), a interdisciplinaridade está fundamentada em uma ótica mais integradora da realidade, assumindo um pensamento metódico de mundo e a compreensão da condição de inter-relação e interdependência dos fenômenos: físicos, biológicos, sociais e culturais.

Desta forma, estruturar delineamentos de organização interdisciplinar dos componentes curriculares e promover o fortalecimento de equipes escolares para adotar estratégias mais dinâmicas, interativas e colaborativas em relação à gestão do ensino e da aprendizagem, se torna um desafio a ser vencido (BRASIL, 2017).

Assim, a interdisciplinaridade apresenta-se como uma notável estratégia para superar esse desafio, rompendo com as fronteiras entre as ciências e promovendo a conexão entre os saberes (GRIMM et al., 2015).

A Psicologia Ambiental considera a interdisciplinaridade como estratégia de integração de várias visões asseguradas por suas pesquisas e, não obstante, dos reveses da prática interdisciplinar, o aprazimento intelectual dos pesquisadores e o sucesso dos resultados mostram que a coesão entre áreas distintas poderá atingir um nível de conhecimento diferenciado (CAVALCANTE e ELALI, 2017).

LINDOSO (2017) trata das abordagens da vulnerabilidade e da resiliência a partir de uma reflexão crítica com o objetivo de instigar diálogos acerca da utilidade delas na construção de um campo de pesquisa interdisciplinar que vem sendo *background* entre ambiente-sociedade e, em particular, no cenário das mudanças ambientais globais.

A esse respeito, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) afirma que o atual momento globalizado no qual, compreender a realidade de forma segmentada tornou-se ainda mais complexa ao buscar-se uma visão integradora de fenômenos e processos, imprime ao sistema educacional, práticas inovadoras e inclusivas, isto é, “o que aprender, para que aprender, como ensinar, como promover redes de aprendizagem colaborativa e como avaliar o aprendi-

zado"(BRASIL, 2017).

Além disso, dentre tantas orientações da BNCC para assegurar as aprendizagens essenciais definidas para cada etapa da Educação Básica, uma delas que cabe destaque aqui é:

Contextualizar os conteúdos dos componentes curriculares, identificando estratégias para apresentá-los, representá-los, exemplificá-los, conectá-los e torná-los significativos, com base na realidade do lugar e do tempo nos quais as aprendizagens estão situadas (BRASIL, 2017).

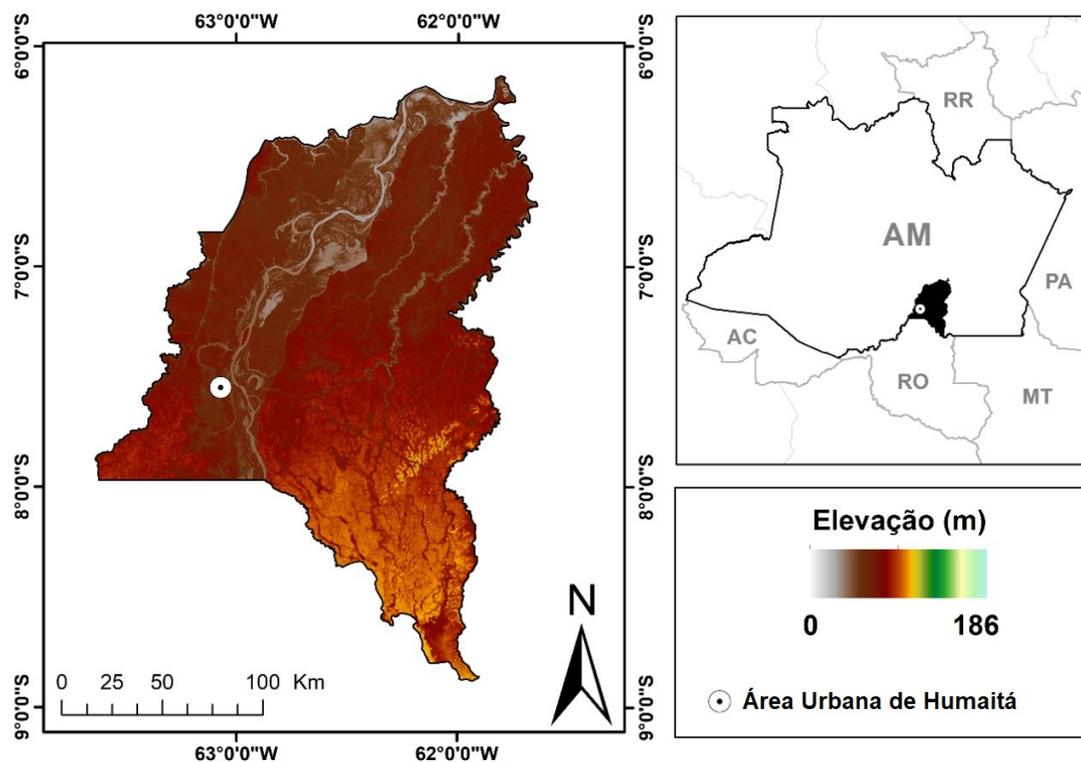
Assim, a inserção do conceito da radiação solar (especificamente sobre a R_{UV}), promove a integração entre disciplinas como Ciências (Ensino Fundamental); Biologia, Química, Física e Geografia (Ensino Médio), de maneira a proporcionar discussões referentes aos efeitos cumulativos da R_{UV} , os efeitos biológicos benéficos e nocivos à saúde humana.

A exemplo da importância desta temática, Da Silva e Schwantes (2018b) afirmam que o estudo da radiação solar na escola básica, mostra que boa parte dos estudantes desconhece ou apresenta pouca segurança com relação a esta temática. Porém, segundo Da Silva e Schwantes (2018a), além da BNCC, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) e a Coleção Explorando o Ensino, destacam a necessidade de conceitos envolvendo o sol, muito embora não especifiquem a R_{UV} como objeto central de estudo, porém direcionam para existência desse tipo de energia, sua importância para a manutenção da vida e ambiente.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

Humaitá está localizada ao sul do estado do Amazonas, às margens do rio Madeira no entroncamento das Rodovias BR 319 (Porto Velho – Manaus) e BR 230 (Transamazônica). Distante 678,6 Km da capital com área territorial de 33.072 km² e limita-se com os municípios de Canutama, Tapauá, Manicoré e com o estado de Rondônia. (Figura 2).



Fonte: Alves et al. (2020).

Figura 2 – Localização do município de Humaitá e local do experimento.

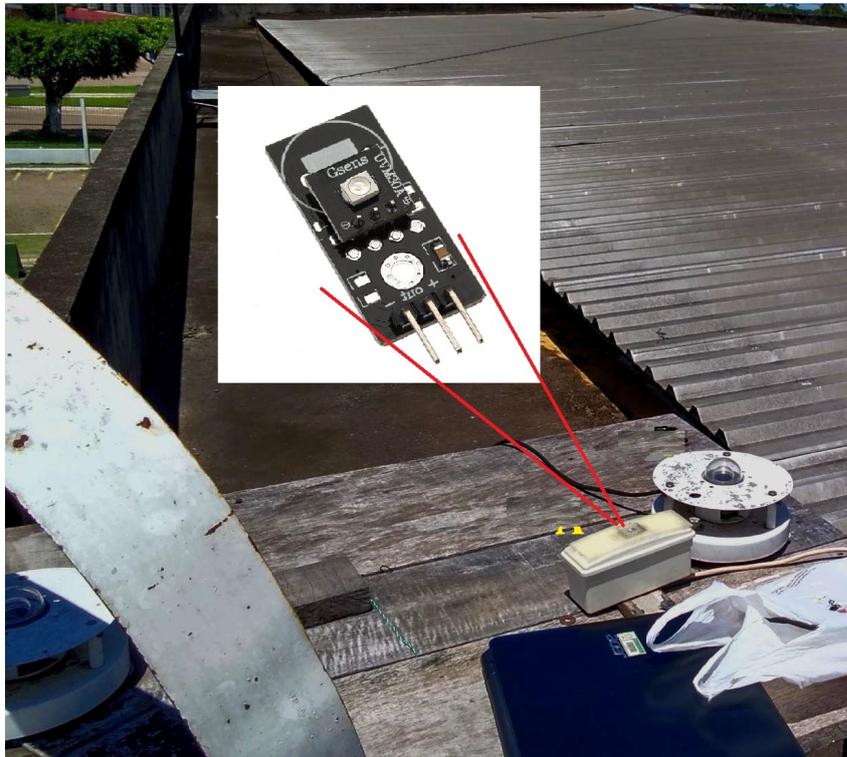
3.2 CLIMATOLOGIA DA REGIÃO

A classificação climática estabelecida para para Humaitá, de acordo com Thornthwaite e Mather (1955) é B₄ W A' a' (MARTINS, 2019). Ou seja, Humaitá tem um clima úmido, cujo índice de umidade varia de 80 a 100 mm, com moderada deficiência hídrica no inverno e evapotranspiração potencial anual (ETP) de 1140 mm. O clima é composto por um período seco (junho a setembro) e um chuvoso (outubro e maio), caracte-

rístico do clima amazônico. O período seco compreende os meses de junho a setembro com precipitação média de 58,5 mm. Os totais pluviométricos no período seco, variam de 0 mm à 100 mm, enquanto no chuvoso os totais pluviométricos chegam próximos dos 326 mm mensais (INMET, 2009) e, segundo (MARTINS et al., 2014), o céu se apresenta como parcialmente nublado em praticamente o ano todo.

3.3 MEDIDAS DA RADIAÇÃO SOLAR ULTRAVIOLETA

Os valores da R_{UV} foram coletados entre outubro de 2019 e setembro de 2020, por um sistema alternativo e de baixo custo (ALVES et al., 2020). Para isto, foi utilizado um Sensor de Raio Ultravioleta UV UVM-30A (200 - 370 nm) conectado à plataforma Arduino Uno R3 atuando como *datalogger* para monitorar o I_{UV} . O sensor UV foi deixado ao ar livre sobre uma superfície plana e horizontal (Figura 3) nos altos do Bloco 2 do Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente, *Campus Humaitá/AM* (07° 30' 22"S, 63° 01' 15"W).



Fonte: Alves et al. (2020).

Figura 3 – Sensor UV UVM-30A (200 - 370 nm) para medidas do I_{UV} .

3.3.1 Processamento e Análise Estatística dos Dados

As leituras do I_{UV} no sensor UV foram realizadas a cada 10 segundos por meio de uma programação simples na plataforma Arduino e, posteriormente, armazenadas as médias a cada 10 minutos em um módulo SD. Posteriormente, os I_{UV} 's observados foram agrupados em intervalos de tempo específicos. O Intervalo A (I-A) agrega índices UV medidos entre 7 e 9 h, o Intervalo B (I-B) compreende I_{UV} 's coletados das 10 às 14 h e o Intervalo C (I-C) representa I_{UV} 's observados entre 15 e 17 h.

A partir da média horária mensal do I_{UV} foi estudada a variabilidade horária mensal do I_{UV} foi apresentado em gráficos *boxplot*, bem como para os intervalos A, B e C.

Todas as análises descritas acima, foram realizadas utilizando pacotes do software livre R, versão 3.6.1 com interface R-Studio (TEAM, 2019).

3.4 RADIAÇÃO SOLAR ULTRAVIOLETA E O CÂNCER DE PELE EM HUMAITÁ

3.4.1 Tendência da População para o Câncer de Pele

A classificação de um determinado tipo de pele está relacionada a uma série de fatores, sendo subjetiva e extremamente complexa, dado o alto grau de miscigenação e das diferentes características entre os seres humanos (DIFFEY et al., 1997). A pigmentação constitutiva da pele é herdada geneticamente, sem interferência da radiação solar, portanto, constante. Porém, a cor da pele é passível de reversão e pode ser induzida pela exposição solar.

Tabela 3 – Classificação dos níveis da R_{UV} por meio do I_{UV} .

Índice UV	Categoria	Precaução	Recomendações
$I_{UV} < 3$	Baixa	Desnecessária	Permitido ficar exposto ao ar livre
$3 \leq I_{UV} < 6$	Moderada	Recomendado	Procure sombra próximo do meio dia solar Use camisa, protetor solar e chapéu
$6 \leq I_{UV} < 8$	Alta		Evite exposição próximo ao meio dia solar
$8 \leq I_{UV} < 11$	Muito Alta	Indispensável	Certifique-se de estar à sombra
$I_{UV} \geq 11$	Extrema		É necessário camisa, protetor solar e chapéu!

Fonte: Adaptado de (GIES et al., 2018)

Segundo Gies et al. (2018) a utilização do Índice Ultravioleta (I_{UV}) para prognose de risco compreende I_{UV} 's de 1 a 11+ e constitui cinco categorias de exposição (Tabela 3). Vale

ressaltar que o I_{UV} é baseado no espectro de ação de eritema na pele humana devido à exposição aos raios UV (DIFFEY et al., 1997). O risco individual à saúde devido à exposição à R_{UV} em qualquer valor dado na escala do I_{UV} depende de fatores pessoais, duração da exposição, tipo de pele, idade, herança genética e uso de medidas de proteção (FITZPATRICK; BOLOGNIA, 1995; WHO, 2002a; OKUNO; VILELA, 2005; LINDOSO, 2017; GIES et al., 2018).

Para avaliar a propensão da população de Humaitá para o câncer de pele, é necessário conhecer a sazonalidade da R_{UV} e a distribuição dos fototipos existentes na cidade. O primeiro passo já foi descrito. O segundo, foi conduzido a partir da consulta ao banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Assim, conhecendo os fototipos e a sazonalidade da R_{UV} pode-se determinar a dose eritemosa padrão.

A dose eritemosa padrão foi obtida a partir das medidas do I_{UV} e integradas no tempo (Equação 2) onde o I_{UV} é considerado, para um determinado instante de tempo, como a R_{UV} biologicamente ativa ($R_{UV_{ef}}$) medida em unidades de Wm^{-2} . De acordo com Gies e Wright (2003), o valor da $R_{UV_{ef}}$ carrega um fator multiplicativo igual a 40 para fornecer o valor do I_{UV} . Assim, o I_{UV} para $R_{UV_{ef}}$ de $0,25 Wm^{-2}$ é 10 e, portanto, uma unidade de I_{UV} é igual a uma $R_{UV_{ef}}$ de $0,025 Wm^{-2}$.

$$DOSE = \int_{t_0}^{t_1} \frac{I_{UV}(t)}{40} dt \approx \sum_{t=0}^t \frac{I_{UV}(t)}{40} \Delta t. \quad (2)$$

Foram feitos os cálculos das doses acumuladas por mês e entre 10 e 14 h de cada mês. Em seguida, foi realizada uma estimativa para o indivíduo desenvolver o eritema ao se expor entre 10 e 14h de cada mês. Na estimativa, considerou-se os dois fototipos mais frequentes na população e o tempo de exposição aos raios solares. O tempo de exposição teve como base a pesquisa realizada pelo Ministério da Saúde, que através de um inquérito domiciliar, verificou que cerca de 68 % da população da região norte, com idade maior que 20 anos, se expõe por pelo menos 30 minutos à radiação solar sem a devida proteção (LINDOSO, 2017).

Depois de descrever a sazonalidade da R_{UV} e, assim, as doses da $R_{UV_{ef}}$ acumuladas por mês e entre 10 e 14 h de cada mês, foram apresentados os números prevalência do câncer de pele em Humaitá, compreendendo os anos de 2016 a 2020. Os dados referentes a prevalência do câncer de pele foram obtidos juntos a Secretária Municipal de Saúde - SEMSA/Humaitá.

3.4.2 A Percepção dos Alunos do Ensino Médio sobre Radiação Solar e seus Efeitos na Saúde Humana

Inicialmente, foi empregado uma análise de documentos relacionados ao tema no processo de ensino da educação básica como realizado por Da Silva e Schwantes (2018a). Dentre estes documentos, destaca-se a análise da proposta curricular do ano letivo de 2020 na escola alvo da pesquisa. Foram observados quais elementos presentes na proposta podem promover uma conexão direta ou indireta com a temática abordada. Para a coleta de dados, foi desenvolvido um questionário (Apêndice A) que foi aplicado na aula cedida pelo professor de física, sendo respondido por três turmas do terceiro ano do ensino médio, perfazendo um total de 39 alunos que participaram da pesquisa.

De acordo com Chéron e Zins (1983), o uso de questões abertas potencializa explorar todas as possíveis respostas a respeito de um item, além do que, questões com este perfil permite maior envolvimento do respondente. Além disso, o emprego de um questionário estruturado com apenas quatro perguntas é de vital importância, pois questionários carregados de questionamentos apresentam alta probabilidade de não serem respondidos (GIL, 2008).

A pesquisa foi realizada com estudantes do terceiro ano do Ensino Médio de uma escola pública do município de Humaitá - AM, pois esta é a etapa final desta fase de escolarização, ou seja, tem-se como pressuposto que os mesmos já trazem consigo uma determinada bagagem de conhecimentos adquiridas durante toda sua formação básica.

Os dados foram agrupados em blocos de respostas equivalentes dadas pelos estudantes. Empregou-se tabelas de frequências absoluta, relativa e relativa percentual. Na sequência foi aplicado o teste do Chi Quadrado de Pearson a 5% de significância para verificar se há homogeneidade entre erros ou acertos relacionados as perguntas 2 e 3 do questionário. O software utilizado no tratamento dos dados também foi o Team (2019)

Posteriormente, com base nos dados coletados e trabalhados via estatística descritiva, foi proporcionado um momento com palestra, seguida por questionamentos dos estudantes. A necessidade de esclarecimentos sobre a temática, bem como a busca pela sensibilização dos mesmos, quanto a importância da radiação solar para a vida na terra bem como dos fatores de riscos impostos sobre a saúde do ser humano foram os objetivos centrais da palestra.

3.4.3 Divulgação do Valores dos Índices Ultravioletas

A correlação inversa entre a coluna de ozônio total e a R_{UV} implica que variações na concentração de ozônio estratosférico podem alterar a climatologia da R_{UV} , de modo particular, em médias e altas latitudes.

Segundo (KIRCHHOFF, 1995) a radiação (particularmente a UVB) deveria aumentar sua intensidade com a destruição progressiva da camada de ozônio da estratosfera e, desta forma, elevar a incidência de câncer de pele na população. Passados vinte e cinco anos, esta preocupação permanece viva, uma vez que se nota um aumento progressivo da incidência do câncer de pele na população, em especial na região Sul do Brasil (DA SILVA, 2020).

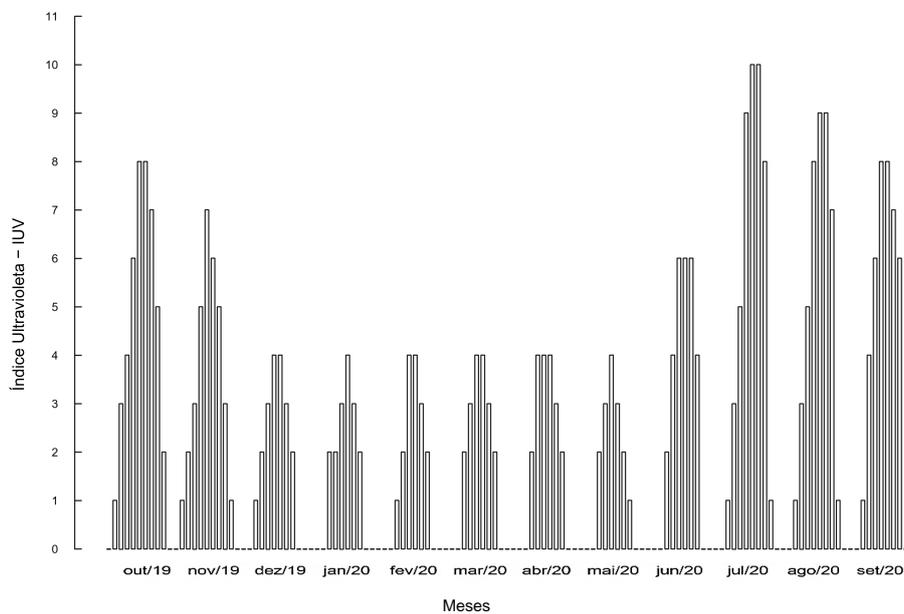
Desta forma, este trabalho ao seu término deixara uma contribuição significativa para a comunidade local na forma de um aplicativo ou site, onde serão disponibilizados, em tempo real, os valores do I_{UV} . Esse recurso será de grande importância, pois permitirá ao indivíduo planejar suas atividades ao ar livre de maneira a impedir a superexposição aos raios solares. Portanto, irá fomentar um cuidado especial no que diz respeito a adoção de práticas de segurança solar quando o I_{UV} prever níveis de exposição moderados ou acima.

Importante destacar que este projeto foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa no dia 06 de março de 2020 e no dia 24 de abril de 2020, recebeu aprovação sob o número 3.985.482.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 SAZONALIDADE DO ÍNDICE ULTRAVIOLETA

Os I_{UV} 's verificados nos meses da primavera, tem recorde no mês de outubro atingindo I_{UV} igual a 8, seguidos de 7 e 4 para os meses seguintes. Nos meses de verão, o I_{UV} médio máximo alcançado é constante e igual a 4. No outono, mantém a média máxima em quatro até o mês de maio, com recorde da estação no mês de junho onde atinge 6. No inverno, verifica-se o I_{UV} mais intenso da série, 10 para o mês de julho, 9 em agosto e 8 em setembro (Figura 4).



Fonte: Alves et al. (2020).

Figura 4 – Sazonalidade do índice ultravioleta em Humaitá-AM.

Observa-se que o I_{UV} médio máximo observado em outubro, pode estar relacionado com a declinação solar, em virtude de o hemisfério sul, neste mês, se encontrar na estação da primavera. Nesta estação, o Sol cruzou o equador em seu movimento aparente, deslocando-se em direção aos $23,45^\circ$ ao Sul. Por outro lado, a medida que o Sol se aproxima do periélio, os I_{UV} 's máximos observados diminuem (Figura 4). Nas estações de verão e outono, os I_{UV} 's médios máximos observados são constantes até o mês de maio sofrendo elevação no mês de junho.

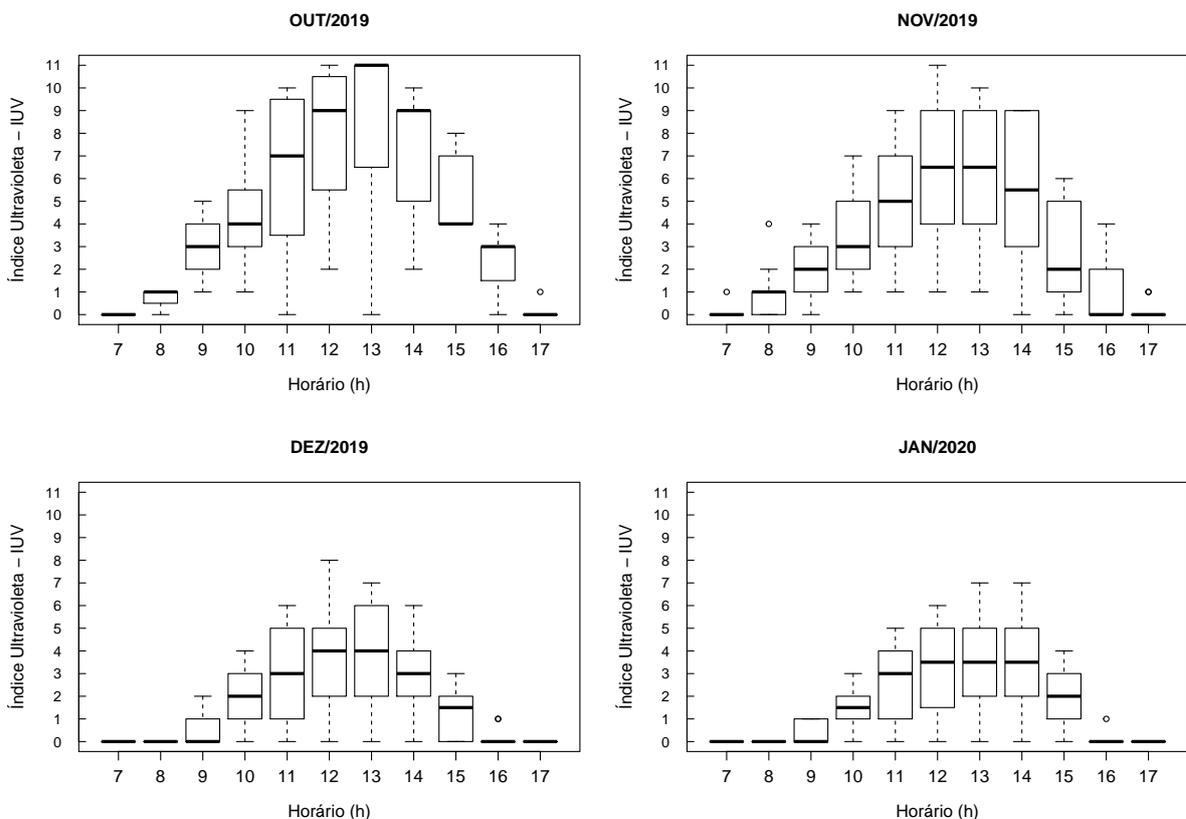
Em junho inicia o inverno no hemisfério sul, estação na qual a radiação terá que per-

correr um caminho ótico atmosférico muito maior que nas outras estações do ano, além da Terra se encontrar no afélio. Entretanto, observa-se que as médias máximas para o I_{UV} crescem para o mês de julho e diminuem à medida que o Sol se desloca para o hemisfério sul. Assim, a sazonalidade do I_{UV} está minimamente relacionada com declinação solar e com a distância Terra-Sol.

Portanto, a sazonalidade do I_{UV} pode está relacionada de forma mais efetiva com os períodos hidrológicos da região.

4.1.1 Variabilidade Horária Mensal do I_{UV} no Período Chuvoso

Os valores observados para o I_{UV} , apresentam dispersão horária entre 8 e 16 h (outubro e novembro) e de 9 as 15 h (dezembro e janeiro) (Figura 5). Em outubro, verifica-se que, a evolução temporal do segundo quartil se dá de forma ascendente até as 13 h, na qual é registrado o I_{UV} máximo. Após, a evolução é descendente.



Fonte: Alves et al. (2020).

Figura 5 – Variabilidade horária mensal do I_{UV} no período chuvoso de outubro de 2019 à janeiro de 2020.

Ainda em outubro, nota-se que 11 h apresenta a maior amplitude interquartil em torno

da mediana igual a 7. Além disso, às 13 h é observado que 25 % da amostra compreende I_{UV} 's entre 0 e 6,5, 75 % dos valores, representam I_{UV} 's entre 6,5 e 11 onde verifica-se o I_{UV} máximo, igual a 11. Neste caso, tem-se uma distribuição com assimetria negativa. Há também uma mudança abrupta para os I_{UV} 's medidos entre 14 e 15 h. De fato, 50 % do valores observados às 14 h estão entre 5 e 9, cuja mediana é igual a 9 numa distribuição com assimetria negativa. Por outro lado, às 15 h a amostra apresenta-se com assimetria positiva, na qual 75 % do valores correspondem a I_{UV} 's entre 4 e 7 em torno da mediana igual a 4.

Para os meses de novembro e dezembro, as dispersões horárias intercorrem das 8 às 16 h e das 9 às 15 h, respectivamente (Figura 5). A dinâmica do segundo quartil, para os meses em questão, é governada também de forma crescente e limitada a 6,5 (novembro) e 4 (dezembro), ambas observadas às 12 h. Entretanto, a dinâmica dos I_{UV} 's verificados em novembro é, necessariamente, composta por valores menores quando comparados aos do mês de outubro. Em novembro, a maior amplitude interquartílica se manifesta às 14 h onde 75 % dos I_{UV} 's estão entre 3 e 9 em torno da mediana igual a 5,5, com boa aproximação. Além disso, o I_{UV} máximo observado para novembro ocorre às 12 h, onde 25 % da amostra registram I_{UV} 's entre 9 e 11. Em dezembro é observável a redução dos I_{UV} 's e, portanto, menor intensidade da R_{UV} medidos em superfície. Neste caso, o I_{UV} máximo ocorre às 12 h onde há o registro de I_{UV} 's maiores ou iguais a 5 e menores ou iguais a 8, os quais correspondem a 25 % da amostra. A maior amplitude interquartil ocorreu às 11 h com I_{UV} 's entre 1 e 5 com repetição às 13 h com $2 \leq I_{UV}'s \leq 6$.

Os resultados apresentados acima se desdobram desta forma, pois os meses de outubro, novembro e dezembro compreendem os meses da primavera austral. Esta estação é marcada pelo começo da atuação convectiva motivada por temperaturas mais elevadas e devido ao aquecimento da superfície ser mais intenso, podendo potencializar episódios de precipitação acima de 50 mm h^{-1} no intervalo da tarde (PEDREIRA JUNIOR et al., 2018). Além disso, a entrada de sistemas frontais na região sul do Amazonas são observadas e, iniciam os fenômenos de Zona de Convecção do Atlântico Sul (ZCAS) e dos Sistemas de Monção da América do Sul (SMAS). Desta forma, ocorre o início do período chuvoso no sul do Amazonas (GAN et al., 2004).

Na primavera, segundo Pedreira Junior et al. (2018) a precipitação tem maior concentração no período de toda a tarde e no princípio da noite. Entre 10 e 12 h apresenta a menor frequência. A Intensidade das Chuvas caracteriza-se de chuvas fracas, seguidas de moderadas, fortes e apenas 0,3 % de ocorrência de chuvas muito fortes.

No mês de janeiro, observa-se que a evolução temporal do segundo quartil se dá de forma ascendente até as 12 h, a qual permanece constante até as 14 h, passando a diminuir após isso (Figura 5). A variabilidade horária inicia às 9 h e se estende até as 15 h. A maior variação interquartil ocorre às 12 h registrando $1,5 \leq I_{UV}'s \leq 5$, correspondendo a 50 % da amostra. Além disso, às 13 h é atingido o I_{UV} máximo que se estende de modo igual até as 14 h onde, em ambas às horas, 25 % dos $I_{UV}'s$ registrados estão entre 5 e 7 (Figura 5).

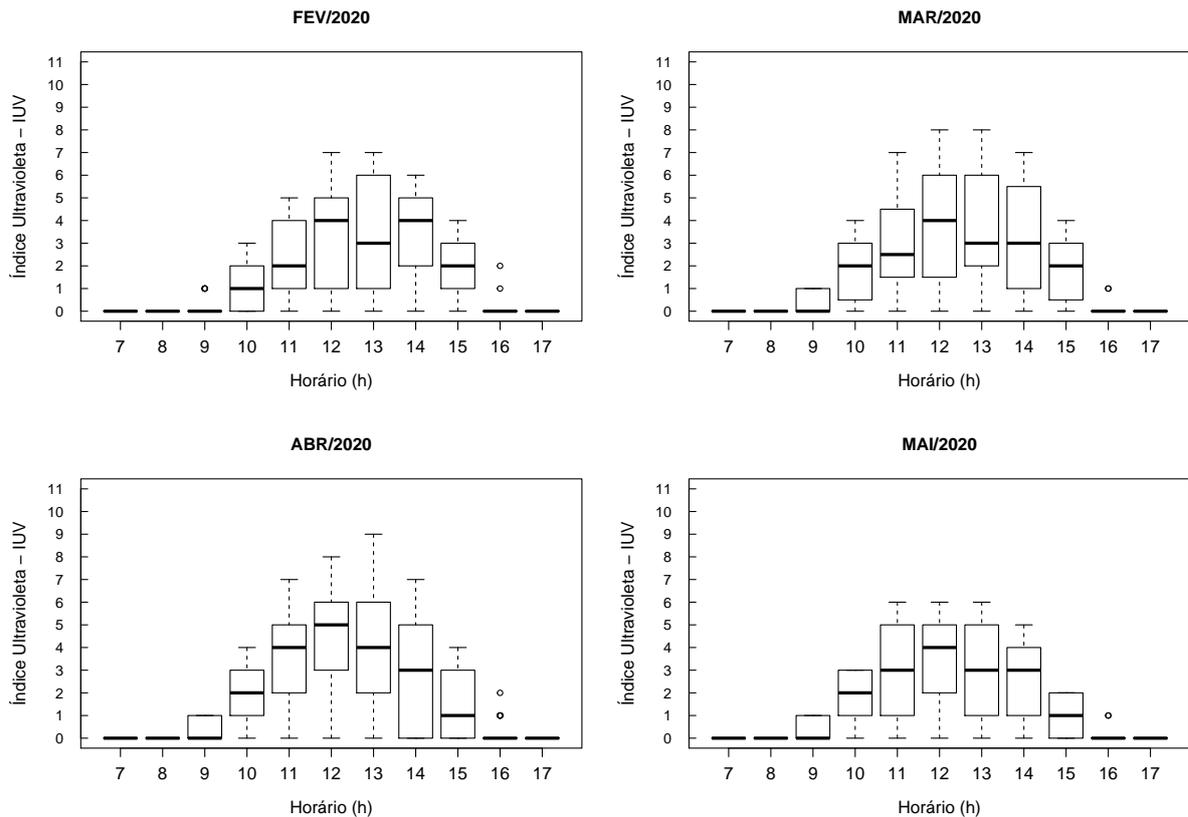
Em fevereiro, nota-se que a variabilidade horária do I_{UV} tem início às 10 h e perdura até as 15 h. A dinâmica para o segundo quartil segue em crescimento até às 12 h, sofrendo uma queda às 13h e, retornando o crescimento às 14 h. Após, segue a tendência de decréscimo. O I_{UV} máximo é obtido logo às 12 h com 25 % dos $I_{UV}'s$ sendo medidos entre 5 e 7. Neste caso, a mediana obtida é 4. Às 13 h observa-se a maior amplitude interquartil, a qual abrange $I_{UV}'s$ de 1 a 6 numa porção de 50 % da amostra, com tendência central igual a 3 (Figura 6).

No mês de março, os dados mostram que a dispersão horária começa às 9 h e se estende até as 15 h (Figura 6). A mediana, por sua vez, evolui no tempo de maneira crescente até as 12 h. Após o meio dia, ela passa a decrescer. Há duas amplitudes interquartis máximas equivalentes, uma às 12 e outra às 14 h, nas quais 50 % dos $I_{UV}'s$ observados compreendem de 1,5 a 6 e 1 a 5,5, respectivamente. O I_{UV} máximo é alcançado às 12 h se repetindo de forma similar às 13 h (Figura 6).

O meses de janeiro, fevereiro e março constituem o verão austral que compõe ao período chuvoso no sul do Amazonas. Nessa estação, a precipitação ao longo do dia se configura de forma mais uniforme, onde são verificadas as maiores frequências às 1 h e 7 h com máxima frequência às 4 h da manhã. Por outro lado, no intervalo da tarde entre 13 h e 15 h ocorrem as frequências secundárias. As menores frequências acontecem às 12 h. Além disso, no verão a intensidade de chuvas configura-se como fraca, seguidas por chuvas de intensidade moderada e forte, sem registro de eventos de intensidade muito forte (PEDREIRA JUNIOR et al., 2018).

Assim, o comportamento horário do I_{UV} é fortemente influenciado pelo período de chuvas da região, o qual é regido fundamentalmente pelo incursão do SMAS, pela ZCAS e pela Alta da Bolívia (AB) (GAN et al., 2004). Ou seja, a entrada da R_{UV} sofre interferência devido a formação de nuvens de tempestades, as quais dão origem as chuvas convectivas (MARTINS et al., 2014).

Nos meses de abril e maio a tendência central do I_{UV} é também crescente para ambos. No mês de abril, cresce até as 12 h e, logo em seguida, decai. A variabilidade horária tem início às 9 h e se propaga até as 15 h. A maior flutuação para este mês se dá às 14 h com amplitude



Fonte: Alves et al. (2020).

Figura 6 – Variabilidade horária mensal do I_{UV} no período chuvoso de fevereiro de 2020 à maio de 2020.

interquartil variando de 0 a 5. Além disso, tem o I_{UV} máximo registrado às 13 h onde 25 % dos I_{UV} 's medem entre 6 e 9 (Figura 6). Em maio, observa-se que 11 e 13 h apresentam a maior flutuação interquartil variando de 1 a 5, as quais são iguais. Neste mês, o I_{UV} máximo é alcançado às 11 h onde são observados I_{UV} 's entre 5 e 6 que totalizam 25 % da amostra. Este máximo é constante até as 13h.

Ainda da Figura 6, observa-se que as flutuações interquartis verificadas até as 13 h do mês de abril são menores que as do mês de março. Por outro lado, as do mês de maio são menores ou iguais as dos mês de abril. Os meses de abril e maio são meses característicos do outono, estação na qual há a formação de Sistemas Convectivos de Mesoescalas (SCM). Tais SCMs surgem da sistematização da convecção local que carregam propriedades cumuliformes, encobrendo extensa área espacial e desencadeando chuvas moderadas (FISCH et al., 2000).

Pedreira Junior et al. (2018) verificaram que a precipitação no outono é mais frequente no final da madrugada e início do período da manhã. As menores frequências no outono ocorrem das 9 às 13 h, com mínimas às 12 h. Ainda segundo os autores, no outono cerca de 62 % da série registra predominância de chuvas com intensidade fraca, enquanto que os eventos com

categoria moderada figuram 36 %, e de forte intensidade, apenas 2 %. Assim, como o período chuvoso na região sul do Amazonas se estende até o mês de maio, os gráficos apresentados nas Figuras 5 e 6, indicam como as chuvas podem interferir na intensidade da R_{UV} em superfície.

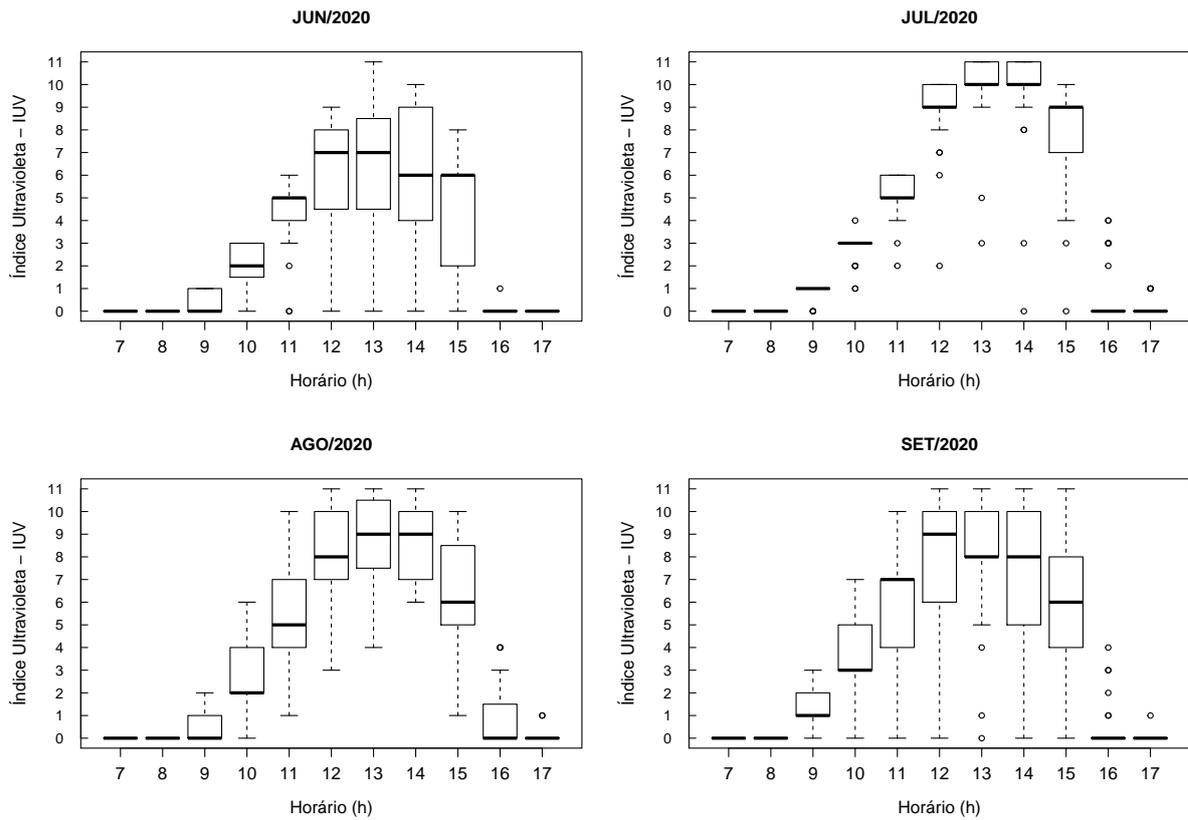
4.1.2 Variabilidade Horária Mensal do I_{UV} no Período Seco

O mês de junho encerra o outono e dá início ao período seco na região sul do Amazonas. Na Figura 7 pode-se observar que até por volta das 10 h o I_{UV} sofre ainda influência da precipitação originada pela formação de SCM's (FISCH et al., 2000). Contudo, a partir do mês de junho verifica-se níveis mais elevados para o I_{UV} depois do longo período chuvoso. A evolução temporal da mediana em junho se dá de forma crescente até as 13 h que, logo em seguida, sofre decaimento. O I_{UV} máximo ocorre às 13 h onde 25 % dos I_{UV} 's observados, representam índices entre 8,5 e 11. Depois das 13 h, observa-se a maior amplitude interquartil às 14 h com mediana igual a 6 numa distribuição com assimetria positiva. Além disso, às 15 h tem-se uma distribuição com assimetria negativa onde 75 % dos dados observados para esta hora, estão entre 0 e 6. Nesta distribuição a tendência central é igual a 6. Às 16 h, o I_{UV} se reduz abruptamente onde, praticamente, 100 % da amostra traduz índices iguais a 0 (Figura 7).

Os meses de julho, agosto e setembro integram o período seco no sul do Amazonas e compõem o inverno austral. Nesse período constata-se uma evolução temporal crescente do segundo quartil até as 13 h com exceção para setembro que vai até as 12 h. Observa-se uma queda abrupta ao passar das 15 para as 16 h para ambos os meses. O I_{UV} máximo marcado para cada mês do período é igual a 11 sendo que: (i) em julho 75 % das observações realizadas às 13 h compreendem I_{UV} 's entre 10 e 11 repetindo-se às 14 h; (ii) em agosto 25 % representam I_{UV} 's entre 10 e 11 às 12 h, 10,5 e 11 às 13 h e 10 e 11 às 14 h; (iii) em setembro 25 % das medidas dos I_{UV} 's estão entre 10 e 11 das 12 às 14 h e entre 8 e 11 às 15 h (Figura 7).

Ainda na Figura 7 tem-se que a variabilidade horária tem início às 11 h e se estende até as 15 h (em julho); em agosto se propaga das 9 às 16 h e em setembro das 9 às 15 h. O mês de julho apresenta a menor variabilidade horária onde a maior amplitude interquartil acontece às 15 h abrangendo I_{UV} 's de 7 a 9. Em agosto as variações interquartílicas são maiores comparadas às de julho e comparadas às de julho, setembro também são superiores (Figura 7).

Assim, os dados apresentados mostram I_{UV} 's mais elevados para o período seco comparado aos observados no período chuvoso. Segundo Pedreira Junior et al. (2018) a predominância da precipitação no inverno ocorre no intervalo da tarde entre as 15 e 16 h. Os eventos



Fonte: Alves et al. (2020).

Figura 7 – Variabilidade horária mensal do I_{UV} no período seco de junho de 2020 à setembro de 2020.

secundários se dão às 7 e 8 h. Essas baixas frequências estão associadas a circulação da baixa troposfera que se movimenta mais ao norte do cavado equatorial provocando o deslocamento do ramo descendente da Célula de Hadley sobre a Amazônia, dada à máxima convecção tropical dirigir-se para a América Central nesta época do ano (FISCH, 1999; DE SOUZA et al., 2005). Além disso, há também eventos de precipitação originadas por convecção local devido ao forte aquecimento superficial, isso geralmente quando ocorre se dá por volta das 15 e 16 h. Assim, justifica-se, por exemplo, as quedas abruptas nos índices observados entre 15 e 16 h.

Um ponto que cabe destaque, está vinculado à mínima dispersão horária dos I_{UV} 's medidos em julho. De fato, mesmo na presença de *outliers*, fica evidente que a tendência central não se deixa influenciar na presença destes. Contudo, são pontos observáveis e que justificam-se pela passagem de nuvens que interferem na trajetória da radiação até o sensor, visto que nesta época do ano a formação e concentração de nuvens é menos frequente. Por outro lado, surge ligeiramente questionamentos relativos a maior variabilidade horária para o I_{UV} neste período, para os meses seguintes.

Um fator que pode contribuir e, portanto, explicar esta variabilidade é a emissão de

partículas de aerossóis devido à prática de queimadas na Amazônia ser mais frequente neste período. Isto conduz a emissões extremas desencadeando altas concentrações de material particulado na atmosfera e formando padrão típico de transporte de plumas de aerossóis de queimadas originadas na Amazônia (PAULIQUEVIS et al., 2007).

A região amazônica vem sofrendo mudanças no padrão de uso do solo decorrentes de um processo de ocupação desestruturado. O estado de Rondônia, norte do Mato Grosso, sul e leste do Pará, e Tocantins representam o famoso "arco do desflorestamento", pois é o espaço no qual essa alteração é mais evidenciada devido a expansão de áreas agrícolas, de pastagem e, também, pela exploração madeireira (PAULIQUEVIS et al., 2007).

A presença de aerossóis provenientes de queimadas interagem diretamente com a radiação solar e, portanto, atenuam severamente a quantidade de radiação solar que atinge à superfície. De acordo com Procopio et al. (2004), em determinadas condições de contorno, os aerossóis originados de queimada chegam a minimizar em até 50 % a radiação fotossinteticamente ativa. Por outro lado, em altas concentrações de poluição atmosférica na China durante a estação seca, a R_{UV} é atenuada em até 62 %, por volta do meio dia (DENG et al., 2012). Kylling et al. (1998) verificaram uma redução da R_{UV} de 5 a 35 % se comparado a uma atmosfera limpa.

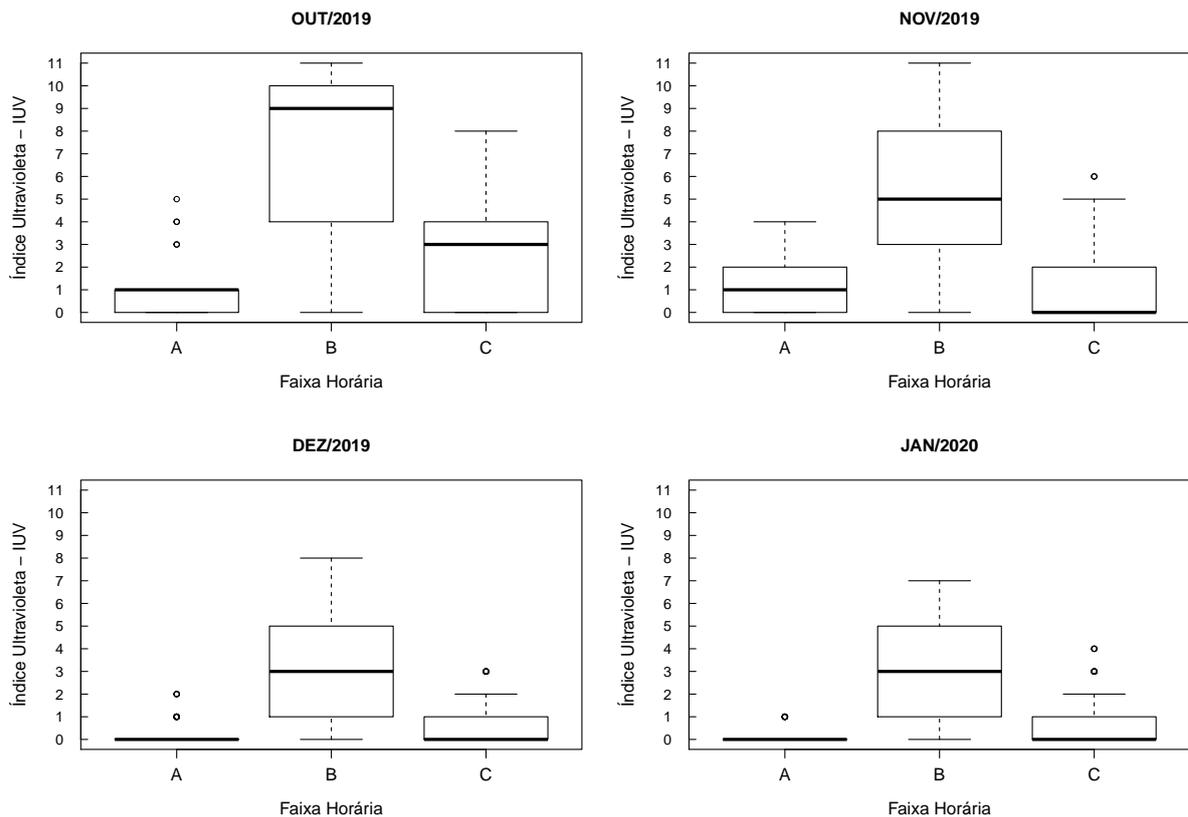
De acordo com o monitoramento operacional de focos de fogo ativo de queimadas e de incêndios florestais desenvolvido no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, foram detectados por satélites e registrados para 2020 no Amazonas, nos meses de julho, agosto e setembro, nesta ordem, cerca de 2.119, 8.030 e 4.270 focos ativos detectados pelo satélite de referência (INPE, INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2020a). Para a região norte foram registrados 6.941, 27.304 e 26.828, respectivamente, a julho, agosto e setembro também deste ano. Para o bioma amazônico registraram-se 6.803 (julho), 29.307 (agosto) e 32.017 (setembro) focos ativos (INPE, INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2020a).

4.2 NÍVEIS DA R_{UV} ATRAVÉS DO I_{UV} PARA INTERVALOS DE TEMPO ESPECÍFICOS

4.2.1 No Período Chuvoso

Verifica-se que no I-A a mediana nunca é superior a 1, ou seja, neste intervalo o I_{UV} tem categoria baixa (Tabela 3) e não representa qualquer risco de exposição à R_{UV} entre outubro e janeiro (WHO, 2002a). Contudo, em novembro pode-se notar que neste mesmo in-

tervalo, 50 % da amostra representam I_{UV} 's maiores que 1 e menores ou iguais a 4. Destes, 25 % correspondem a índices entre 2 e 4. Isto significa que, no mês de novembro, uma parcela inferior a 25 % pode exprimir I_{UV} 's com categoria moderada e, portanto, sem apresentar riscos à saúde humana (WHO, 2002a; GIES et al., 2018). Por outro lado, a mediana do I-B entre os meses de novembro e janeiro, apresentam valores mais elevados (Figura 8).



Fonte: Alves et al. (2020).

Figura 8 – Classificação dos níveis da R_{UV} para os intervalos: A (7 às 9 h), B (10 às 14 h) e C (15 às 17 h).

Em outubro, a amplitude interquartil, no I-B, percorre I_{UV} 's entre 4 e 10 onde, numa distribuição com assimetria negativa, a tendência central atingiu 9. Tal amplitude, responde por 50 % da amostra, logo tem implicações preocupantes, pois permite interpretar I_{UV} 's com categoria variando de moderada à muito alta (Tabela 3). Assim, precauções como procurar sombra às vezes perto do meio-dia, usar camisa, protetor solar e chapéu são recomendadas (WHO, 2002a). Além disso, 25 % da amostra representam índices muito alto a extremo, isto é, de 10 a 11 (Figura 8) (GIES et al., 2018). Destarte, de acordo com WHO (2002a), evitar se expor à R_{UV} próximo ao meio dia, certificasse de estar à sombra, uso necessário de camisa, protetor solar e chapéu são precauções indispensáveis. Nos meses seguintes, até janeiro, observam-se reduções para o I_{UV} no I-B.

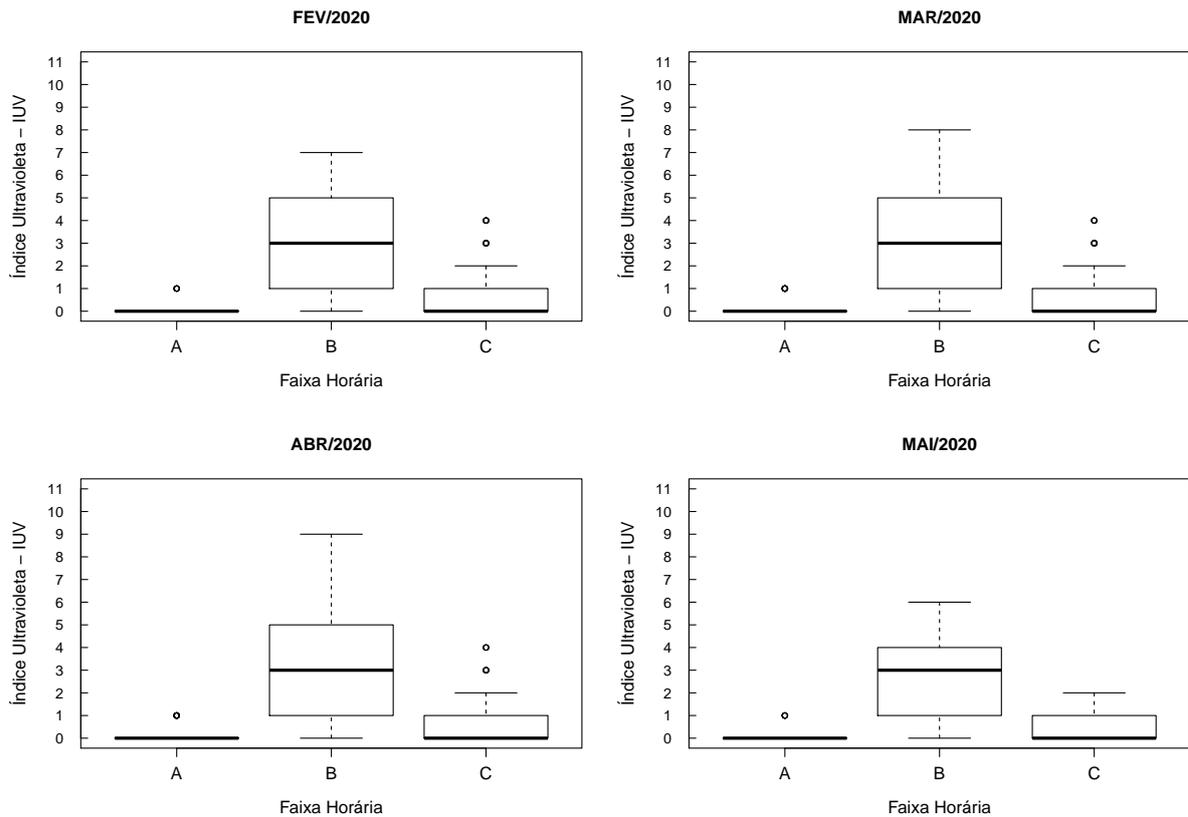
A amplitude interquartílica verificada no I-B em novembro, destaca 50 % de I_{UV} 's compreendidos entre 3 e 8. Nesta amplitude, a mediana, sob uma distribuição com assimetria positiva, é igual a 5 (Figura 8). Desta forma, tem-se I_{UV} 's categorizados entre moderado e muito alto, o que inspira as precauções recomendadas (WHO, 2002a; GIES et al., 2018). Entretanto, neste mesmo intervalo configuram-se I_{UV} 's entre 8 e 11 numa proporção de 25 % da amostra. Ou seja, ainda que em menor parcela, caracteriza a necessidade da aplicação das precauções indispensáveis, haja vista, o alcance de I_{UV} 's extremos (WHO, 2002a; GIES et al., 2018). Em dezembro e janeiro, basicamente, o comportamento no I-B são muito próximos.

Em dezembro a amplitude interquartílica se dá entre 1 e 5 com mediana igual a 3. O mesmo ocorre para janeiro. Todavia, em dezembro, para o I-B, 25 % da amostra compreende índices entre 5 e 8, enquanto que em janeiro, 25 % traduz I_{UV} 's de 5 a 7 (Figura 8). Assim, tem-se 75 % de I_{UV} 's variando entre baixo e muito alto para dezembro, e, 75 % oscilando entre baixo e alto em janeiro (GIES et al., 2018). Ressalta-se que desses 75 %, em ambos os meses, 50 % desvia de baixo a moderado (Tabela 3).

Ainda da Figura 8, vê-se que no I-C há diferença relativa entre os I_{UV} 's considerando os meses em questão. Porém, existe semelhança dos I_{UV} 's obtidos neste intervalo nos meses de dezembro e janeiro. De fato, no mês de outubro é verificado que 50 % dos índices medidos distribuem-se numa assimetria negativa e, classificam-se entre baixo e moderado. Além disso, 25 % ocorrem de moderado a muito alto com mediana igual a 3. Em novembro, 50 % representam I_{UV} 's baixos e 25 % estampam I_{UV} 's variando de baixo a moderado (GIES et al., 2018). Dezembro e janeiro figuram apenas índices baixos. Desta forma, considerando o I-C, precauções indispensáveis e recomendadas, conforme indicado na Tabela 3, são requeridas apenas nos meses de outubro e novembro, respectivamente.

Baseado no I-A para os meses de fevereiro a maio, qualquer precaução relacionada à exposição à R_{UV} torna-se desnecessária (Figura 9). No I-C, apesar da aparente variação interquartil para os meses em discussão, constata-se que à exposição à R_{UV} não é agressiva, pois em termos de categorização (Tabela 3) à exposição aos raios solares neste intervalo não provocam danos à saúde humana (WHO, 2002a; GIES et al., 2018).

Em contrapartida, no I-B nota-se que: (i) do ponto de vista da categorização, março e abril são equivalentes, pois para ambos, 50 % das observações descrevem I_{UV} 's de nível baixo até moderado e 25 % de moderado até muito alto; (ii) fevereiro assemelha-se a março e abril apenas na amplitude interquartil, mas nos 25 % depois do terceiro quartil difere, pois a categorização se configura de moderado a alto; (iii) por fim, em maio têm-se que 75 % dos



Fonte: Alves et al. (2020).

Figura 9 – Classificação dos níveis da R_{UV} para os intervalos: A (7 às 9 h), B (10 às 14 h) e C (15 às 17 h), considerando os últimos quatro meses do período chuvoso.

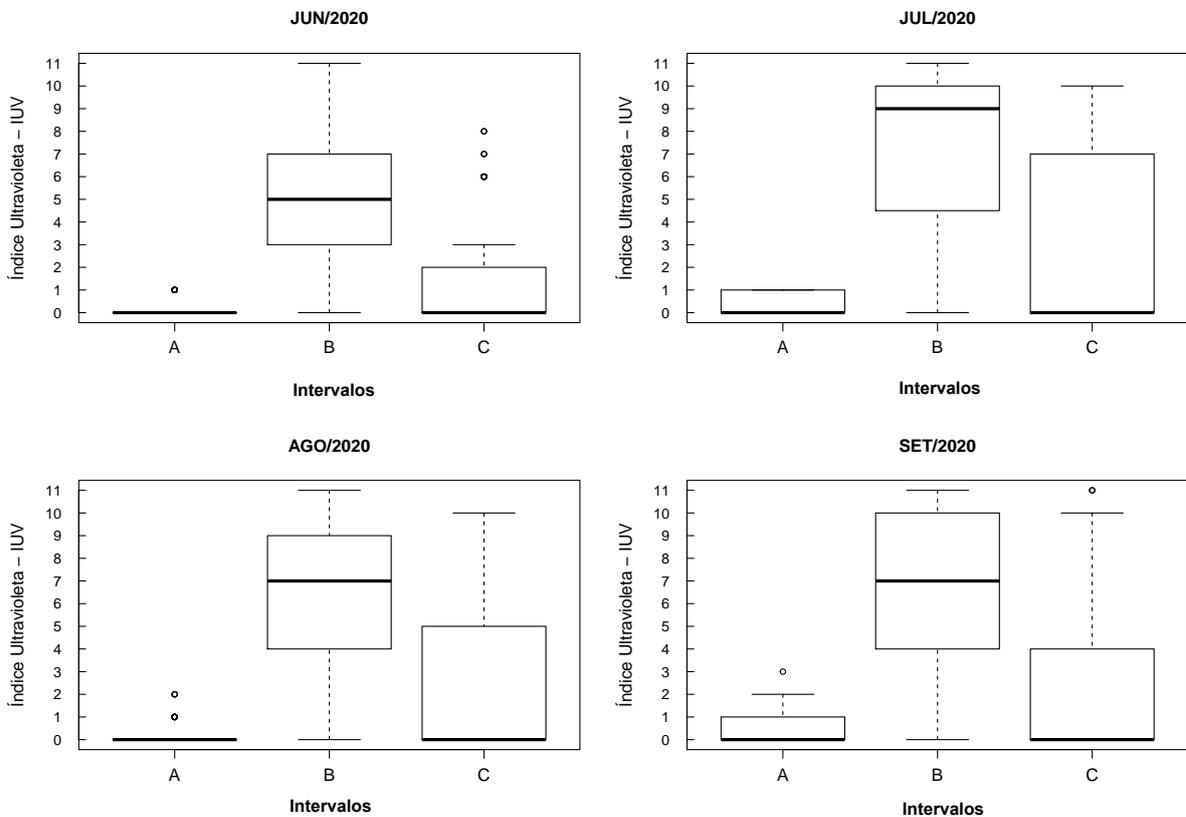
I_{UV} 's medidos, traduzem níveis classificados de baixo até a alto, dos quais, 25 % apenas, dizem respeito a índices entre categoria moderada e alta, vistos após o terceiro quartil (Figura 9) (GIES et al., 2018).

Desta forma, tendo em consideração o I-B, os meses de fevereiro e maio requerem precauções recomendáveis, enquanto que março e abril sugerem precauções indispensáveis, conforme elencadas na Tabela 3 (WHO, 2002a; OKUNO; VILELA, 2005; GIES et al., 2018).

4.2.2 No Período Seco

As observações vistas para o período seco e agrupadas nos intervalos A, B e C mostram que, os índices requerem maior cuidado, nesta época do ano quando se trata de exposição à radiação solar (Figura 10). No I-A para os quatro meses observados, não há a necessidade de precauções neste intervalo, pois apresenta mínima variabilidade interquartil onde a mediana nunca supera o I_{UV} igual a 1. Ainda que os meses de julho e setembro apresentem amplitudes

maiores comparadas a junho e agosto, não exibem categorias acima de nível baixo para a R_{UV} . Por outro lado, no I-B os níveis são consideravelmente mais agressivos.



Fonte: Alves et al. (2020).

Figura 10 – Classificação dos níveis da R_{UV} para os intervalos: A (7 às 9 h), B (10 às 14 h) e C (15 às 17 h), considerando os meses do período seco.

No mês de junho são observados no I-B, cerca de 50 % da amostra percorrendo níveis baixo a alto para a R_{UV} . Além disso, somam mais 25 %, neste intervalo, I_{UV} 's classificados entre alto e extremo. Isso significa que, de modo mais geral, pelo menos 50 % dos valores observados encontram-se entre os níveis moderado e extremo (OKUNO; VILELA, 2005; GIES et al., 2018). Assim, medidas de prevenção relacionadas à exposição à R_{UV} , devem ser tomadas de forma mais expressiva (Tabela 3). Em julho os I_{UV} 's são recordistas em intensidade no I-B.

Efetivamente, verifica-se que 75 % dos I_{UV} 's retratam níveis desde moderado até extremo. Destes, 50 % representam níveis de muito alto a extremo. Portanto, o mês de julho requer sinal de alerta para a exposição ao sol, entre as 10 e 14 h, sem as devidas precauções (WHO, 2002a; GIES et al., 2018). Nos meses de agosto e setembro, não tão preocupantes como em julho, porém requerendo os devidos cuidados (Figura 10).

Na prática, agosto e setembro no I-B, 75 % dos I_{UV} 's mensurados apresentam níveis

entre moderado e extremo. Desta parcela, apenas 25 % compreendem níveis de muito alto a extremo, para ambos os meses. O I-C para os meses do período seco, apresentam algumas perturbações que demandam uma análise cautelosa (Figura 10).

Para o I-C, pelo menos 50 % da amostra de cada mês do período seco correspondem a I_{UV} 's iguais a 0 e, desta forma, representa nível baixo para a R_{UV} . E, no mês de junho, o restante da amostra atinge no máximo nível moderado. Por outro lado, os meses de julho, agosto e setembro se desdobram em níveis que se estendem de baixo até muito alto, os quais correspondem aos outros 50 % da amostra de cada mês para o I-C. Desses 50 %, 25 % estão entre alto e muito alto (julho) e de moderado a muito alto (agosto e setembro) (GIES et al., 2018).

Assim, verifica-se que entre as 15 e 17 h dos meses do período seco, excluindo o mês de junho, é interessante observar as precauções recomendadas, descritas na Tabela 3 (WHO, 2002a; OKUNO; VILELA, 2005; GIES et al., 2018).

4.3 PROPENSÃO E PREVALÊNCIA DA POPULAÇÃO PARA O CÂNCER DE PELE

Os I_{UV} 's observados entre outubro de 2019 e setembro de 2020, mostram a sazonalidade da incidência da radiação UV na cidade de Humaitá. Verificou-se que, no período seco ocorrem os maiores índices e, portanto, é o período que requer da população maiores cuidados quando se tratar de exposição aos raios solares. Os dois primeiros meses do período chuvoso (outubro e novembro) também impõem um grau de alerta sobre essa questão.

Entretanto, conhecer apenas os I_{UV} 's horários e como eles se distribuem ao longo das estações do ano, não produzem informações suficientes para afirmar se uma certa população tem ou não predisposição ao câncer de pele. De fato, as doses cumulativas da radiação UV biologicamente ativa ($R_{UV_{ef}}$), expressa em $W m^{-2}$ ou $J m^{-2}$ ou DEP também é de fundamental importância. Além disso, discriminar os fototipos, o tempo estimado e o intervalo em que os indivíduos da população ficam expostos à R_{UV} , são necessários para compor as estimativas. Assim, as doses acumuladas no período de estudo por mês e no intervalo de 10 às 14 h de cada mês estão descritos na Tabela 4.

Segundo Diffey et al. (1997) uma unidade de DEP corresponde a $100 J m^{-2}$ e, portanto, uma dose diária de $108 J m^{-2}$ é suficiente para a síntese de vitamina D. Todavia, doses diárias variando de 200 a $350 J m^{-2}$ são suficientes para produzir eritema perceptível em indivíduos melano-comprometidos (peles mais claras - fototipos I e II). Doses entre 300 a $600 J m^{-2}$

Tabela 4 – Doses cumulativas de radiação UV biologicamente efetiva.

	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
	Radiação UV Biologicamente efetiva (MJ m ⁻²)											
Por mês	0,28	0,55	0,45	0,42	0,43	0,46	0,52	0,29	0,72	1,27	1,20	1,07
Entre 10 e 14 h	0,08	0,17	0,16	0,15	0,15	0,16	0,18	0,10	0,24	0,41	0,38	0,35

Fonte: Alves et al. (2020)

podem causar danos em pessoas classificadas como melano-competentes (peles claras - fototipo II e IV). Indivíduos caracterizados como melano-protegidos (peles escuras - fototipo V e VI) podem sofrer eritemas quando expostos à doses diárias de 600 a 2000 J m⁻² (FITZPATRICK; BOLOGNIA, 1995; DIFFEY et al., 1997).

Entre 2002 e 2005 o Ministério da Saúde (MS) protagonizou um estudo para descrever o comportamento dos indivíduos de 20 anos ou mais, expostos à radiação solar por pelo menos 30 minutos, segundo cada brasileira. Neste estudo foi verificado que mais de 65 % da população da região norte exibe tal comportamento. Além disso, foi constatado que cerca de 15 % utilizam filtro de proteção solar, 30 % chapéu e 40 % ficam à sombra (LINDOSO, 2017).

De acordo com o IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010), o fototipo predominante na população de Humaitá é o pardo, o qual segundo Fitzpatrick e Bologna (1995) corresponde ao fototipo V. À época, Humaitá tinha uma população de 44.227 habitantes com 31,04 % destes habitando na zona rural. A população parda, corresponde a 68,60 % deste total onde 44,49 e 24,11 % residem nas zonas urbana e rural, respectivamente. Em seguida, verifica-se que 21,45 % da população pode estar enquadrada nos fototipos I, II, III e IV, pois não há tal descrição no censo (Figura 11).

Ao considerar os 68,60 % mais 21,45 % dos fototipos mais presentes na população humaitaense e, supondo, que 50 % deste total se exponham aos raios por até 30 minutos, entre as 10 e 14 h, sem a devida proteção, pode-se fazer algumas estimativas (Tabela 5).

Tabela 5 – Estimativas das doses acumuladas de radiação UV biologicamente efetiva.

Característica do dia	Data	Dose Acumulada (J m ⁻²)
Dia menos intenso do período chuvoso	07 de maio de 2020	3,56
Dia mais intenso do período chuvoso	26 de outubro de 2019	2.242
Dia menos intenso do período seco	04 de junho de 2020	11,15
Dia mais intenso do período seco	14 de julho de 2020	1.853

Fonte: Alves et al. (2020)

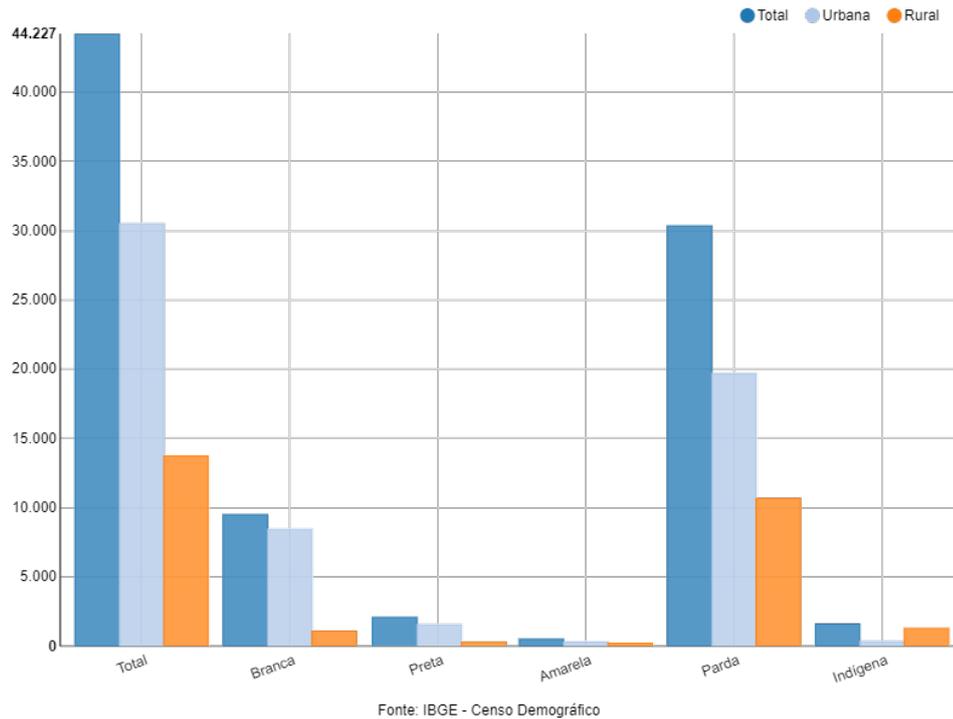


Figura 11 – População residente, por cor ou raça, segundo a situação do domicílio.

As estimativas acima são relativamente simples do ponto de vista estatístico. Entretanto, traduzem informações extremamente pertinentes no contexto da saúde pública, pois como pode-se observar, em dias intensos tanto no período seco como no período chuvoso, a dose acumulada da $R_{UV_{ef}}$ para um intervalo de tempo de 30 minutos de exposição, sem as devidas proteções, são suficientes para produzir o eritema no fototipo mais comum da população de Humaitá. Ressalta-se que não é foco desta pesquisa, pormenorizar os cuidados de proteção solar, mas sim subsidiar informações que possam fomentar políticas públicas voltadas para campanhas de prevenção do câncer de pele. Para maiores informações sobre as formas adequadas de proteção solar, recomenda-se a consulta às referências (JUCHEM et al., 2001; WHO, 2002a; BRASIL, 2003; ICNIRP, 2004; GIES et al., 2018; INPE, INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2020b).

As argumentações postas acima, reforçam a necessidade de políticas públicas voltadas à prevenção do câncer de pele em Humaitá, no período seco principalmente. Este período é caracterizado por haver maior incidência da radiação UV em superfície. Muito embora, o fato de boa parte dos indivíduos humaitaenses serem pardos (fototipo V), o qual suporta doses mais elevadas de radiação UV comparados aos fototipos mais sensíveis, não isenta-os dos riscos (Tabela 5).

Segundo a Secretaria Municipal de Saúde - SEMED/Humaitá, o câncer de pele não

melanoma (CNM) é o mais prevalente, onde entre 2016 e 2020 foram registrados 47 novos casos. Para o câncer de pele melanoma (CM), foram registrados apenas dois no mesmo período (Tabela 6). O CNM acomete, em média, 11,75 indivíduos humaitaense por ano, enquanto que o CM 0,5.

Muito embora o CNM tenha baixa letalidade, sua elevada incidência pode explicar uma ocorrência de óbitos quase semelhante ao câncer de pele melanoma. O CNM, geralmente, na grande maioria dos casos tem cura. No caso do melanoma de pele, o prognóstico é considerado bom quando diagnosticado e tratado em sua fase inicial (DA SILVA, 2020).

Tabela 6 – Prevalência do câncer de pele em Humaitá.

Ano	Sexo	Carcinoma Basocelular						Carcinoma Espinoelular						Melanoma						
		I	II	III	IV	V	NE	I	II	III	IV	V	NE	I	II	III	IV	V	NE	
2016	M	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	F	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
2017	M	-	-	-	1	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	F	-	1	1	-	-	2	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	1
2018	M	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-
	F	-	1	-	-	1	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2019	M	-	-	-	-	-	6	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-
	F	-	1	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2020	M	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	F	-	-	-	1	1	2	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: Secretaria Municipal de Saúde.

Além do CNM e CM existem outras doenças que se originam da exposição excessiva à radiação solar. Um exemplo é a Queilite Actínica (QA). A QA é uma lesão pré-maligna que acomete principalmente os lábios inferiores e caracteriza-se pela perda da linha de separação da parte vermelha do lábio inferior do restante da pele. Geralmente é mais comum em homens de pele clara, a partir dos 45 anos de idade. Aqueles que exercem atividades ao ar livre, como agricultores e trabalhadores rurais, que trabalham na construção civil, pescadores, atletas e praticantes de atividades físicas ao ar livre apresentam maiores predisposição em desenvolver a doença. Alguns pesquisadores explicam que, em mulheres, essa lesão costuma ser mais rara devido ao uso do batom no dia a dia, o que lhes confere proteção (MIRANDA et al., 2011).

Apesar de não estar vinculada a esta pesquisa, é interessante destacá-la, pois foram registrados 50 casos de QA em Humaitá entre 2016 e 2020. Destes casos, 39 são mulheres com idade entre 34 e 83 anos. Apenas 11, dos 50 casos, com diagnósticos para indivíduos do sexo masculino com idades variando de 36 a 87 anos. Assim, fica mais evidente a necessidade de

políticas públicas que reforcem as precauções ao se expor aos raios solares.

4.4 PERCEPÇÃO DOS ALUNOS SOBRE A RADIAÇÃO SOLAR

A primeira pergunta do questionário mostrou que 14, dos 39 sujeitos da pesquisa, conseguem apresentar uma definição básica que exprime o conceito de radiação solar, Bloco B₃ (Tabela 7). As 14 respostas foram semelhantes e afirmam, basicamente, ser “a energia emitida pelo sol em forma de radiação”, uma definição para radiação solar e, segundo Gómez et al. (2018), “a radiação solar é o fluxo de energia emitida pelo Sol e transmitida sob a forma de radiação eletromagnética”.

Tabela 7 – Respostas semelhantes, agrupadas por blocos, para a primeira pergunta.

Blocos	O que você entende por radiação solar?	n_i
B ₁	Associaram a radiação solar a conversão de energia elétrica	4
B ₂	É a luz que vem do sol e que de alguma forma prejudica o ser humano	7
B ₃	Energia emitida pelo sol em forma de radiação	14
B ₄	Raios solares que se propagam ou ficam presos na atmosfera	2
B ₅	Raios UV que entra na atmosfera e aquece o planeta	1
B ₆	Raios associados a calor para aquecer a terra e as pessoas	3
B ₇	Acha interessante ainda mais quando associada a experimentos	1
B ₈	Raios que chegam a terra e parte que ficam presos no núcleo do sol	1
B ₉	Associou a síntese de vitamina D e a fotossíntese das plantas	1
B ₁₀	Raios solares que chegam na pele humana	2
B ₁₁	Raios solares que trazem benefícios e malefícios	2
B ₁₂	Não souberam responder	1
Total		39

A seguir são destacados alguns fragmentos que compõem o B₃:

- Black Heart: “Radiação Solar é a energia emitida pelo sol na forma de radiação”.
- Jão 156: “Radiação Solar é a energia emitida pelo pelos raios solares”.
- Dakota: “Radiação Solar é uma energia que emitida pelo sol”.
- Farenheinth: “Radiação Solar é a emissão da energia proveniente dos raios solares”.
- Bohr: “Radiação Solar é a energia emitida pelos raios solares e é uma forma de radiação”.
- Kielzão: “Radiação Solar é a energia radiante emitida pelo sol”.

Os fragmentos apresentados acima reforçam a necessidade de maiores discussões e esclarecimentos na educação básica relacionadas à temática desta pesquisa. O conceito de radiação, segundo as orientações previstas na BNCC e até mesmo nos PCN’s, endossa de forma

convicta que este conceito percorre diferentes disciplinas do ensino médio tais como a Física, Química, Matemática e Biologia. Por exemplo, nas Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais PCN+ Ensino Médio, a palavra radiação aparece por doze repetidas vezes. Uma delas está destacada em “Matéria e Radiação” que é um dos temas estruturadores com abrangência para organização do ensino de Física (BRASIL, 2002).

Neste tema estruturador, há uma Unidade dedicada ao estudo das radiações e suas interações. Dentro desta, destacam-se três tópicos que corroboram a necessidade de um ensino que viabilize:

- Identificar, no espectro eletromagnético, as diferentes radiações presentes na vida cotidiana (BRASIL, 2020, p. 29).
- Compreender os processos de interação das radiações com meios materiais reconhecendo-as em fenômenos que envolvam, por exemplo, fotocélulas, emissão e transmissão de luz, telas de monitores, radiografias (BRASIL, 2002, p. 29);
- Avaliar efeitos biológicos e ambientais do uso ou exposição de radiações não ionizantes em situações do cotidiano (BRASIL, 2002, p. 29).

Contudo, apesar da construção incorreta do conceito, os entrevistados têm uma percepção, ainda que vaga, sobre os efeitos nocivos e benéficos da radiação solar; da interação dela com a atmosfera; do aproveitamento desta energia como fonte alternativa, muito embora não seja o momento oportuno para tal resposta (Tabela 7).

Na perspectiva de alinhar as formulações e aplicações dos conceitos relacionados à radiação solar, advoga-se pelo uso da interdisciplinaridade para mitigar a fragmentação do ensino de Física. A interdisciplinaridade está pautada na óptica integradora da realidade, fundamentada num conceito metódico de mundo e da compreensão “do estado de inter-relação e interdependência dos fenômenos: físicos, biológicos, sociais e culturais” (BRASIL, 2017). Portanto a radiação solar é uma dentre tantas outras variáveis que pode servir como um elo de ligação entre as ciências da natureza, matemática e suas aplicações.

Grimm et al. (2015) afirmam que estudos que envolvam ciência e tecnologia podem sofrer uma dicotomia do contexto em que estão inseridas, quando são norteados por uma ótica disciplinar. Destarte, a interdisciplinaridade surge como a hermenêutica, por exemplo, para compreender como varia a intensidade da radiação solar que atinge a superfície da Terra. Para tal, é preciso ter noção de alguns fatores ambientais, tais como: altura do sol, apresentando maiores

intensidades nos horários entre 10 e 16 h; latitude, pois quanto mais próximo à linha do equador, mais elevados são os níveis de radiação UV; céu encoberto por nuvens, poluição atmosférica, névoas ou neblinas, que reduzem os níveis de radiação UV; altitude elevada, onde há menor filtração da radiação UV; e ozônio, que absorve alguma quantidade de radiação UV (OKUNO e VILELA, 2005).

No exemplo ilustrado acima, figura uma série de conceitos das várias faces da ciência como:

- Física - Energia, Potência, Ondas, Radiação Ionizante e suas Fontes, Radiação Não Ionizante e suas Fontes, Temperatura/Calor, Óptica Geométrica, dualidade onda/partícula.
- Matemática – Função, Proporcionalidade, Cônicas.
- Biologia – Vitamina D3, Sistema imunológico, DNA, Olho humano, Tecidos, Câncer.
- Química - Funções e compostos orgânicos, Estrutura do átomo, Transições eletrônicas, Ligações químicas, Condutividade elétrica e térmica, Íons.

Entretanto, todos estes conceitos só terão de fato significado, se forjar a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade (BRASIL, 2002).

4.4.1 Análise Descritiva

Apenas 35,9 % dos entrevistados, isto é, um total de 14 entre os 39, souberam definir corretamente o conceito de radiação solar (Tabela 8). A princípio, observa-se que a maioria dos alunos desconhecem este conceito. Ao observar as respostas elaboradas para as demais perguntas do questionário entende-se a razão pela qual isso ocorre e poderá ser melhor compreendida.

Tabela 8 – f_i : frequência absoluta; f_{r_i} : frequência relativa e $f_{r_i}^{(p)}$: frequência relativa percentual.

Resposta	f_i	f_{r_i}	f_p
Certa	14	0,359	35,9%
Errada	25	0,641	64,1%

Observando a Tabela 9, verifica-se que dos 39 sujeitos da pesquisa, 17,95 % estudaram no ensino fundamental, 33,33 % no ensino médio, 41,03 % estudaram o conceito de radiação

solar em ambos os níveis, fundamental e médio. Apenas 7,7 % nunca haviam estudado tal conceito. Assim, verifica-se que 93,3 % dos entrevistados já haviam estudado o conceito de radiação solar em alguma fase da trajetória escolar.

Tabela 9 – Percentual dos alunos, distribuídos em grupos, que estudaram ou não sobre radiação solar na educação básica, discriminados por acertos e erros relacionados à primeira pergunta do questionário, onde: Grupo 1: fundamental; Grupo 2: ensino médio; Grupo 3: ensinos fundamental e médio; Grupo 4: nunca estudaram.

Grupos	f_i	f_p (%)	Resposta Certa		Resposta Errada	
			f_i	f_p (%)	f_i	f_p (%)
Grupo 1	7	17,95	1	14,29	6	85,71
Grupo 2	13	33,33	6	46,15	7	53,85
Grupo 3	16	41,03	7	43,75	9	56,25
Grupo 4	3	7,70	0	0	3	100
Total	39	100	14	–	25	–

No Grupo 4, como era de se esperar de um grupo que nunca estudou sobre a temática, nenhum respondeu corretamente. Por outro lado, dos demais grupos que correspondem a 93,3 % dos entrevistados, cerca de 38,9 % (excluindo o Grupo 4) formularam uma resposta adequada à pergunta. Desta forma, dos 39 alunos que responderam a primeira pergunta do questionário, apenas 14,29 % do Grupo 1, 46,15 % do Grupo 2, 43,75 % do Grupo 3, responderam corretamente à primeira pergunta.

Ainda na Tabela 9, verifica-se que de todos os alunos que responderam corretamente à primeira pergunta do questionário, 7,1 % estudaram apenas no ensino fundamental (Grupo 1), 42,9 % estudaram no ensino médio apenas (Grupo 2), 50 % estudaram sobre radiação solar nos ensinos médio e fundamental (Grupo 3). Por outro lado, dos que responderam incorretamente, 24 % se enquadram no Grupo 1, 28 % no Grupo 2, 36 % no Grupo 3 e apenas 12 % ao Grupo 4.

O teste Chi Quadrado aplicado a 5 % de significância mostra, a partir do valor-p encontrado, igual a 0,46, que não há diferença significativa entre as respostas elaboradas por alunos que estudaram ou não, o conceito de radiação solar na escola. Este resultado requer uma reflexão extremamente cautelosa, pois não se pretende neste manuscrito, questionar os procedimentos educacionais adotadas pelas escolas, muito menos julgar a prática docente. Vislumbra-se com esses resultados fomentar estratégias que possibilitem contribuir como alternativas a problemas nos quais as disciplinas isoladas parecem não conseguir resolver.

O percentual de alunos que obtiveram informação sobre radiação solar através dos meios de comunicações é que 20,5 % tiveram acesso à temática por meio da internet, 35,9 % por

alguma programação da televisão (TV), 10,3 % via TV e internet, 5,1 % via TV e livros e 28,2 % afirmam nunca ter obtido informações concernentes ao assunto (Tabela 10). Desta forma, 71,8 % dos entrevistados tiveram a oportunidade em obter informações relativas à radiação solar por algum instrumento de comunicação.

Tabela 10 – Percentual dos alunos, distribuídos em grupos, que assistiram ou não sobre radiação solar em algum meio de comunicação, discriminados por acertos e erros relacionados à primeira pergunta do questionário, onde: Grupo 1: internet; Grupo 2: TV; Grupo 3: TV e internet; Grupo 4: TV e livros; Grupo 5: Nunca ouviu.

Grupos	f_i	f_p (%)	Resposta Certa		Resposta Errada	
			f_i	f_p (%)	f_i	f_p (%)
Grupo 1	8	20,5	5	62,5	3	37,5
Grupo 2	14	35,9	4	28,6	10	71,4
Grupo 3	4	10,3	2	50,0	2	50,0
Grupo 4	2	5,1	1	50,0	1	50,0
Grupo 5	11	28,2	2	18,2	9	81,8
Total	39	100	14	-	25	-

Da Tabela 10 segue que, dos 39 alunos que responderam o questionário, 62,5 % do Grupo 1, 28,6 % do Grupo 2, 50,0 % do Grupo 3, 50,0 % do Grupo 4 e 18,2 % do Grupo 5, responderam de forma correta à primeira pergunta do questionário.

Considerando o grupo de alunos que responderam corretamente à primeira pergunta do questionário, 35,71 % pertencem ao Grupo 1, 28,57 % ao Grupo 2, 14,29 % ao Grupo 3, 7,14 % ao Grupo 4 e 14,29 % ao Grupo 5. Em contrapartida, dos que responderam errado, 12 % se enquadram no Grupo 1, 40,0 % no Grupo 2, 8,0 % no Grupo 3, 4,0 % no Grupo 4 e 36,0 % no Grupo 5.

Aplicando novamente o teste Chi Quadrado a 5 % de significância, obtém-se um valor-p igual a 0,28, ou seja, não há diferença significativa entre as respostas dadas por aqueles alunos que ouviram falar sobre radiação solar por algum meio de comunicação ou não.

Com base nos dados da Tabela 11, tem-se que dos 39 sujeitos da pesquisa, 43,59 % atribuíram efeito prejudicial à saúde humana devido à exposição à radiação solar, 15,38 % afirmaram fazer bem, 35,90 % defendem fazer tanto bem como mal e apenas 5,13 % não souberam opinar.

Vale observar que a fração percentual entre atribuir o(s) efeito(s) devido à exposição à radiação solar com as respostas dadas à primeira questão, ocorre da seguinte forma: dos alunos que souberam atribuir uma boa resposta à primeira pergunta, 35,7 % afirmaram que a radiação solar tem efeitos apenas nocivos à saúde humana, enquanto que 14,3 % discordaram defendendo

Tabela 11 – Concepção dos alunos acerca dos efeitos da radiação solar comparado às respostas atribuídas à primeira pergunta.

Grupos	f_i	f_p (%)	Resposta Certa		Resposta Errada	
			f_i	f_p (%)	f_i	f_p (%)
Mal	17	43,59	5	29,41	12	70,59
Bem	6	15,38	2	33,33	4	66,67
Ambos	14	35,90	5	35,71	9	64,29
Não opinaram	2	5,13	2	66,67	0	0
Total	39	100	14	-	25	-

ter apenas efeitos benéficos. 35,7 % atribuíram ambos os efeitos e 14,3 % preferiram não opinar.

Por outro lado, dos que responderam de forma incorreta à primeira pergunta: 48 % acreditam que a exposição à radiação solar traz apenas efeitos nocivos à saúde humana, 16 % apenas efeitos benéficos e 36 % acreditam que ambos.

Os resultados apresentados nas Tabelas 3 a 5, ratificam a necessidade de uma melhor abordagem concernente à radiação solar e seus efeitos. Como já mencionado anteriormente, não se trata de um conceito especificado nos documentos que norteiam os eixos estruturadores da educação básica. Contudo, encontra-se nos PCN's que o homem é um dos elementos que compõem o meio ambiente constituindo relações sociais, econômicas e culturais (BRASIL, 1997). Também cabe ao homem formular definições apropriadas que visem obter o crescimento cultural, a qualidade de vida e o equilíbrio ambiental.

A narrativa sobre qualidade de vida reportado pelos PCN's é um ponto que merece destaque. O pensar em saúde converge para a modificação de comportamentos e hábitos, ou seja, manifesta-se uma proposta que se refere à educação para a saúde (BRASIL, 1997). Neste sentido, Neves e De Queiroz (2020) apontam que a educação possa contribuir como ferramenta para a saúde. Assim, ao advogar a inserção da temática da radiação solar na educação básica, poderá implicar num universo de reflexão e discussão em torno desta.

Sobre como proceder na abordagem deste assunto, Silva (2017) orienta uma sequência didática na forma de minicurso quanto ao ensino da radiação ultravioleta mediante sua interação com tecidos biológicos. Ainda segundo o autor, destacam-se as relevâncias motivacional e promissora “para a aprendizagem de fenômenos físicos (energia e fótons), químicos (ligações químicas) e biológicos (células, DNA e tecidos)”. Um outro aspecto que merece destaque por ser amplamente discutido no cenário atual, refere-se à destruição da camada de ozônio e os efeitos que essa destruição traz para o planeta Terra (KIRCHHOFF, 1995). Silva (2017) estabelece uma relação de interdisciplinaridade dos conteúdos da área de ciências (Física, Química

e Biologia) através do conceito de radiação ultravioleta.

Assim, articular propostas educadoras sobre radiação solar e seus efeitos aproxima o que se ensina em sala com o cotidiano dos mesmos, implicando diretamente nas questões comportamentais de modo a prevenir futuras lesões na pele.

5 CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

O I_{UV} no município de Humaitá durante o período observado (outubro de 2019 e setembro de 2020), apresentou maiores valores no inverno e depois na primavera. No verão e no outono os índices UV são considerados de ação moderada.

Com relação aos intervalos impróprios à exposição à R_{UV} , foi constatado que:

1. No período chuvoso

- Entre 7 e 9 h não há riscos à saúde devido a exposição à R_{UV} ;
- Entre 10 e 14 h sempre há riscos e, neste caso, requer sempre cuidados recomendáveis e indispensáveis, excluindo o mês de maio;
- Entre 15 e 17 h, há necessidade de precaução indispensável apenas no mês de outubro.

2. No período seco

- De 7 às 9 h não há riscos de desenvolver eritema;
- De 10 às 14 h, os níveis são extremos e impõem cuidados indispensáveis ao se expor à R_{UV} ;
- De 15 às 17 h também há, a necessidade de precauções quanto a exposição à radiação solar.

A população de Humaitá registra cerca de 68,60 % de indivíduos com fototipos V e, entre 2016 e 2020, 47 casos de câncer de pele não melanoma e apenas 2 melanomas. Desta forma, mesmo que a população em sua maioria manifeste características de fototipagem melano-protetido, ainda assim a prevalência de casos de câncer de pele existe e, os I_{UV} 's observados mostraram que há a necessidade de políticas públicas voltadas para campanhas de prevenção do câncer de pele.

Por fim, ficou claro que os estudantes da rede básica não conseguem definir radiação solar e que em sua maioria desconhecem os inerentes da exposição aos raios solares.

Portanto, este trabalho produziu informações relevantes para descrição da R_{UV} na região, viabilizando subsídios para políticas públicas direcionadas à prevenção do câncer de

pele no município. Também instiga a necessidade de apresentar a temática com maior ênfase nas escolas públicas da rede básica de ensino.

Espera-se que mais pesquisas sejam desenvolvidas nesta área temática e que alcance ainda mais lugares e, principalmente em localidades que necessitam de informações pontuais sobre esta variável, pois além de contribuir para a descrição da climatologia ela encerra contribuições relacionadas a saúde pública e educação voltada para a saúde.

REFERÊNCIAS

ALVES, P. V. et al. Uso do arduíno como um sistema alternativo para medir radiação solar global e práticas educacionais. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, SciELO Brasil, v. 42, 2020. Citado na página 31.

BRASIL, Ministério da Educação. Introdução aos parâmetros. **Brasília: Ministério da Educação**, 1997. Citado na página 57.

_____. **PCN+ Ensino médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais-Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. [S.l.]: MEC/SEMTEC Brasília, 2002. Citado na página 53.

BRASIL, Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular: educação é a base**. [S.l.]: MEC Brasília, DF, 2017. Citado 3 vezes nas páginas 28, 29 e 53.

BRASIL, Ministério da Saúde. Dicas em saúde. **Biblioteca Virtual em Saúde**, 2003. Disponível em: <<http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/dicas/34queimadura.html>>. Citado na página 50.

CAVALCANTE, S.; ELALI, G. A. **Temas básicos em psicologia ambiental**. [S.l.]: Editora Vozes Limitada, 2017. Citado 2 vezes nas páginas 27 e 28.

CHÉRON, E. J.; ZINS, M. **Recherche en marketing: méthodes et décisions**. [S.l.]: Chicoutimi, Québec: G. Morin, 1983. Citado na página 34.

CIE, International Commission on Illumination. A reference action spectrum for ultraviolet induced erythema in human skin. **CIE J.**, v. 6, p. 17–22, 1987. Citado na página 18.

DA SILVA, J. A. G. **Estimativa 2020: incidência de câncer no Brasil**. [S.l.]: Instituto Nacional de Câncer – INCA, Rio de Janeiro, 2020. Citado 5 vezes nas páginas 20, 24, 27, 35 e 51.

DA SILVA, P. F. K.; SCHWANTES, L. As radiações solares na educação básica: Uma análise dos documentos oficiais. **Revista REI**, v. 13, n. 27, p. 1–18, 2018a. Citado 2 vezes nas páginas 29 e 34.

_____. Radiações solares e a educação básica: a compreensão de discentes do ensino médio sobre a temática. **Revista ENCITEC**, v. 8, n. 3, p. 56–69, 2018b. Citado 2 vezes nas páginas 13 e 29.

DE OLIVEIRA, M. M. F. Radiação ultravioleta/índice ultravioleta e câncer de pele no brasil: condições ambientais e vulnerabilidades sociais. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 13, 2014. Citado 5 vezes nas páginas 13, 15, 18, 22 e 23.

DE OLIVEIRA, M. S. Estimativa 2018: incidência de câncer no brasil. **Revista Brasileira de Cancerologia**, v. 64, n. 1, p. 119–120, 2018. Citado 2 vezes nas páginas 12 e 27.

DE SOUZA, E. B.; KAYANO, M. T.; AMBRIZZI, T. Intraseasonal and submonthly variability over the eastern amazon and northeast brazil during the autumn rainy season. **Theoretical and Applied Climatology**, Springer, v. 81, n. 3-4, p. 177–191, 2005. Citado na página 42.

DENG, X. et al. Attenuation of ultraviolet radiation reaching the surface due to atmospheric aerosols in guangzhou. **Chinese Science Bulletin**, Springer, v. 57, n. 21, p. 2759–2766, 2012. Citado na página 43.

DIFFEY, B. L. Solar ultraviolet radiation effects on biological systems. **Physics in medicine & biology**, IOP Publishing, v. 36, n. 3, p. 299, 1991. Citado 3 vezes nas páginas 16, 17 e 18.

_____. Sources and measurement of ultraviolet radiation. **Methods**, Elsevier, v. 28, n. 1, p. 4–13, 2002. Citado na página 15.

DIFFEY, B. L. et al. The standard erythema dose: a new photobiological concept. **Photodermatology, photoimmunology & photomedicine**, Wiley Online Library, v. 13, n. 1-2, p. 64–66, 1997. Citado 8 vezes nas páginas 19, 22, 26, 27, 32, 33, 48 e 49.

ESCOBEDO, J. F. et al. Ratios of uv, par and nir components to global solar radiation measured at botucatu site in brazil. **Renewable Energy**, Elsevier, v. 36, n. 1, p. 169–178, 2011. Citado na página 15.

FIOLETOV, V.; KERR, J. B.; FERGUSON, A. The uv index: definition, distribution and factors affecting it. **Canadian journal of public health**, Springer, v. 101, n. 4, p. I5–I9, 2010. Citado na página 19.

FISCH, G. Camada limite amazônica: aspectos observacionais e de modelagem. **Revista Brasileira de Geofísica**, SciELO Brasil, v. 17, n. 1, p. 85–86, 1999. Citado na página 42.

FISCH, G. et al. Análise da variabilidade diária da precipitação em área de pastagem para a época chuvosa de 1999-projeto trmm/lba. **Acta Amazonica**, SciELO Brasil, v. 30, n. 4, p. 629–629, 2000. Citado 2 vezes nas páginas 40 e 41.

FITZPATRICK, T. B.; BOLOGNIA, J. L. Melanin: its role in human photoprotection. **Overland Park, KS: Valdenmar Publishing Co**, p. 177–182, 1995. Citado 3 vezes nas páginas 27, 33 e 49.

FULMORE, J. S. et al. Sun protection education for healthy children. **Childhood Education**, Taylor & Francis Ltd., v. 85, n. 5, p. 293, 2009. Citado 2 vezes nas páginas 13 e 27.

GAN, M. A.; KOUSKY, V. E.; ROPELEWSKI, C. F. The south america monsoon circulation and its relationship to rainfall over west-central brazil. **Journal of climate**, v. 17, n. 1, p. 47–66, 2004. Citado 2 vezes nas páginas 38 e 39.

GIES, P. et al. Review of the global solar uv index 2015 workshop report. **Health physics**, Wolters Kluwer Health, v. 114, n. 1, p. 84, 2018. Citado 11 vezes nas páginas 13, 19, 20, 32, 33, 44, 45, 46, 47, 48 e 50.

GIES, P.; WRIGHT, J. Measured solar ultraviolet radiation exposures of outdoor workers in queensland in the building and construction industry. **Photochemistry and photobiology**, Wiley Online Library, v. 78, n. 4, p. 342–348, 2003. Citado na página 33.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. [S.l.]: 6. ed. Editora Atlas SA, 2008. Citado na página 34.

GODAR, D. E. Uv doses worldwide. **Photochemistry and photobiology**, Wiley Online Library, v. 81, n. 4, p. 736–749, 2005. Citado na página 20.

GÓMEZ, J. M. et al. Irradiância solar: conceitos básicos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, SciELO Brasil, v. 40, n. 3, 2018. Citado na página 52.

GRIMM, I. J. et al. Interdisciplinaridade e práticas pedagógicas no ecodesenvolvimento: Análise da experiência da microbacia do rio sagrado, morretes, pr. **Ambiente & Sociedade**,

Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade, v. 18, n. 1, p. 121–140, 2015. Citado 2 vezes nas páginas 28 e 53.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico**. 2010. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/3175#resultado>>. Citado na página 49.

ICNIRP, International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Guidelines on limits of exposure to ultraviolet radiation of wavelengths between 180 nm and 400 nm (incoherent optical radiation). **Health Physics**, LWV, v. 87, n. 2, p. 171–186, 2004. Citado 6 vezes nas páginas 12, 15, 16, 18, 19 e 50.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas do Brasil 1961–1990**. [S.l.], 2009. Citado na página 31.

INPE, INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Queimadas e Incêndios Florestais - Monitoramento Orbital e Risco de Fogo**. 2020. Disponível em: <http://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal-static/estatisticas_estados/>. Citado na página 43.

_____. **Radiação UV e Saúde Humana**. 2020. Disponível em: <<http://satelite.cptec.inpe.br/uv/>>. Citado 10 vezes nas páginas 13, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26 e 50.

IQBAL, M. **An introduction to solar radiation**. [S.l.]: Academic Press, 1983. Citado na página 17.

ITALIA, N.; REHFUESS, E. A. Is the global solar uv index an effective instrument for promoting sun protection? a systematic review. **Health education research**, Oxford University Press, v. 27, n. 2, p. 200–213, 2012. Citado na página 20.

JUCHEM, P. et al. Riscos à saúde da radiação ultravioleta. **Revista Brasileira de Cirurgia Plástica**, Revista Brasileira de Cirurgia Plástica, v. 13, n. 2, p. 31–60, 2001. Citado na página 50.

KIRCHHOFF, V. W. J. H. **Ozônio e radiação UV-B**. [S.l.]: Transtec, 1995. Citado 4 vezes nas páginas 16, 20, 35 e 57.

KIRCHHOFF, V. W. J. H. et al. A variação sazonal da radiação ultravioleta solar biologicamente ativa. **Brazilian Journal of Geophysics**, SciELO Brasil, v. 18, n. 1, p. 63–74, 2000. Citado 2 vezes nas páginas 16 e 17.

KUMAR, H. D.; HÄDER, D. P. **Global aquatic and atmospheric environment**. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2012. Citado 5 vezes nas páginas 16, 17, 18, 19 e 27.

KYLLING, A. et al. Effect of aerosols on solar uv irradiances during the photochemical activity and solar ultraviolet radiation campaign. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, Wiley Online Library, v. 103, n. D20, p. 26051–26060, 1998. Citado na página 43.

LINDOSO, D. P. Vulnerabilidade e resiliência: potenciais, convergências e limitações na pesquisa interdisciplinar. **Ambiente & Sociedade**, v. 20, n. 4, p. 131–148, 2017. Citado 3 vezes nas páginas 28, 33 e 49.

LIU, K. N. **An introduction to atmospheric radiation**. [S.l.]: Elsevier, 2002. Citado 2 vezes nas páginas 17 e 18.

LOPO, A. B. et al. Radiação ultravioleta, ozônio total e aerossóis na cidade de Natal-RN. **HOLOS**, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, v. 6, p. 3–21, 2013. Citado na página 20.

LYON, F. Iarc monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. **Some industrial chemicals**, v. 60, p. 389–433, 1994. Citado na página 12.

MARTINS, P. A. da S. Normais climatológicas, balanço hídrico e classificação climática para a mesorregião sul do Amazonas. Universidade Federal do Amazonas, 2019. Citado na página 30.

MARTINS, P. A. da S. et al. Verificação da turbidez atmosférica em Humaitá-AM. **EDUCamazônia**, Grupo de Investigação Relação Educativa e Aprendizagem. Universidade Federal do Amazonas, v. 12, n. 1, p. 86–98, 2014. Citado 2 vezes nas páginas 31 e 39.

MAUCERI, S. et al. Revision of the sun's spectral irradiance as measured by sorce sim. **Solar Physics**, Springer, v. 293, n. 12, p. 161, 2018. Citado 4 vezes nas páginas 12, 24, 25 e 26.

MIRANDA, A. M. O.; FERRARI, T. M.; CALANDRO, T. L. L. Queilite actínica: Aspectos clínicos e prevalência encontrados em uma população rural do interior do Brasil. **Saúde e Pesquisa**, v. 4, n. 1, 2011. Citado na página 51.

MOAN, J. et al. Solar radiation, vitamin d and survival rate of colon cancer in Norway. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, Elsevier, v. 78, n. 3, p. 189–193, 2005. Citado 3 vezes nas páginas 12, 16 e 22.

NEVES, F. H. G.; DE QUEIROZ, P. P. O ensino de ciências e a saúde: por uma docência intercultural e crítico-reflexiva na escola básica. **Ciência & Educação (Bauru)**, SciELO Brasil, v. 26, 2020. Citado na página 57.

OKUNO, E.; VILELA, M. A. C. **Radiação ultravioleta: características e efeitos**. [S.l.]: Editora Livraria da Física, 2005. Citado 8 vezes nas páginas 16, 17, 18, 21, 33, 46, 47 e 48.

PAULIQUEVIS, T. et al. O papel das partículas de aerossol no funcionamento do ecossistema amazônico. **Ciência e Cultura**, Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, v. 59, n. 3, p. 48–50, 2007. Citado na página 43.

PEDREIRA JUNIOR, A. L. et al. Variabilidade horária e intensidade sazonal da precipitação no município de Humaitá-AM. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 22, 2018. Citado 4 vezes nas páginas 38, 39, 40 e 41.

PÉREZ, L. R.; ESCUDERO, M. G. Radiación solar y percepción de riesgo sobre cáncer de piel, un tema para reflexionar. **MULTIMED**, v. 23, n. 3, p. 452–456, 2019. Citado na página 13.

PROCOPIO, A. S. et al. Multiyear analysis of amazonian biomass burning smoke radiative forcing of climate. **Geophysical Research Letters**, Wiley Online Library, v. 31, n. 3, 2004. Citado na página 43.

SBD, SOCIEDADE BRASILEIRA DE DERMATOLOGIA. **Câncer da Pele: pintas que mudam de cor, tamanho e formato são alerta**. 2017. Disponível em: <<http://www.sbd.org.br/dezembroLaranja/noticias/cancer-de-pele-pintas-que-mudam-de-cor-tamanho-e-formato-sao-alerta/>>. Citado 3 vezes nas páginas 24, 25 e 26.

SGARDI, F. C.; CARMO, E. D. do; ROSA, L. F. B. Radiação ultravioleta e carcinogênese. **Revista de Ciências Médicas**, v. 16, n. 4/6, 2012. Citado na página 20.

SILVA, W. C. Radiação ultravioleta: inserção de física moderna no ensino médio por meio de efeitos biológicos da radiação uv. 2017. Citado na página 57.

TEAM, R Core. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. Vienna, Austria, 2019. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>. Citado 2 vezes nas páginas 32 e 34.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. publ. **Climatology-Drexel Inst. of Tech., Lab. of Clim**, v. 8, n. 1, p. 104, 1955. Citado na página 30.

VECCHIA, P. et al. **Protecting workers from ultraviolet radiation**. [S.l.]: International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection . . . , 2007. Citado 4 vezes nas páginas 21, 22, 24 e 27.

WHO, World Health Organization. **Global solar UV index: a practical guide**. [S.l.], 2002. Citado 10 vezes nas páginas 16, 19, 33, 43, 44, 45, 46, 47, 48 e 50.

_____. **Sun protection: An essential element of health-promoting schools**. [S.l.], 2002. Citado na página 13.

_____. **Sun Protection and Schools. How to Make a Difference**. [S.l.]: World Health Organization Geneva, 2003. Citado na página 27.

YAMAMOTO, A. L. C.; CORRÊA, M. P.; CCOYLLO, O. R. S. Avaliação e análise da série temporal de radiação uv coletadas em diferentes cidades peruanas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, SciELO Brasil, v. 33, n. 2, p. 298–305, 2018. Citado na página 17.

YOUNG, A. R.; CLAVEAU, J.; ROSSI, A. B. Ultraviolet radiation and the skin: Photobiology and sunscreen photoprotection. **Journal of the American Academy of Dermatology**, Elsevier, v. 76, n. 3, p. S100–S109, 2017. Citado na página 25.

APÊNDICES

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO

Ministério da Educação – MEC
Universidade Federal do Amazonas – UFAM
Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente - IEAA



Nome Fictício: _____

1) O que você entende por Radiação Solar?

2) Em algum momento você lembra de ter estudado sobre Radiação Solar? Se sim, foi no ensino fundamental ou no ensino médio?

3) Você lembra de ter ouvido falar sobre Radiação Solar em algum meio de comunicação? Se sim, qual?

4) Em sua concepção, a Radiação Solar faz bem ou mal para saúde?
