



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**

# **Avaliação dos coeficientes de nebulosidade aplicados à radiação ultravioleta**

Bryan Nickolas da Costa Farias

Relatório de iniciação científica do programa  
PIBIC, orientado por Dra. Simone Sievert  
Coelho e Msc. Hallan de Souza de Jesus.

INPE

São José dos Campos

2022

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus orientadores pela oportunidade e pelo excelente acompanhamento que deram a mim durante o desenvolvimento deste trabalho. Agradeço ao CNPq pela oportunidade e pela bolsa. E por último agradeço aos meus pais e minha namorada que nunca me deixaram desanimar neste tempo de pesquisa e desenvolvimento do projeto.

## RESUMO

A dinâmica e variabilidade das propriedades físicas de nuvens atmosféricas são fontes de desvios significativos entre observações e simulações de modelos computacionais em operação. Uma simplificação do impacto das nuvens no espectro do ultravioleta é inserida na equação de transferência radiativa a fim de diminuir o custo computacional desses modelos. Neste sentido, este trabalho buscou avaliar as parametrizações dessa simplificação através do Cloud Modification Factor (CMF). Inicialmente, a parametrização utilizada foi proposta para a cidade de São Paulo e este trabalho buscou avaliar sua significância para outras duas cidades em regiões distintas, Ilhéus (BA) e Itajubá (MG). A fonte dos dados utilizados são: Informações do canal 1 (visível) do satélite GOES-13 (Geostationary Operational Environmental Satellite), estimativas do modelo UVSIM (UltraViolet Simplified Model) para a radiação ultravioleta na condição de céu claro, classificação de nuvens de acordo com o produto classificador de nuvens e observações radiométricas à superfície. Os resultados indicam que o aprimoramento nas estimativas do CMF não foi significativo. Ajustes nos coeficientes da parametrização são necessários para a descrição regional dessas classes de nuvens. A sugestão é utilizar as observações à superfície para tais ajustes.

**Palavras-chave:** Nuvens, Ultravioleta, CMF

## LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
<b>Figura 1</b> - Níveis do Índice Ultravioleta (IUV).....	5
<b>Figura 2</b> - Estimativas do IUV realizadas pelo UVSIM. <i>a)</i> na condição de céu claro; <i>b)</i> na presença de nuvens.....	7
<b>Figura 3</b> - Avaliação dos CMF parametrizados para as cidades de Itajubá (a) e Ilhéus (B).....	10

## SUMÁRIO

	<b><u>Pág.</u></b>
1. Introdução.....	5
2. Desenvolvimento.....	7
3. Conclusão.....	10
Referências.....	11

## 1. INTRODUÇÃO

A radiação ultravioleta (R-UV) é aproximadamente 7% da radiação emitida pelo sol e compreende no espectro eletromagnético a faixa definida entre os comprimentos de onda de 100-400 nanômetros. Dentro destes comprimentos de onda, costuma-se dividir a R-UV em 3 partes: UV-C (100-280 nm); UV-B (280-315 nm) e UV-A (315-400 nm). Sendo a UV-C a mais potencialmente perigosa e com maior nível de energia, porém, esta é completamente absorvida pelo ozônio e oxigênio a 30 km de altitude. A UV-B tem maior parte de sua radiação absorvida pelo ozônio, porém um pouco ainda alcança a superfície terrestre. Já a UV-A é muito pouco absorvida pela atmosfera, tendo sua maior parte como destino final a superfície terrestre.

CATEGORIA	ÍNDICE ULTRAVIOLETA
BAIXO	< 2
MODERADO	3 a 5
ALTO	6 a 7
MUITO ALTO	8 a 10
EXTREMO	> 11

Fonte: CPTEC (2014)

**Figura 1** - Níveis do Índice Ultravioleta (IUV)

A importância da radiação UV na superfície terrestre é percebida por ser vital em diversos processos fotoquímicos como catalisação de reações químicas, aquecimento da atmosfera terrestre e benefícios à saúde como síntese de vitamina D3 nos organismos humanos. A fim de alertar a população sobre os riscos à saúde e a quantidade de radiação solar que chega à superfície terrestre, é divulgado um índice junto a previsão do tempo. Este índice é o índice ultravioleta (IUV), que no Brasil é gerado pelo modelo computacional UVSIM (UltraViolet Simplified Model) em operação no INPE desde 2006. Dividido em 5 faixas que compreendem os valores entre 0 e +11, o índice passa desde valores baixos, a moderados, altos, muito altos e extremos. Sendo os níveis baixo e moderado, os de menor necessidade de maiores precauções.

Uma pequena exposição (dependendo de vários parâmetros como: Altitude; ângulo zenital; constituintes absorvedores na atmosfera e a área exposta da pele), é essencial para sintetizar na pele 25(OH)D<sub>3</sub>, uma espécie de estoque de vitamina D; um hormônio necessário para a regulação do metabolismo de cálcio, da síntese óssea, regulação da imunidade e controle da diferenciação celular e proliferação (McKenzie et al., 2009).

Por outro lado, superexposição à radiação UV leva a inúmeros problemas oftalmológicos (catarratas, queratites, degeneração macular) ou dermatológicas (queimaduras de sol, fotoenvelhecimento, cânceres melanoma, imunossupressão) (Jegou et al 2011).

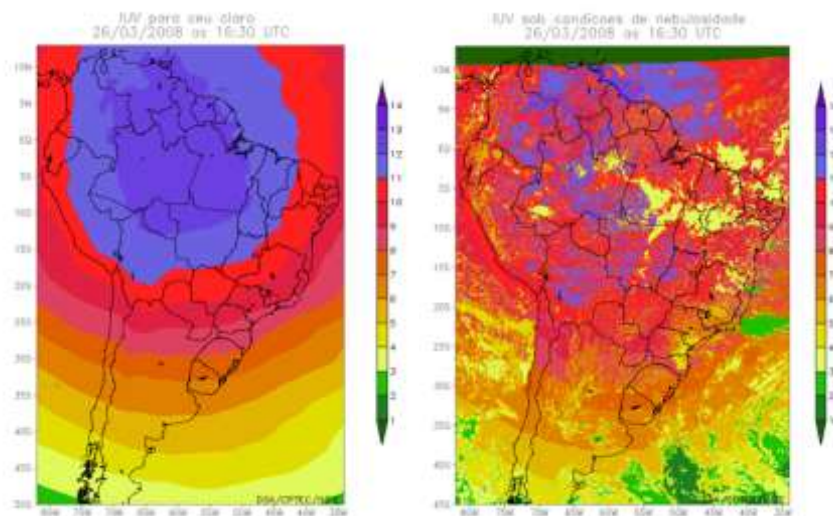
O surgimento destes cânceres está relacionado ao dano que a radiação provoca nas células epiteliais. Os novos casos de cânceres de pele têm aumentado drasticamente desde os anos 80 e no Brasil, os tipo não-melanoma, tipo menos agressivo, já somam 120 000 novos casos a cada ano.

A radiação ultravioleta, antes de chegar à superfície terrestre, ainda pode sofrer alguns efeitos causados por um agente importante: as nuvens. O destaque desse trabalho é justamente o impacto das nuvens nos seus diversos tipos na análise da radiação ultravioleta. Durante o desenvolvimento deste trabalho, foram utilizadas equações parametrizadas referentes aos diversos tipos obtidos na cidade de São Paulo e estas foram aplicadas em duas cidades com aspectos geográficos distintos: Itajubá e Ilhéus.

## 2. DESENVOLVIMENTO

Inicialmente, considera-se as origens das informações utilizadas neste trabalho. São elas:

- IUV para céu claro (IUVceu) - estimativa realizada pelo modelo UVSIM tendo uma resolução espacial de  $0,04^\circ$ . Esta informação é obtida considerando os dados da coluna total de ozônio do NCEP (National Centers for Environmental Prediction) no dia da estimativa e Aerosol Optical Depth (AOD) = 0,2;



**Figura 2** - Estimativas do IUV realizadas pelo UVSIM. *a)* na condição de céu claro; *b)* na presença de nuvens.

- IUV na presença de nuvens (IUVnuvem) - uma vez realizada a estimativa do IUV para céu claro, analisa-se a classe de nuvem na presença do pixel conforme o Classificador de Nuvens. Para cada classe de nuvem há um coeficiente de atenuação associado, chamado de Cloud Modification Factor (CMF). A avaliação dos CMF é o objetivo deste trabalho;
- Classificação de Nuvens - modelo operacional no CPTEC (Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos) utiliza os canais de observações do satélite GOES para determinar as texturas das nuvens a fim de obter as classes de nuvens: cúmulos, cirrus, estratos, multicamadas e sem nuvem;



- Refletância observada pelo GOES-13 - informações do canal 1, comprimento de onda 0,64  $\mu\text{m}$ , resolução espacial de 4 km x4 km e resolução temporal de 30 minutos;
- Observações do IUV à superfície - medidas de IUV observadas à superfície nas duas localidades de interesse e realizada por um biômetro. Graças ao professor Dr. Marcelo de Paula Corrêa, UNIFEI (Universidade Federal de Itajubá) este trabalho foi realizado numa parceria de pesquisa.

A extração das informações espaciais ocorreu nas localizações geográficas das estações radiométricas a fim de obter o conjunto de dados de análises (IUV céu claro, IUV com nuvens, refletância, observação e classe de nuvem). De acordo com uma análise estatística e eliminação de outliers, realizou-se a avaliação dos CMF para as classes de nuvens. Ressalta-se que o CMF é obtido através da razão entre o IUVnuvem e IUVcéu:

$$CMF = \frac{IUV_{nuvem}}{IUV_{ceu}} \quad \text{Equação 1}$$

Na análise do CMF deste estudo, o IUVnuvem foi substituído pelo IUV observado (IUVobs) nas estações radiométricas. Ficando da seguinte forma:

$$CMF = \frac{IUV_{obs}}{IUV_{ceu}} \quad \text{Equação 2}$$

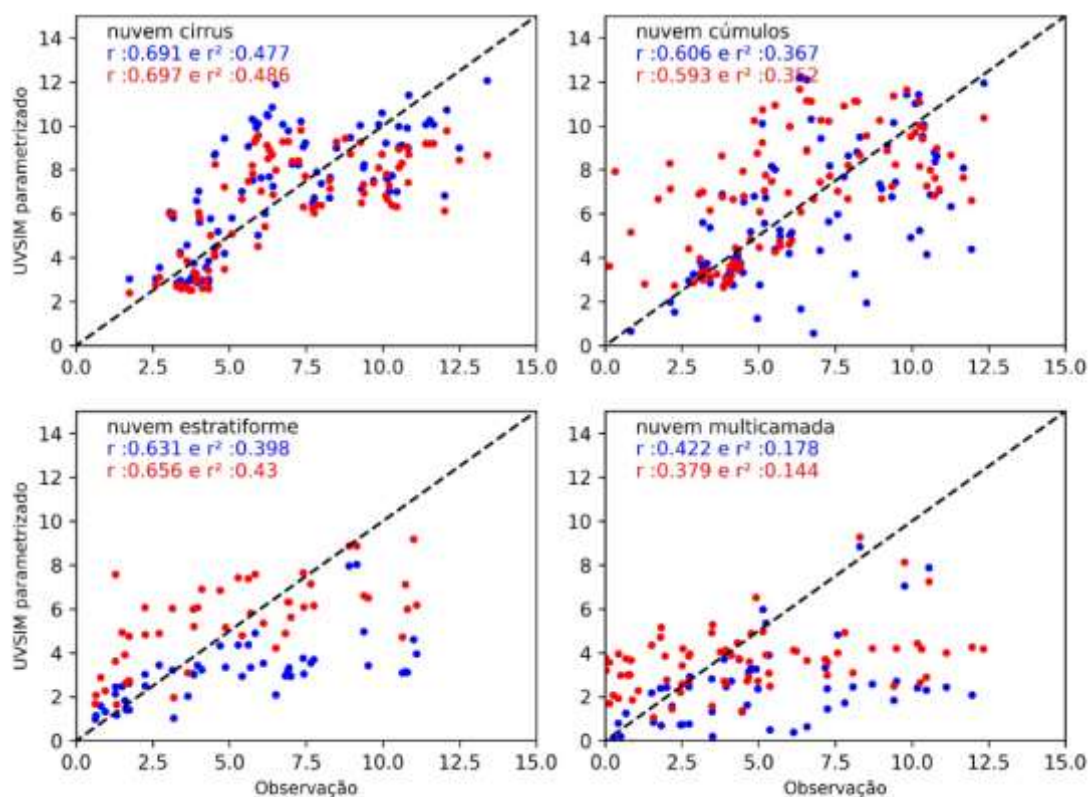
Este estudo buscou avaliar a parametrização obtida por Jesus (2015) em que utiliza-se a refletância observada por satélite para determinar os CMF das classes de nuvens. Tais parametrizações são:

**Tabela 1** - Parametrização do CMF realizada com as observações da refletância do GOES-13 (Jesus, 2015).

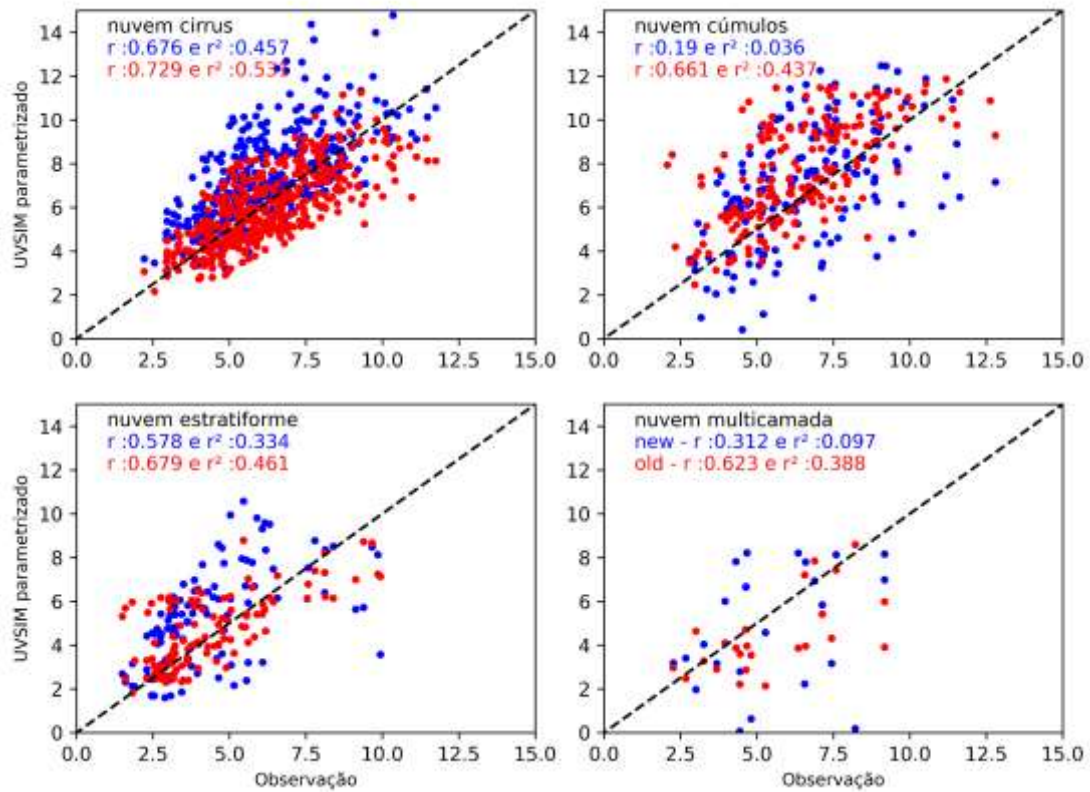
Cloud	CMF(operational)	CMF(parametrized)	r	N
<i>Cirrus</i>	0.896	$CMF = 8.035 \cdot R_{ch1}^2 - 4.164 \cdot R_{ch1} + 1.33$	0.97	181
<i>Cumulus</i>	0.726	$CMF = -3.682 \cdot R_{ch1}^2 - 0.125 \cdot R_{ch1} + 1.068$	0.92	180
<i>Stratus</i>	0.50	$CMF = 1.638 \cdot R_{ch1}^2 - 2.472 \cdot R_{ch1} + 1.18$	0.91	100
<i>Deep</i>	0.36	$CMF = -1.55 \cdot R_{ch1} + 1.16$	0.93	72
<i>All Cloud</i>	—	$CMF = -1.55 \cdot R_{ch1} + 1.15$	0.95	533

Não houve ganhos significativos na descrição do impacto das nuvens descritas pelas parametrizações dos CMFs, ou seja, os resultados mostram que essas equações não podem ser aplicadas às localidades estudadas. Para Itajubá (MG), apenas as classes cúmulos e multicamadas que aumentaram o coeficiente de determinação ( $r^2$ ) e de forma não significativa. Para Ilhéus (BA), nenhuma classe teve um aperfeiçoamento no  $r^2$  (figuras abaixo).

a)



b)



**Figura 3** - Avaliação dos CMF parametrizados para as cidades de Itajubá (a) e Ilhéus (B).

### 3. CONCLUSÃO

Os resultados indicam que há a necessidade de ajustes nas parametrizações, uma vez que elas foram realizadas para a cidade de São Paulo. Neste sentido, mostrou-se neste trabalho que há uma dependência local, ou regional, para a realização destas análises.

## **REFERÊNCIAS**

(Jegou et al 2011).

McKenzie et al., 2009

Jesus, H. S.; Estudo Teórico E Observacional Dos Efeitos Da Nebulosidade Na Radiação Ultravioleta. Orientadora: Dra. Simone Marilene Sievert da Costa Coelho. – São José dos Campos : INPE, 2015.