

**“12º Seminário de Comemoração do Dia Internacional de
Proteção da Camada de Ozônio: 20 anos do Protocolo de Montreal (1987-2007)
04 de setembro de 2007 – Anfiteatro Augusto Rusch – São Paulo/SP**

Ozônio, Radiação UV e Saúde: Um panorama das pesquisas mais recentes realizadas no país

Prof. Dr. Marcelo de Paula Corrêa

Instituto de Recursos Naturais

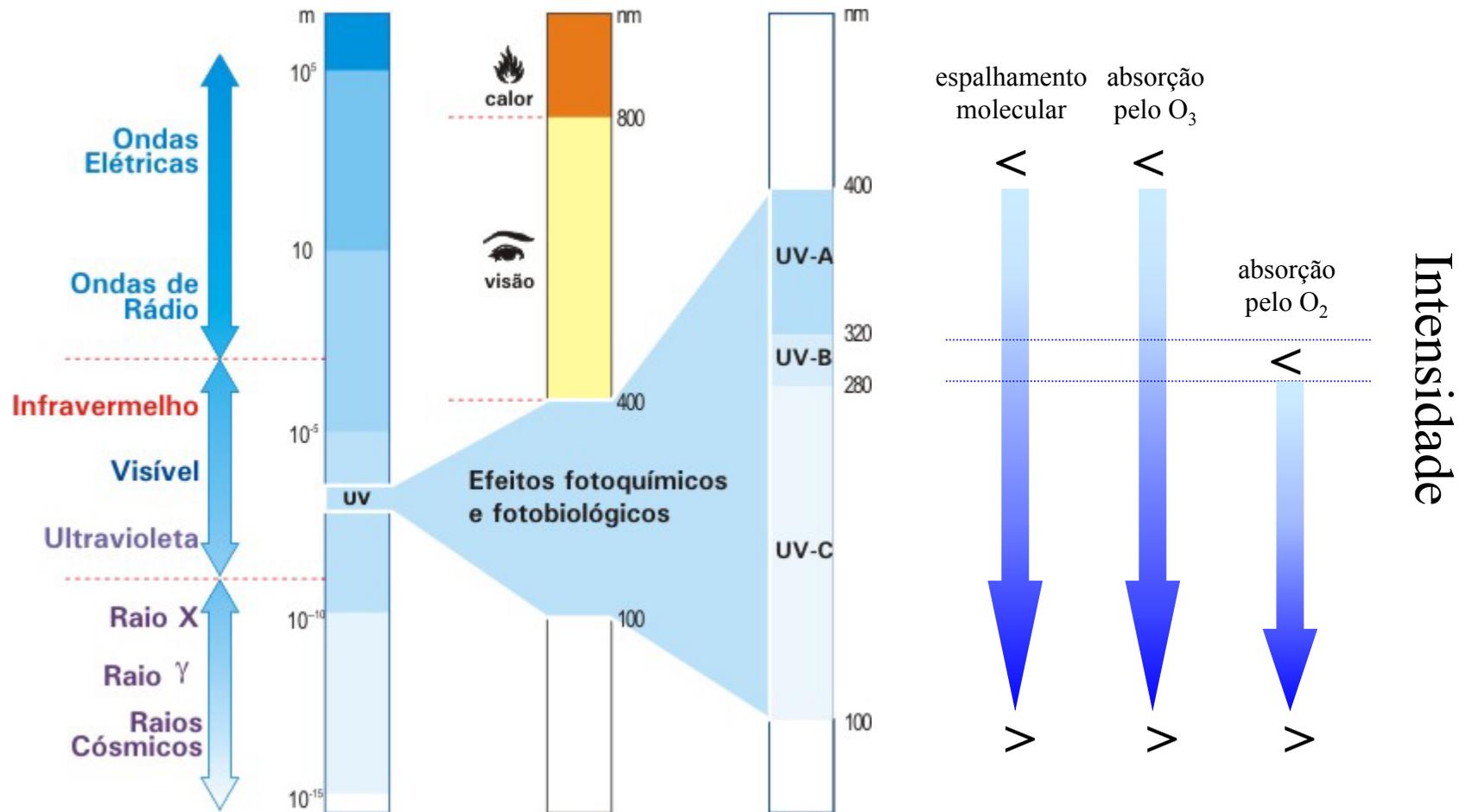
Universidade Federal de Itajubá / MG



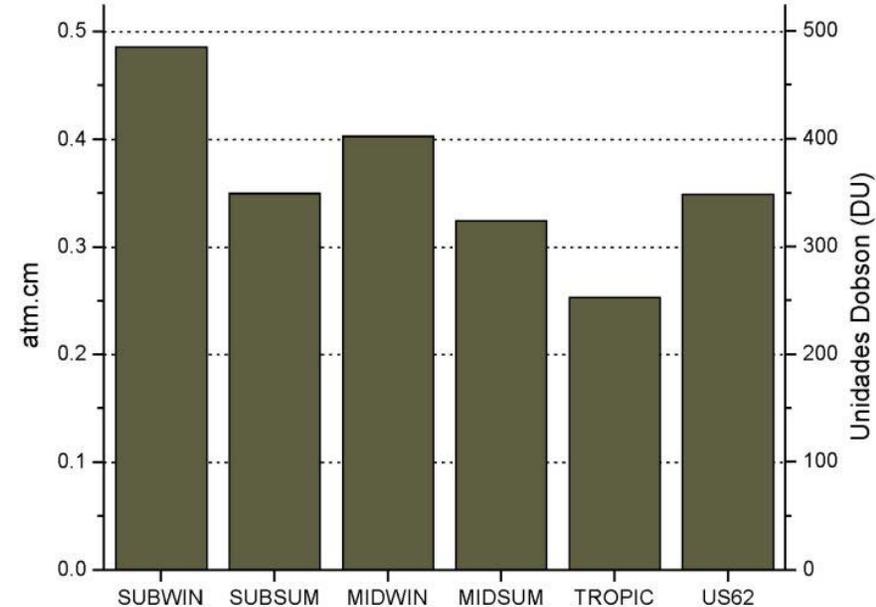
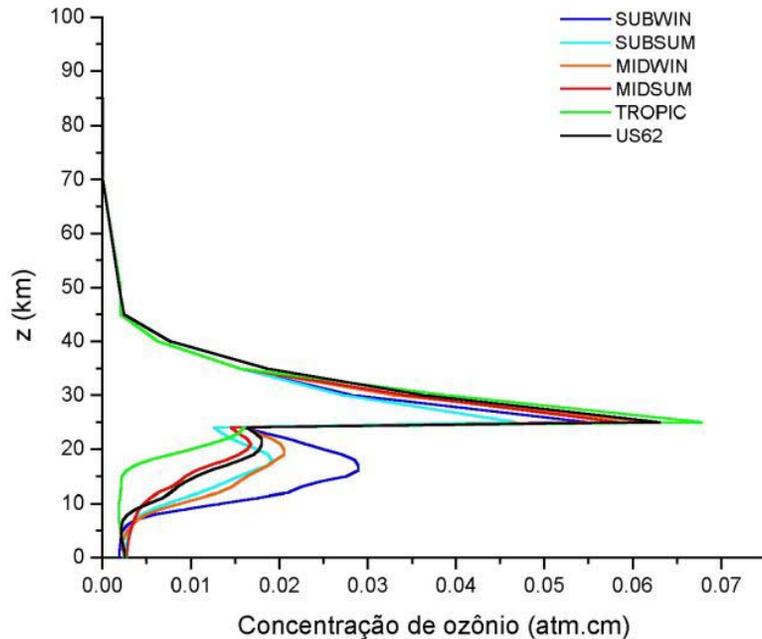
O Ozônio (O_3)

- do grego *ozein* = cheiro
- detectado pela 1ª vez por *C.F. Schönbein* em meados do séc. XIX
- gás reativo e oxidante produzido naturalmente na atmosfera terrestre
- Nos últimos 30 anos constatou-se que a emissão excessiva de substâncias antropogênicas poderiam ter um papel fundamental na depleção do ozônio estratosférico e, ironicamente, também exercerem papel relevante no aumento da concentração do ozônio troposférico

Espectro eletromagnético: A região UV



O Ozônio (O_3) distribuição



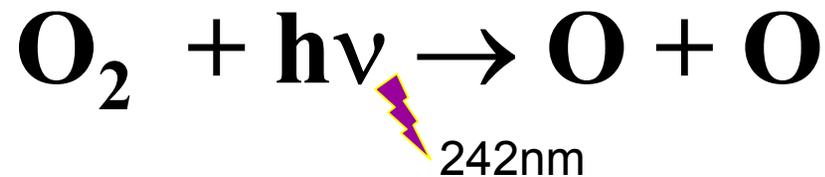
Unidades Dobson (DU):

Um DU é a espessura, medida em unidades de centésimos de milímetro, que a coluna de ozônio poderia ocupar, a temperatura e pressão padrão (273K e 1 atm). Nestas condições, se todo o ozônio da atmosfera fosse compactado próximo a superfície terrestre, seria possível obter somente uma camada de 3mm de espessura.

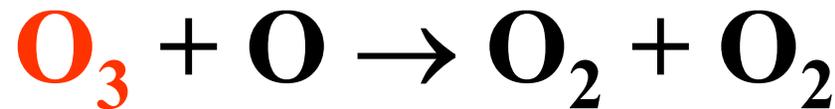
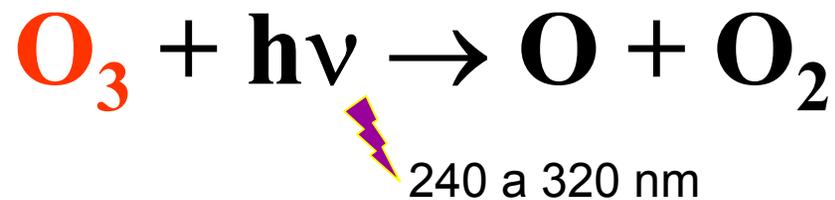
$$1 \text{ DU} = 10^{-3} \text{ atm.cm} \approx 2,69 \cdot 10^{16} \text{ moléculas.cm}^{-2}$$

O Ozônio (O_3)

formação/destruição: o ciclo de Chapman



FORMAÇÃO
DO OZÔNIO



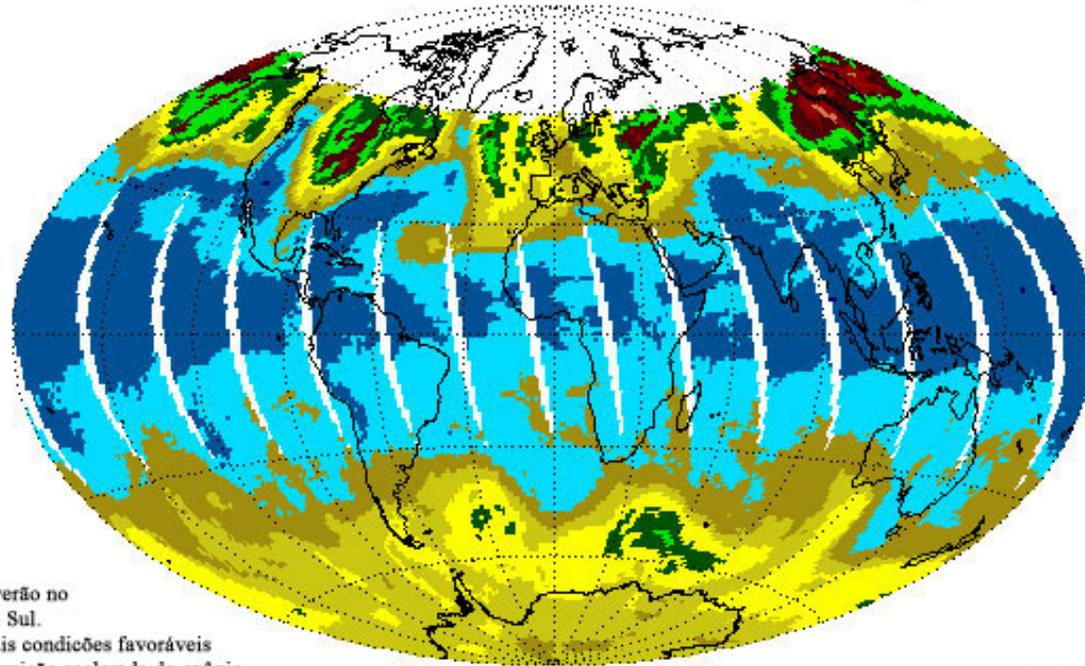
DESTRUIÇÃO
DO OZÔNIO

O Ozônio (O_3)

formação/destruição: o ciclo de Chapman

EP/TOMS

Conteúdo Total de Ozônio (21 de dezembro de 2000)



Início do verão no hemisfério Sul.
Não há mais condições favoráveis para a destruição acelerada do ozônio



Dobson Units

GSFC/916



GEN:361/2000

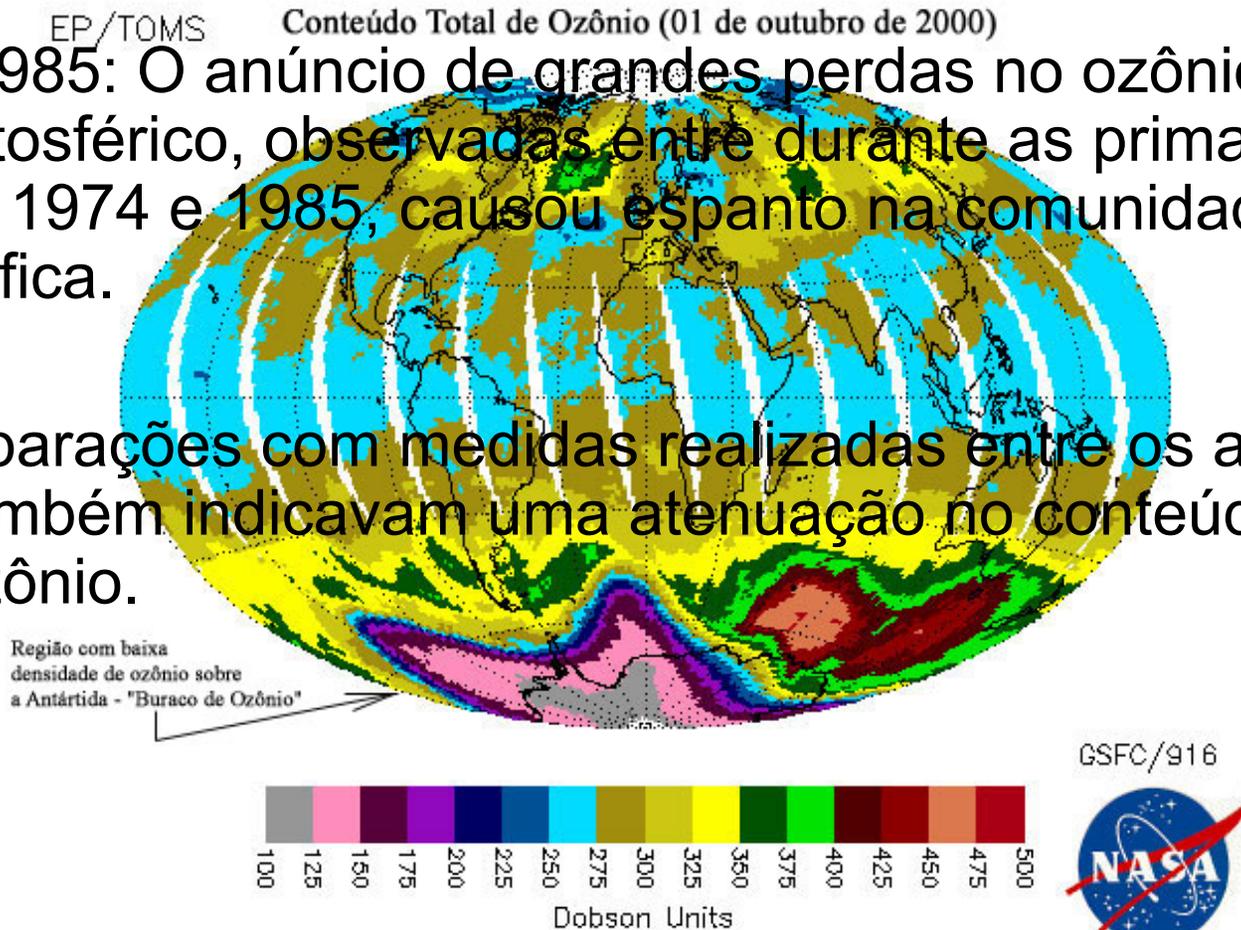
O Ozônio (O_3)

formação/destruição: o ciclo de Chapman

- A produção de ozônio é **maior** em regiões equatoriais.
- Entretanto, regiões de grande concentração de ozônio não coincidem com regiões de alta taxa de formação.
- **Taxas de produção** são altas no equador e acima de 40km de altitude, ao passo que os **picos de concentração** de ozônio se concentram em latitudes mais altas.

O “buraco” na camada de ozônio

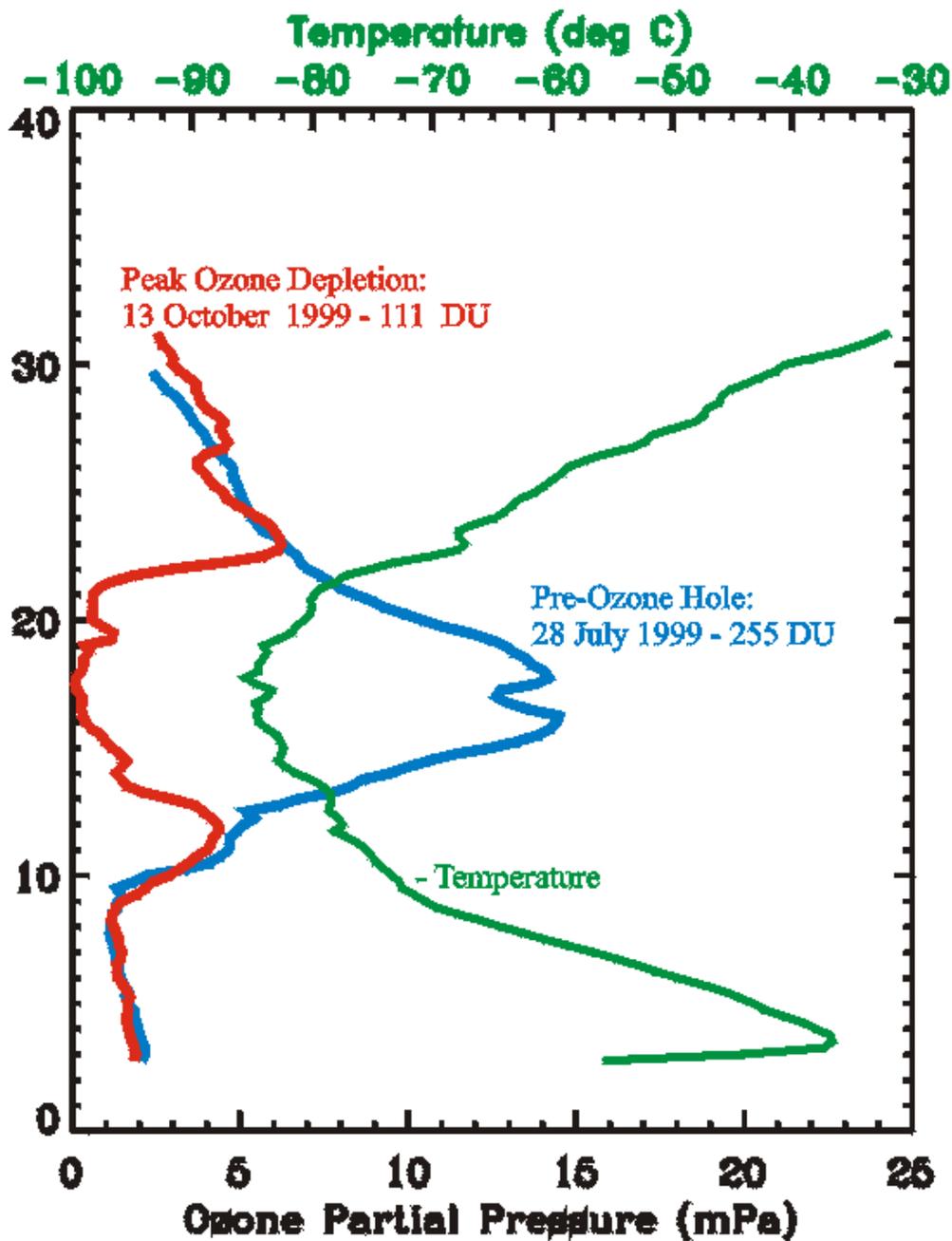
- Em 1985: O anúncio de grandes perdas no ozônio estratosférico, observadas durante as primaveras entre 1974 e 1985, causou espanto na comunidade científica.
- Comparações com medidas realizadas entre os anos 50 e 60 também indicavam uma atenuação no conteúdo médio de ozônio.



GEN:277/2000

Distribuição de ozônio na atmosfera terrestre

NOAA/OMDU South Pole Ozoneprobe Data



Teorias sobre o “buraco”

1.) Teoria Dinâmica (Stolarski, 1988)

Propõe que a circulação atmosférica sobre a Antártida mudou de tal modo que o ar da troposfera, onde há baixa concentração de ozônio, é levado para a baixa estratosfera e, conseqüentemente, reduções dos níveis de ozônio são observadas;

2.) Teoria do Óxido de Nitrogênio (Callis e Natarajan, 1986)

Refere-se ao aumento de NO_x produzido pelos efeitos fotoquímicos após um período crítico de aparecimento de manchas solares (1979). A presença excessiva de NO_x seria o responsável pela destruição excessiva de ozônio.

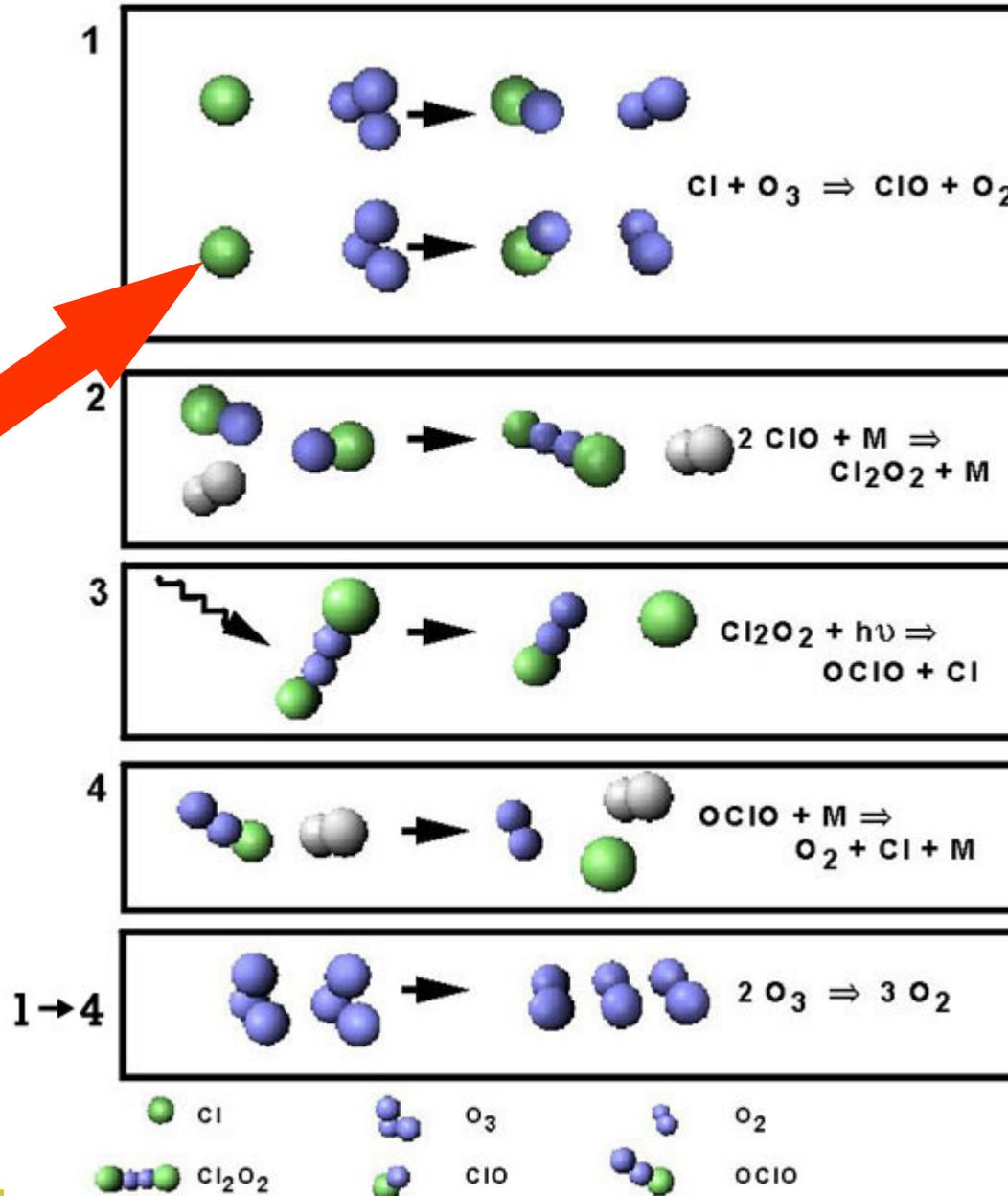
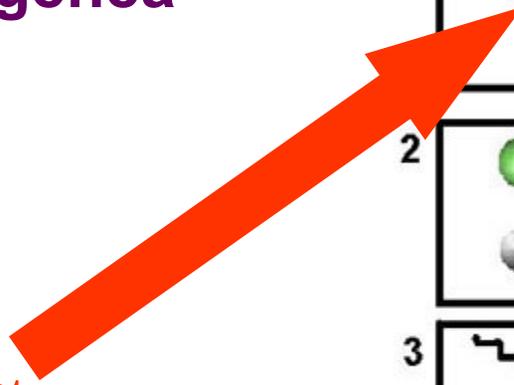
3.) Teoria da Química Heterogênea (Tung et al., 1986)

Reações fotoquímicas que ocorrem na superfície de partículas minúsculas presentes em nuvens formadas em condições extremamente frias do inverno polar (**PSC** – do inglês “Polar Stratospheric Clouds”), são responsáveis por uma cadeia de reações que culminem na destruição do ozônio.

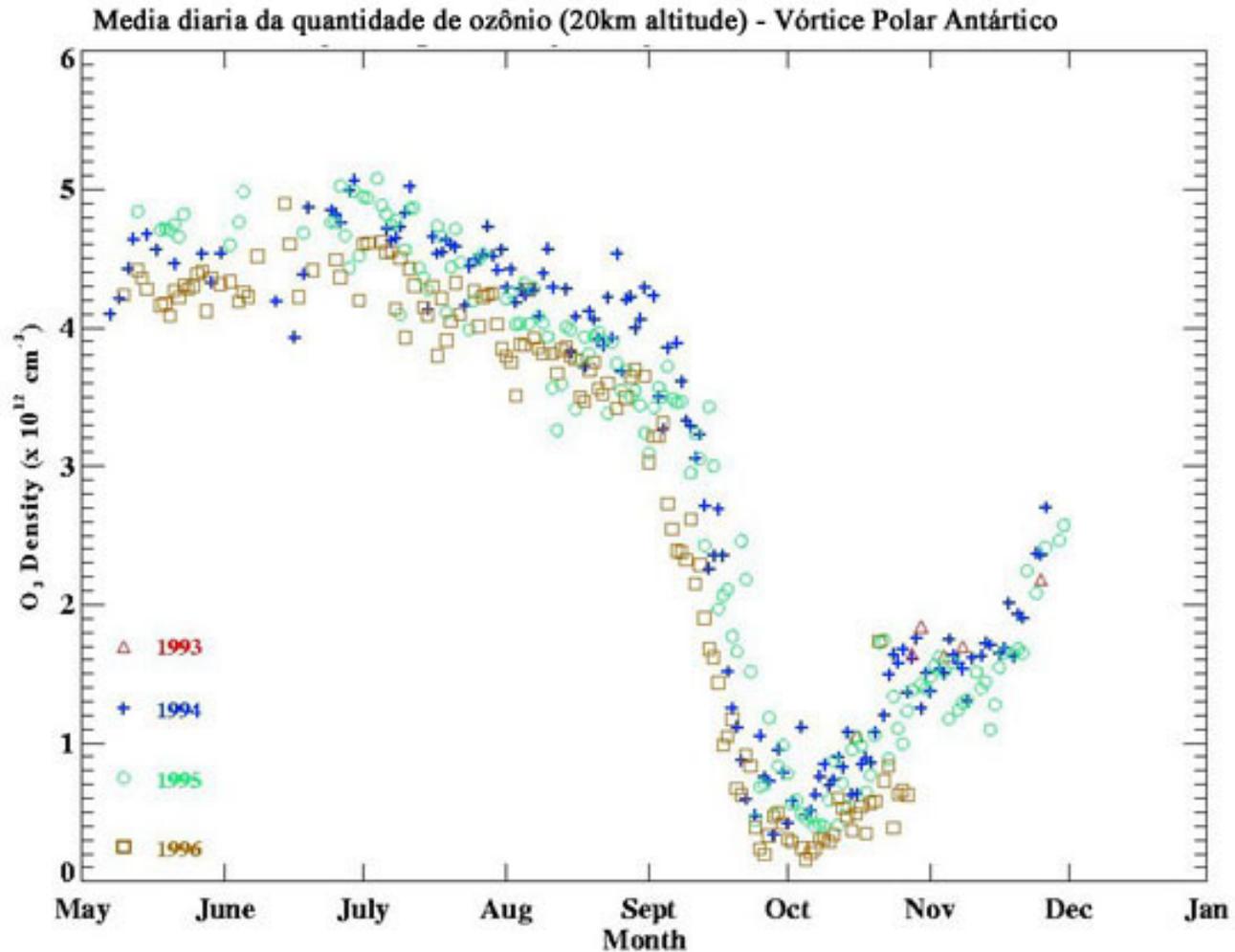
Destruição do Ozônio Polar

Teoria da
Química
Heterogênea

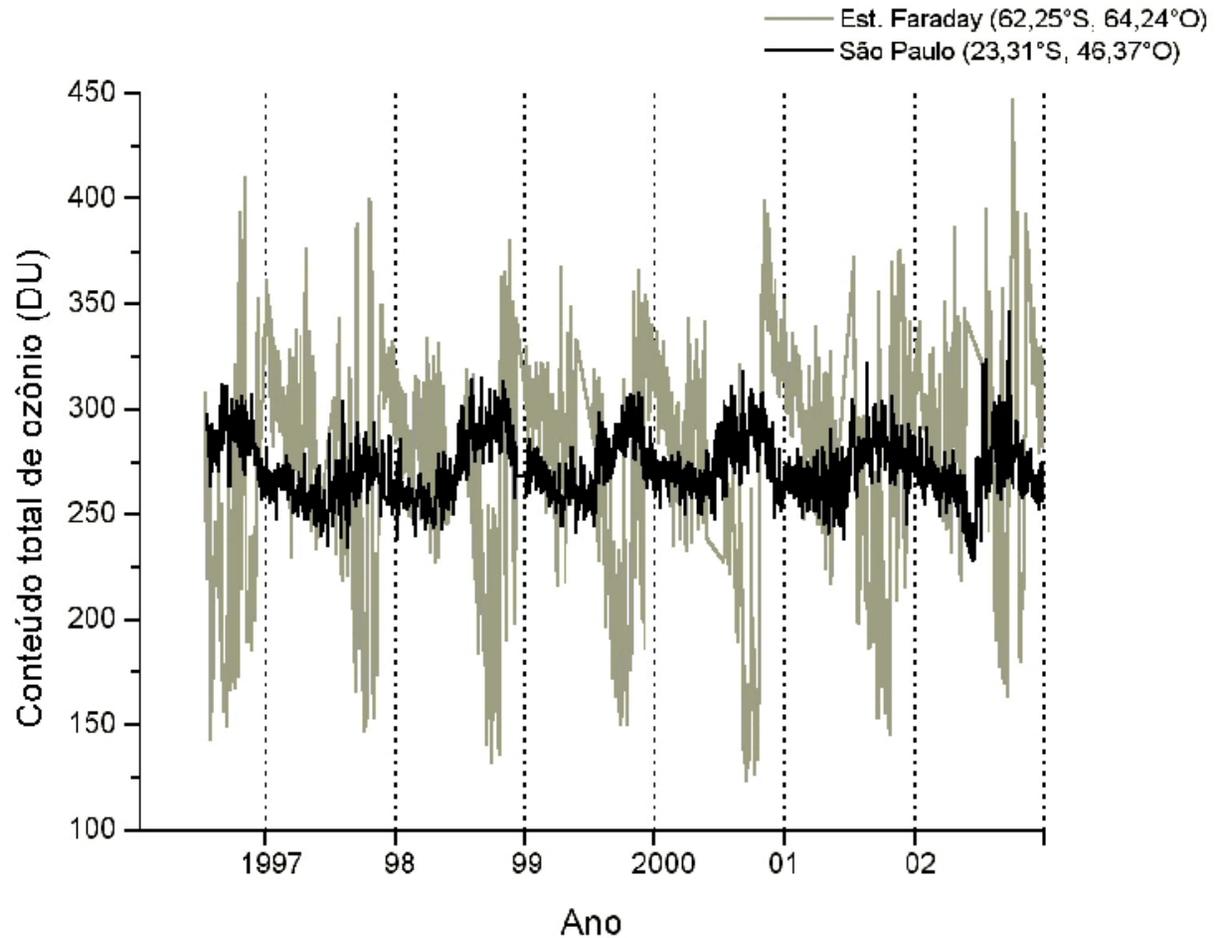
CFC



Depleção sazonal do ozônio



Concentração de O₃ em latitudes mais baixas: Será que sofremos as conseqüências também ?

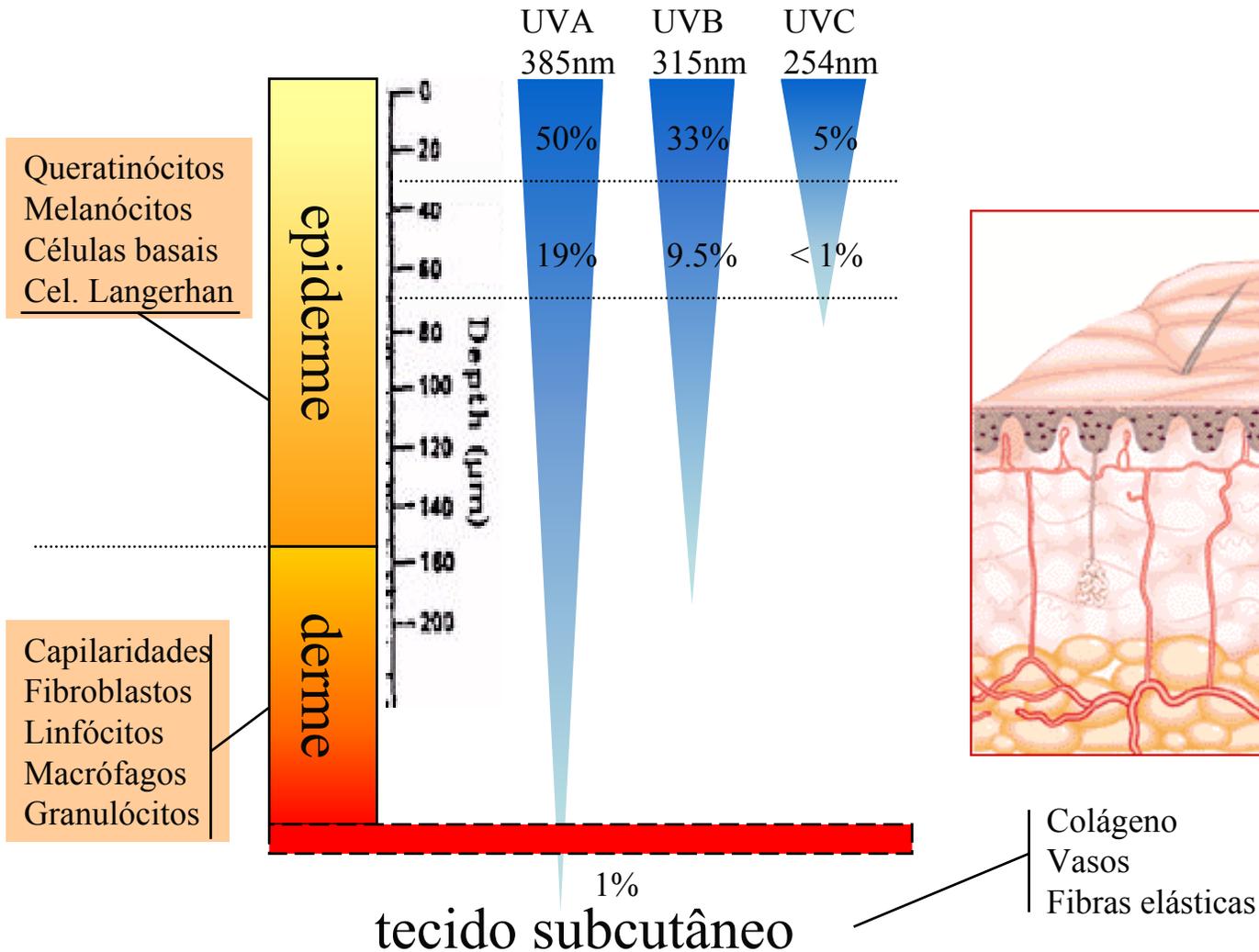


(Corrêa e Plana-Fattori, 2000)

Radiação ultravioleta e os seres humanos



Efeitos da radiação ultravioleta sobre os seres humanos



Efeitos sobre os seres humanos

Efeitos benéficos

- Síntese da vitamina D₃ (colecalfiferol)
- Psicológicos (?)
- Prevenção de diversos tipos de câncer, diabetes tipo 1, osteoporose.

Efeitos nocivos

- Pele
 - queimaduras, envelhecimento precoce, manchas, etc.
 - cânceres de pele
- Olhos
 - degeneração, cataratas
 - cânceres de pálpebra
- Sistema imunológico (não é certo que o impacto seja considerável)
 - pode afetar a resposta imunológica de pacientes com herpes e HIV
 - redução de eficiência de programas de vacinação
 - existem estudos que mostram correlações com aumento de casos de outras doenças auto-imunes como a esclerose múltipla e o lúpus eritematoso

Efeitos da R-UV sobre a pele

- Cânceres de pele:
 - Carcinoma espinocelular: Originário dos queratinócitos ou dos anexos da epiderme. Pode ter vários aspectos como pápulas ou lesões verrucosas.
 - Carcinoma basocelular: Formado por blocos de células neoplásicas (tumoriais) semelhantes às da camada basal da epiderme ou de seus anexos. Possui crescimento lento, demorando meses, ou até anos, para ser diagnosticado.
 - Melanoma cutâneo: Neoplasia maligna cutânea que se origina nos melanócitos ou células névicas. Possui crescimento rápido, grande potencial de metástase e pode ser fatal.

Enfermidades causadas pelo Sol



Queimadura de sol: As camadas exteriores da pele absorvem seus comprimentos de onda mais curtos e causam queimaduras sem estimular o bronzeamento devido ao inchaço dos vasos sanguíneos próximos da superfície da pele. Resposta fisiológica completa em alguns minutos, mas pode continuar entre 24 e 72h após a exposição.

O bronzeado é a resposta de seu corpo ao estímulo da R-UV originária de qualquer fonte (sol, câmaras de bronzeamento, luzes, etc.) – produção de Melanina
Resposta fisiológica completa: 5–7 dias



Efeitos a longo prazo: ressecamento, manchas, rugas, pigmentação irregular e excessiva, envelhecimento precoce, etc.



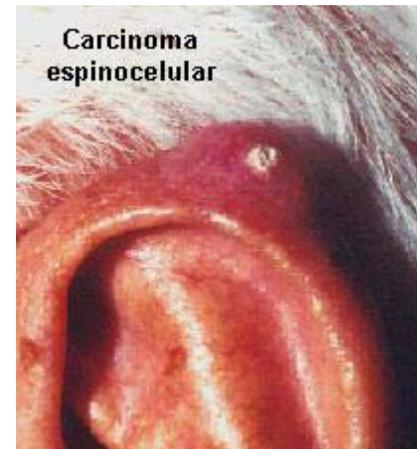
Enfermidades causadas pelo Sol



Ceratose solar



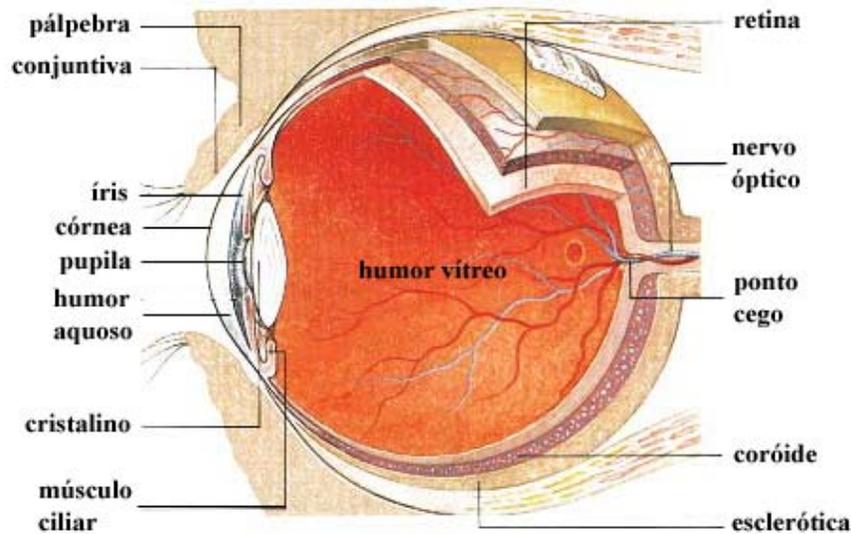
Melanoma



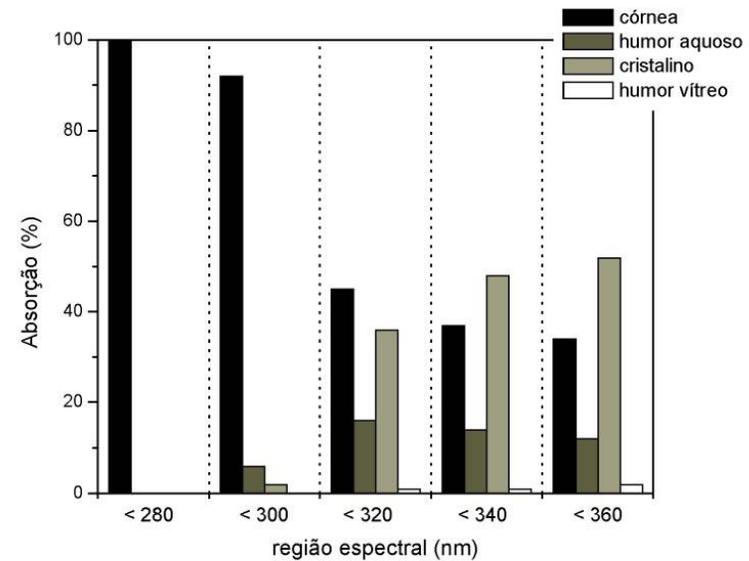
Fotos: Dermatologia on-line

(www.dermatologia.n

Danos causados aos olhos



(adaptado de RDC, 1988 e Kolb et al., 1996)



(adaptado de Sliney e Wolbarsht, 1980)

	tecido afetado	local da absorção	dano
UVC e UVB	córnea	epitélio	fotoconjuntivite "snow blindness", "welder eyes"
UVB e UVA	cristalino	núcleo	catarata

Danos causados aos olhos

- **curtas exposições a intensas quantidades de radiação:**
 - O elemento que mais sofre é a córnea. As manifestações são agudas e surgem após um período de latência.
 - fotoconjuntivite (inflamação da conjuntiva)
 - fotoqueratite (inflamação da córnea)
- **longas exposições a baixas intensidades de radiação:**
 - O cristalino e a retina são os mais atingidos (comum nos ambientes de trabalho).
 - Cataratas
 - Pterígio
 - Alguns tipos de carcinomas

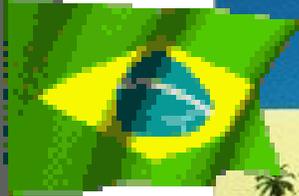
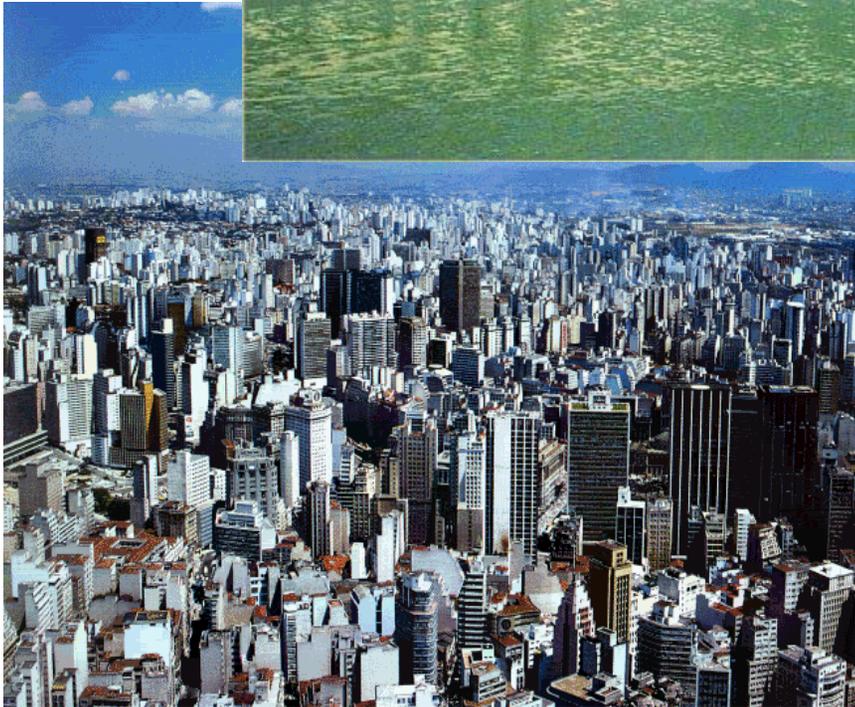
Outros possíveis efeitos do excesso de exposição à R-UV

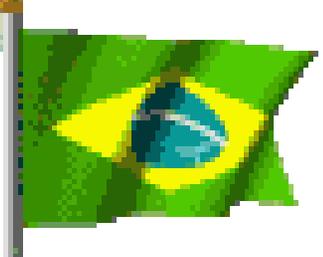
- imuno-supressão aguda/sistêmica (particularmente em torno das queimaduras. Efeitos observados em pacientes portadores de HIV/AIDS.
- herpes, exacerbação dos sintomas.
- redução da eficácia de programas de vacinação.
- existem estudos que mostram correlações com aumento de casos de outras doenças auto-imunes como a esclerose múltipla e o lúpus eritematoso

O sol é responsável por 90% dos cânceres de pele

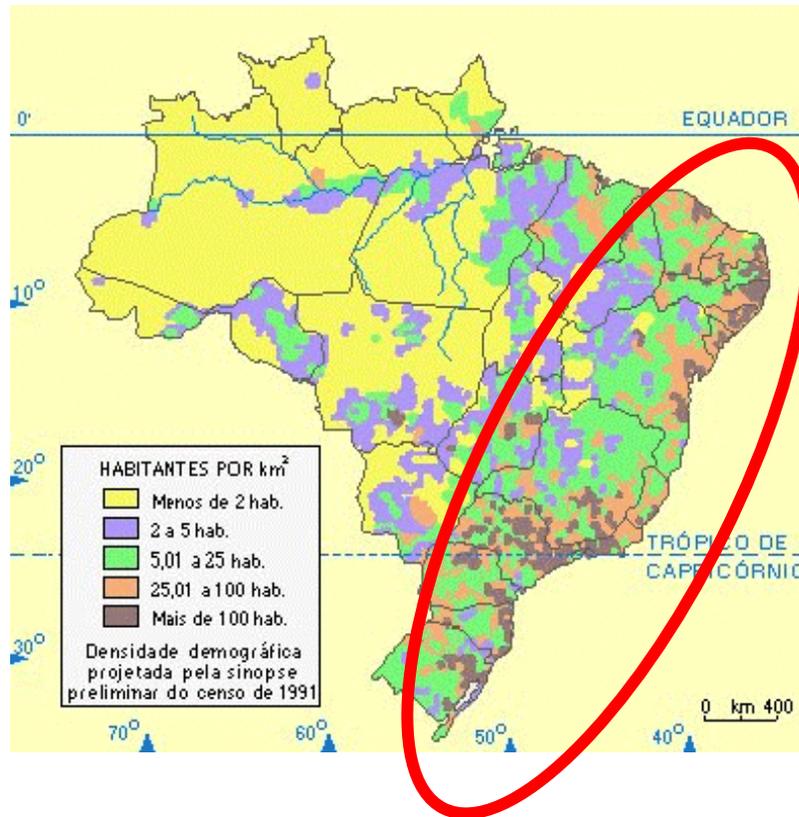
~ 5% de novos casos de câncer de pele nos EUA são melanoma (ACS, 2002)

O Sol e o Brasil



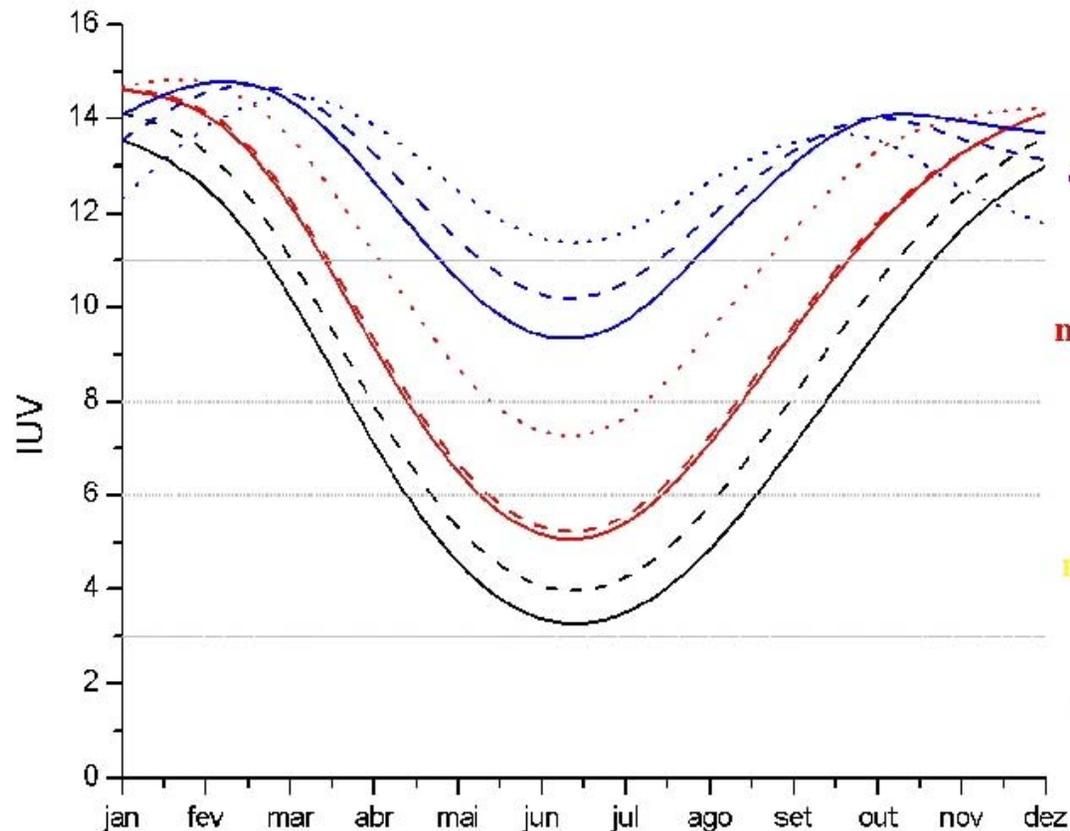


Distribuição da população



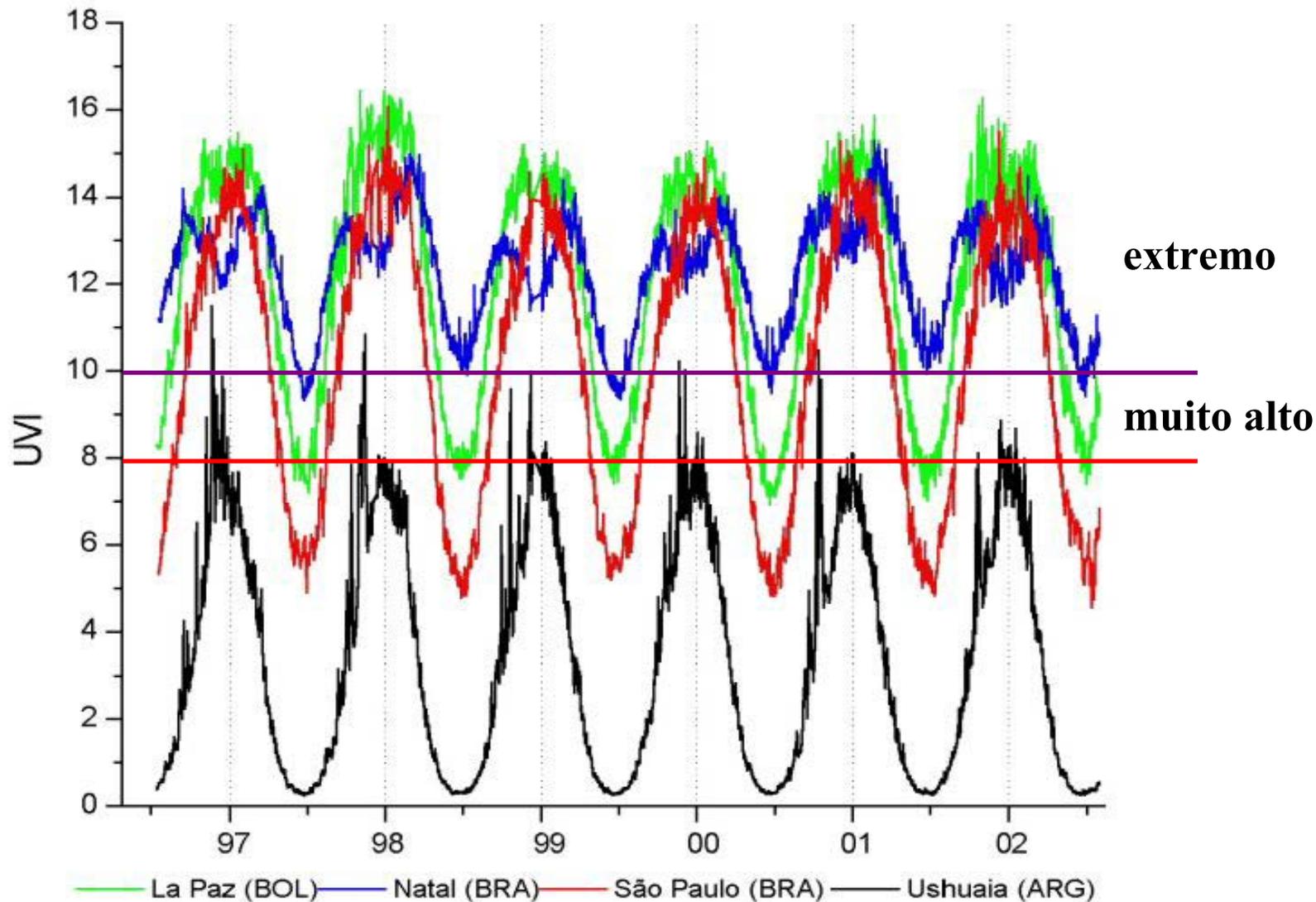
- ★ área: 8,511,965 km²
- ★ extremidades:
 - latitude: 5°16'20"N and 33°44'32"S
 - longitude: 34°47'30"W and 73°59'32"W
- ★ população: +170 M (2001)
- ★ população urbana: 80%
- ★ grupos étnicos:
 - ✗ 55% brancos (portugueses, italianos, espanhóis, alemães, poloneses, etc.);
 - ✗ 38% mestiços;
 - ✗ 6% negros;
 - ✗ 1% outros (orientais, árabes, índios, etc.)
- ★ cidades populosas:
 - ✗ São Paulo – pop: 10 M – 800m
 - ✗ Rio de Janeiro – pop: 6 M – sea level
 - ✗ Belo Horizonte – pop: 2.5 M – 850m.
 - ✗ Fortaleza – pop: 2.5 M – sea level
 - ✗ Porto Alegre – pop: 1.5 M – sea level
 - ✗ Campos de Jordão – pop: 50 K – 1700m

O IUV no Brasil (para céu claro)



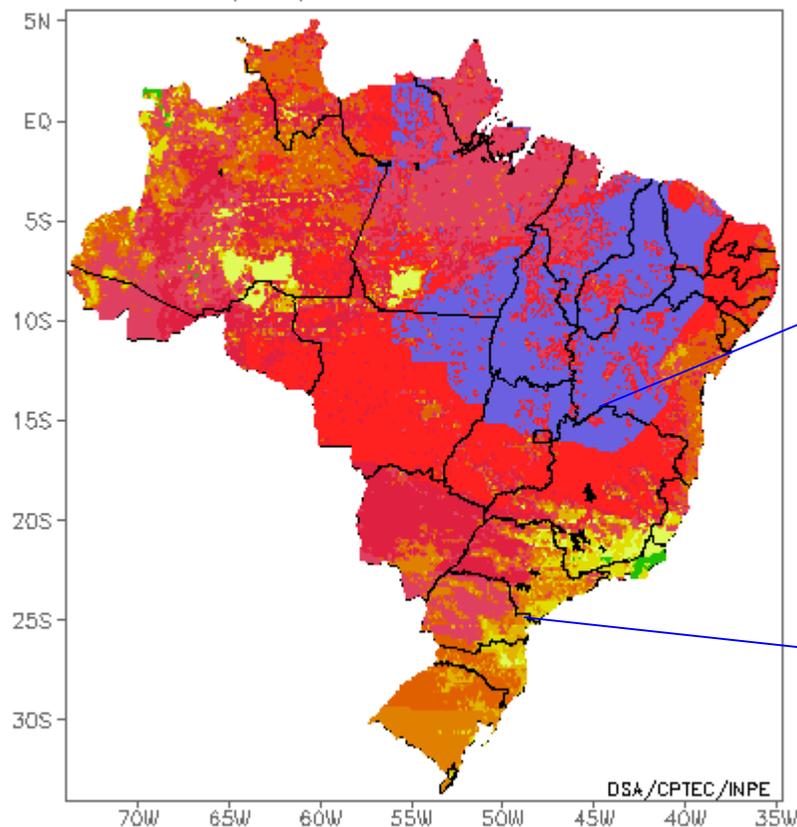
- Porto Alegre (RS)
- São Paulo (SP)
- ... Brasília (DF)
- - - Florianópolis (SC)
- - - Rio de Janeiro (RJ)
- - - Recife (PE)
- - - Fortaleza (CE)
- ... Boa Vista (RR)

IUV na América do Sul

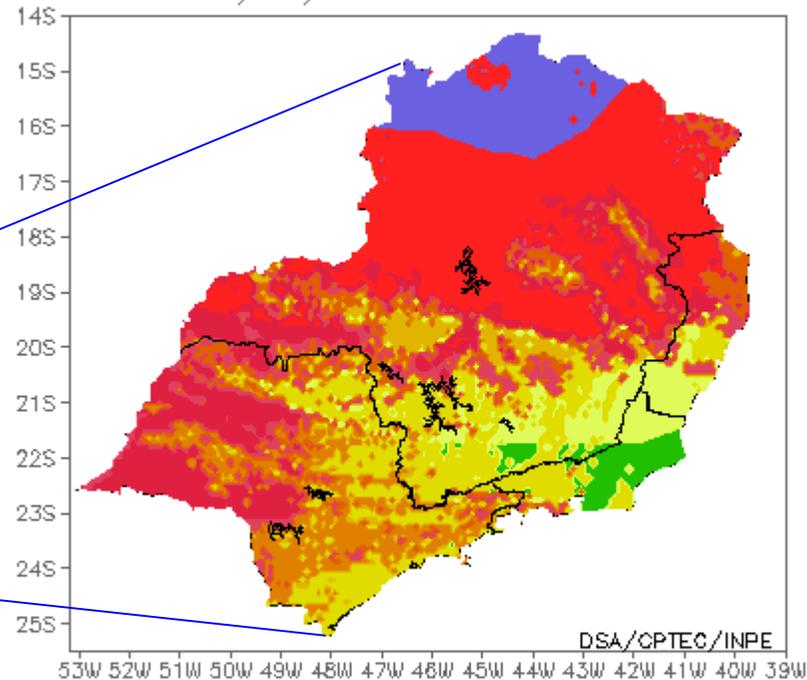


Monitoramento da R-UV (cada 30 min – Nuvens: satélite GOES)

IUV sob condições de nebulosidade
18/09/2006 às 15:00 UTC



IUV sob condições de nebulosidade
18/09/2006 às 15:00 UTC



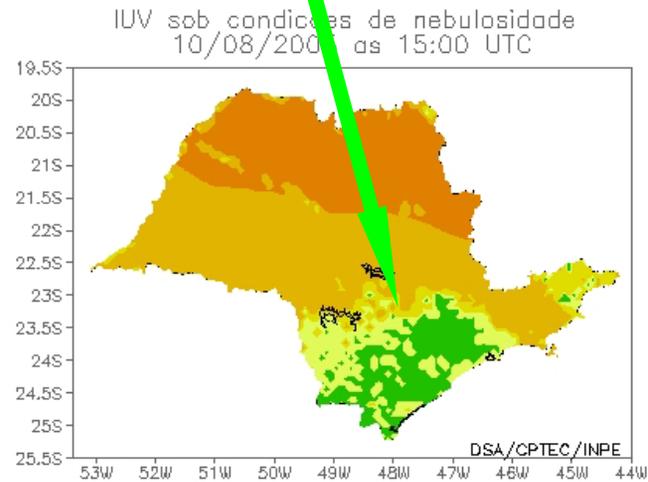
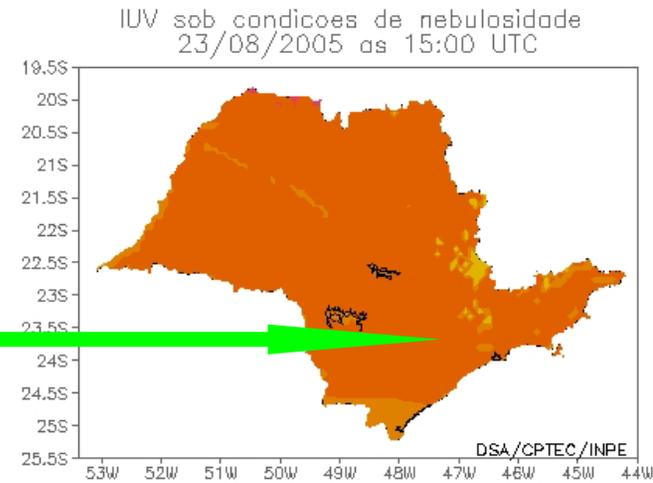
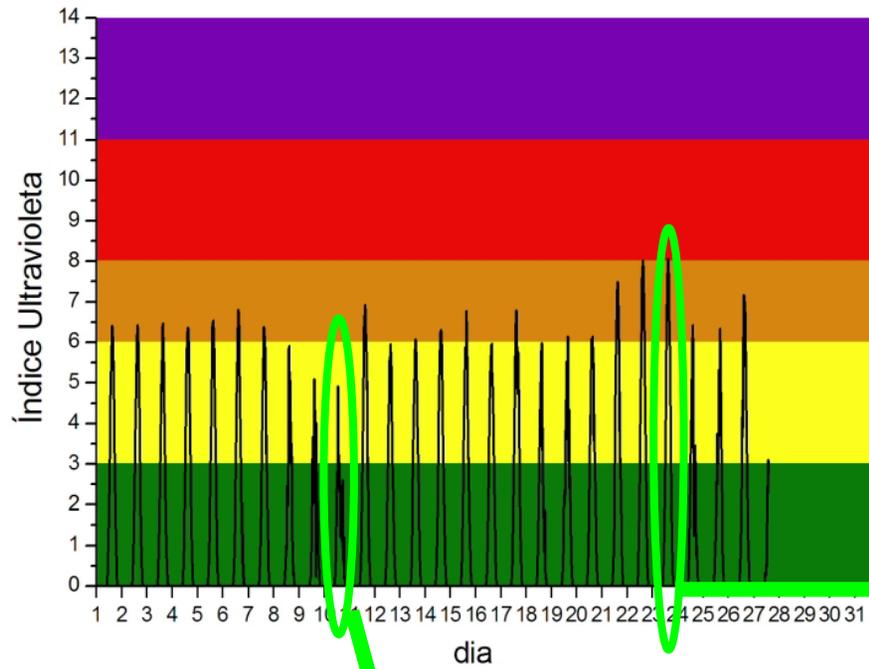
Medidas realizadas em São Paulo



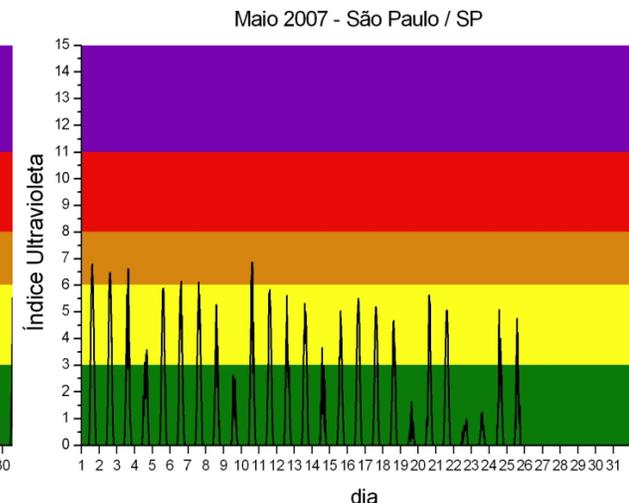
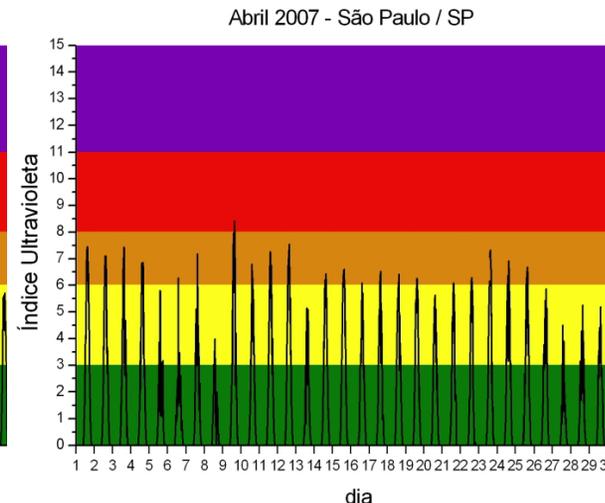
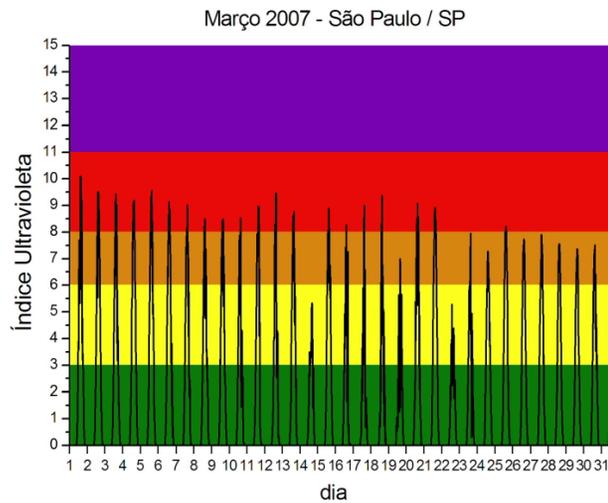
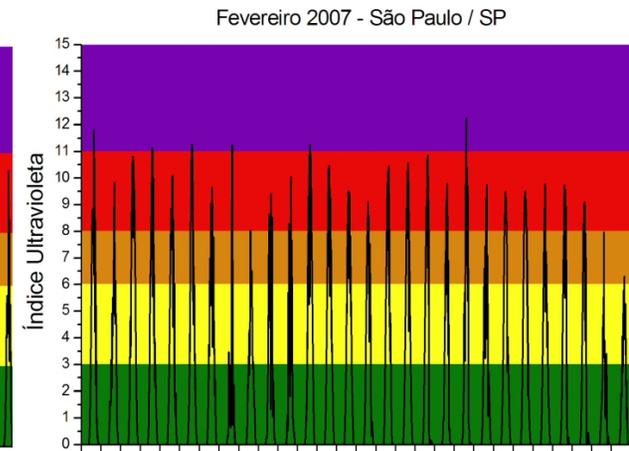
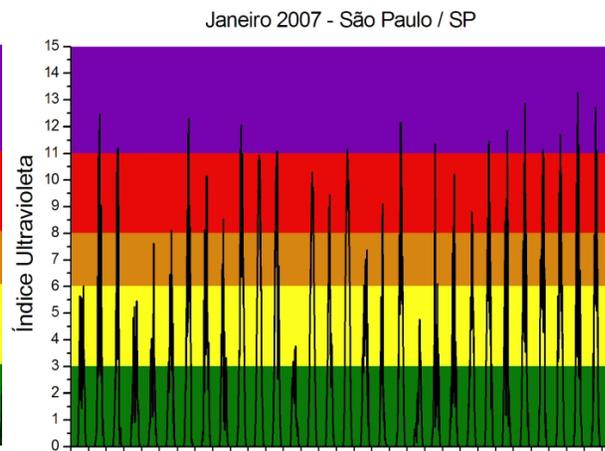
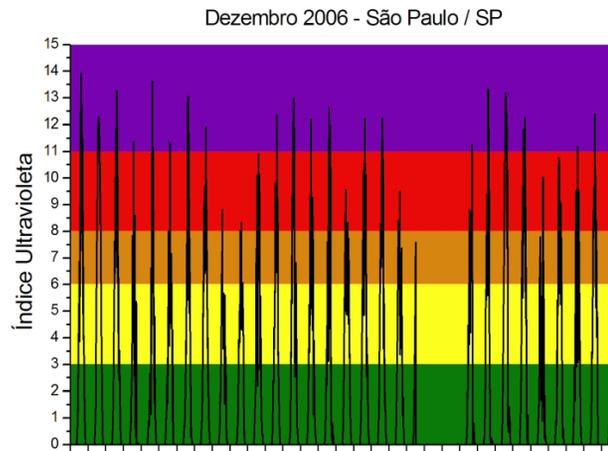
e
Campos do Jordão



Agosto 2005 - São Paulo / SP



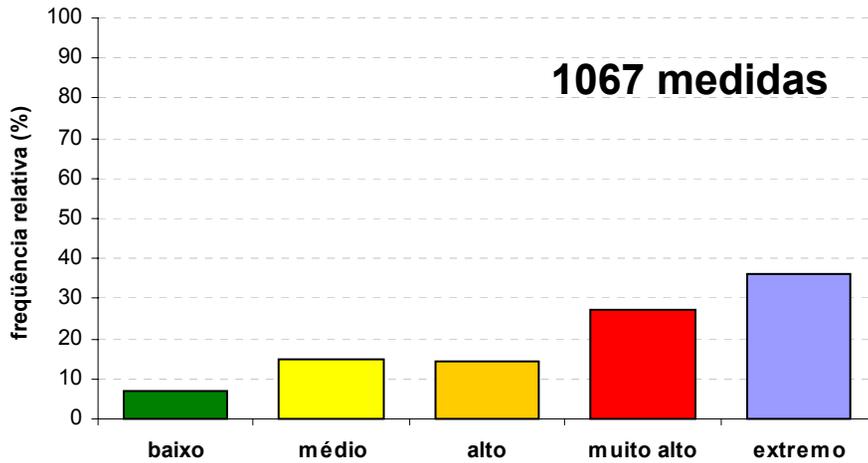
Monitoramento de R-UV São Paulo 2007



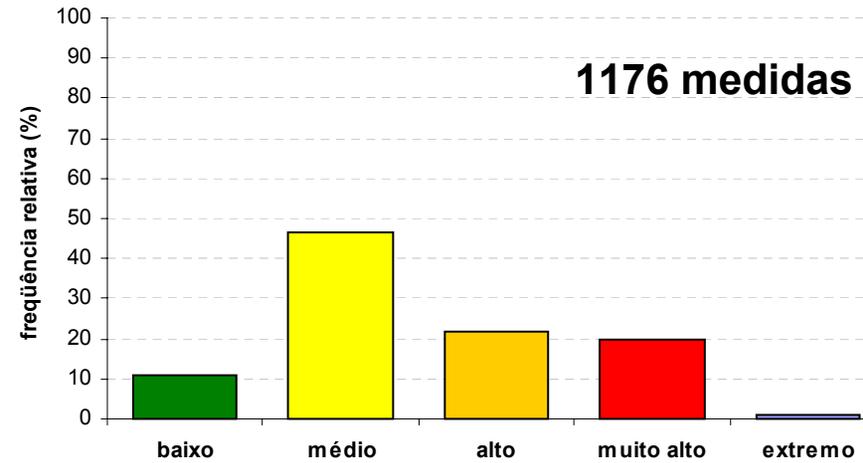
Histograma de freqüências

IUV medidos entre 12 e 13h (hora local)

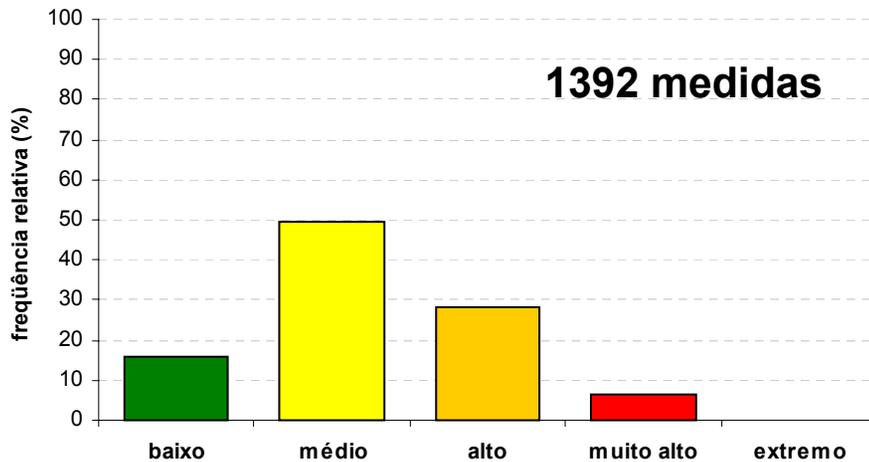
VERÃO



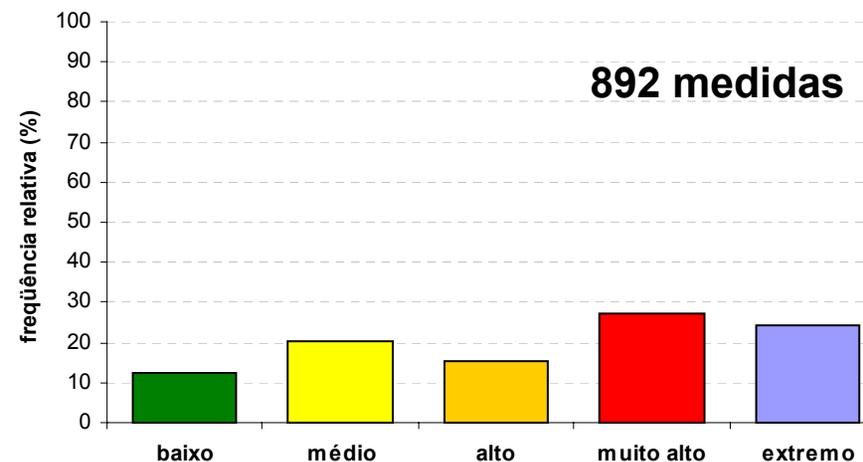
OUTONO



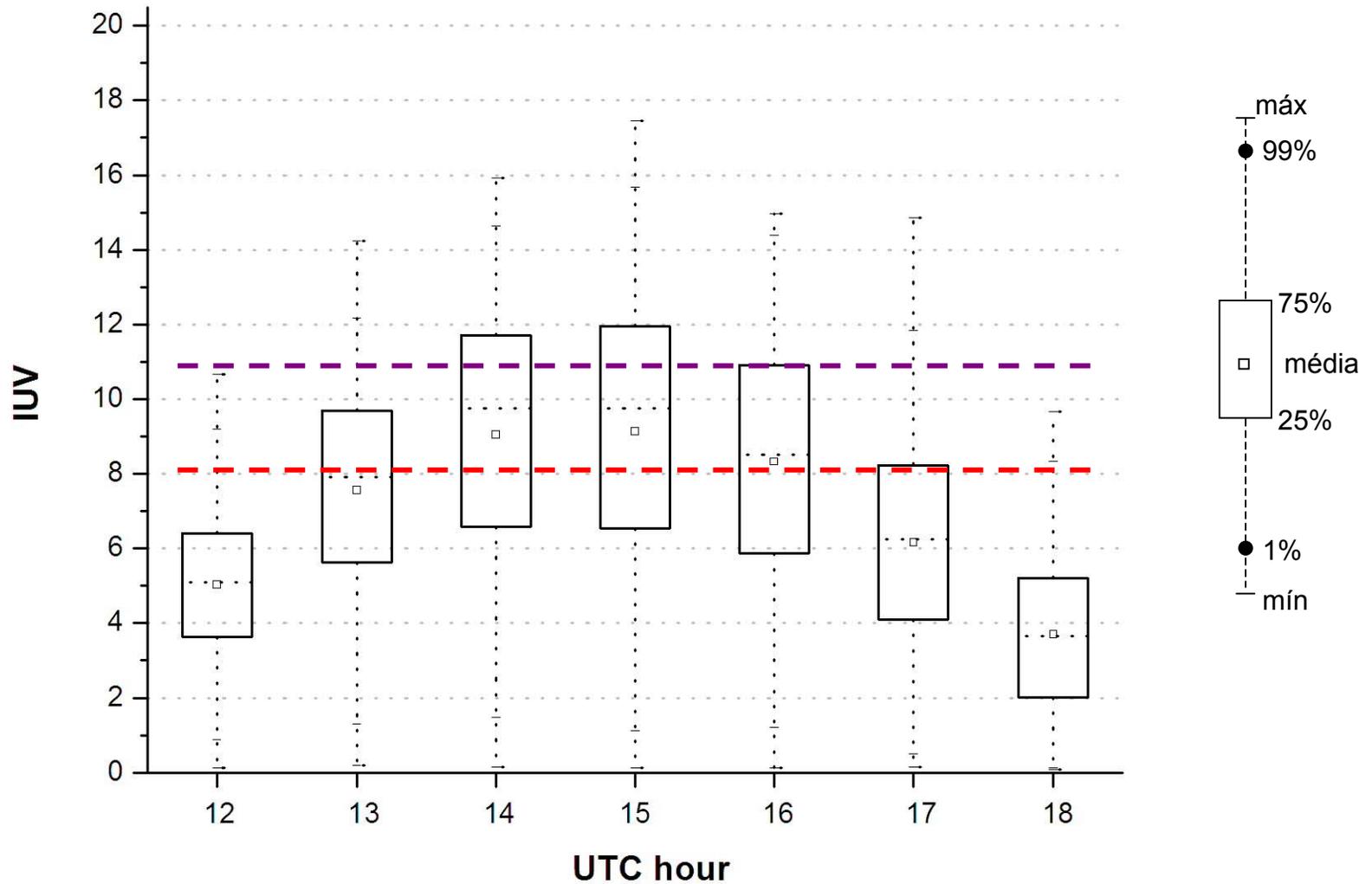
INVERNO



PRIMAVERA



IUV boxplot para São Paulo jun2005/jul2007 - Verão

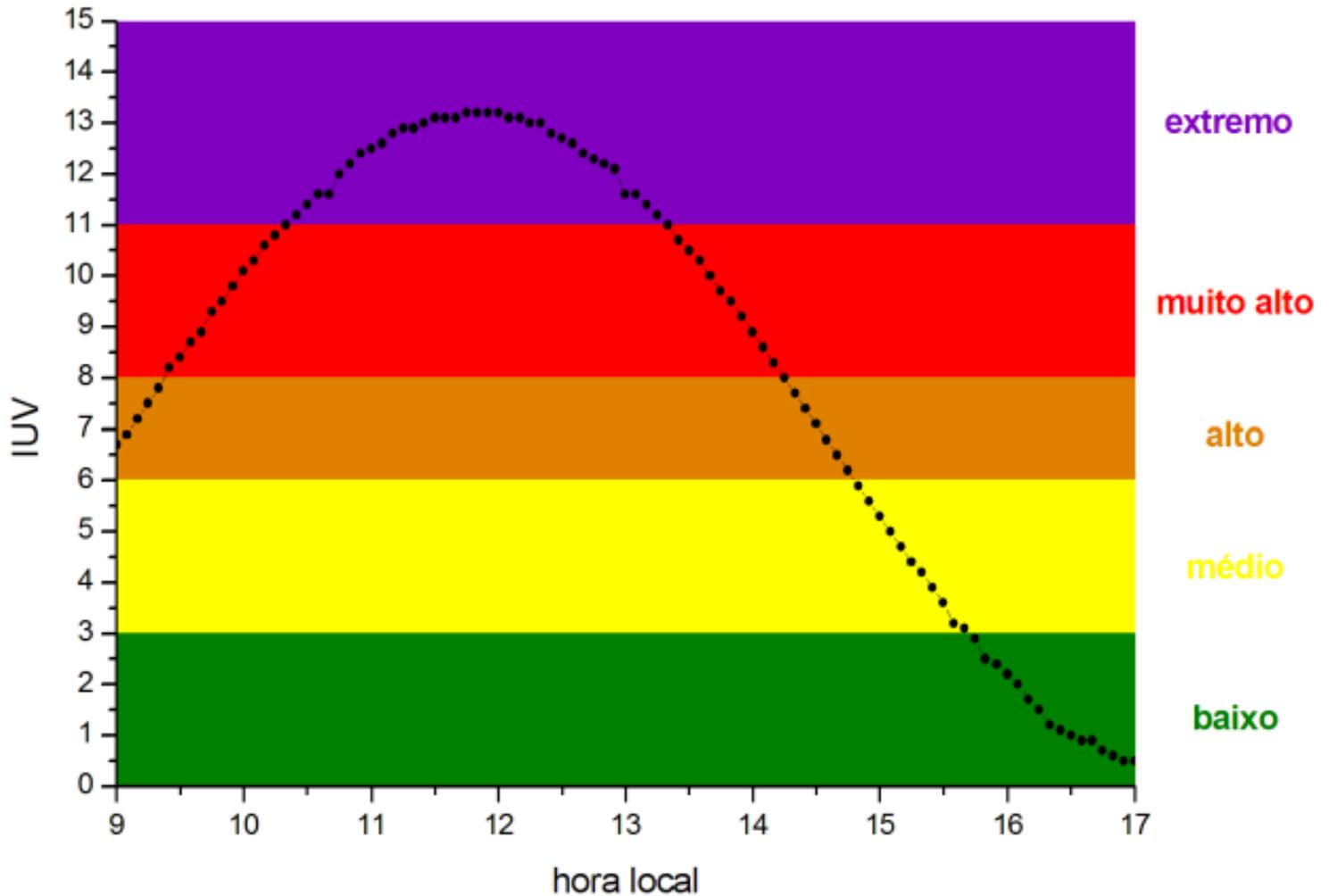


Medidas realizadas no Sul da Bahia



Medida de IUV em Ilhéus

Ilhéus (14,49S - 39,02W) - 08 fev 2006



Síntese dos resultados

Tabela 1 – Valores máximos, mínimos, médios e desvio-padrão do IUV registrados na cidade de São Paulo entre os horários de máxima intensidade de radiação solar (14 – 16 UTC).

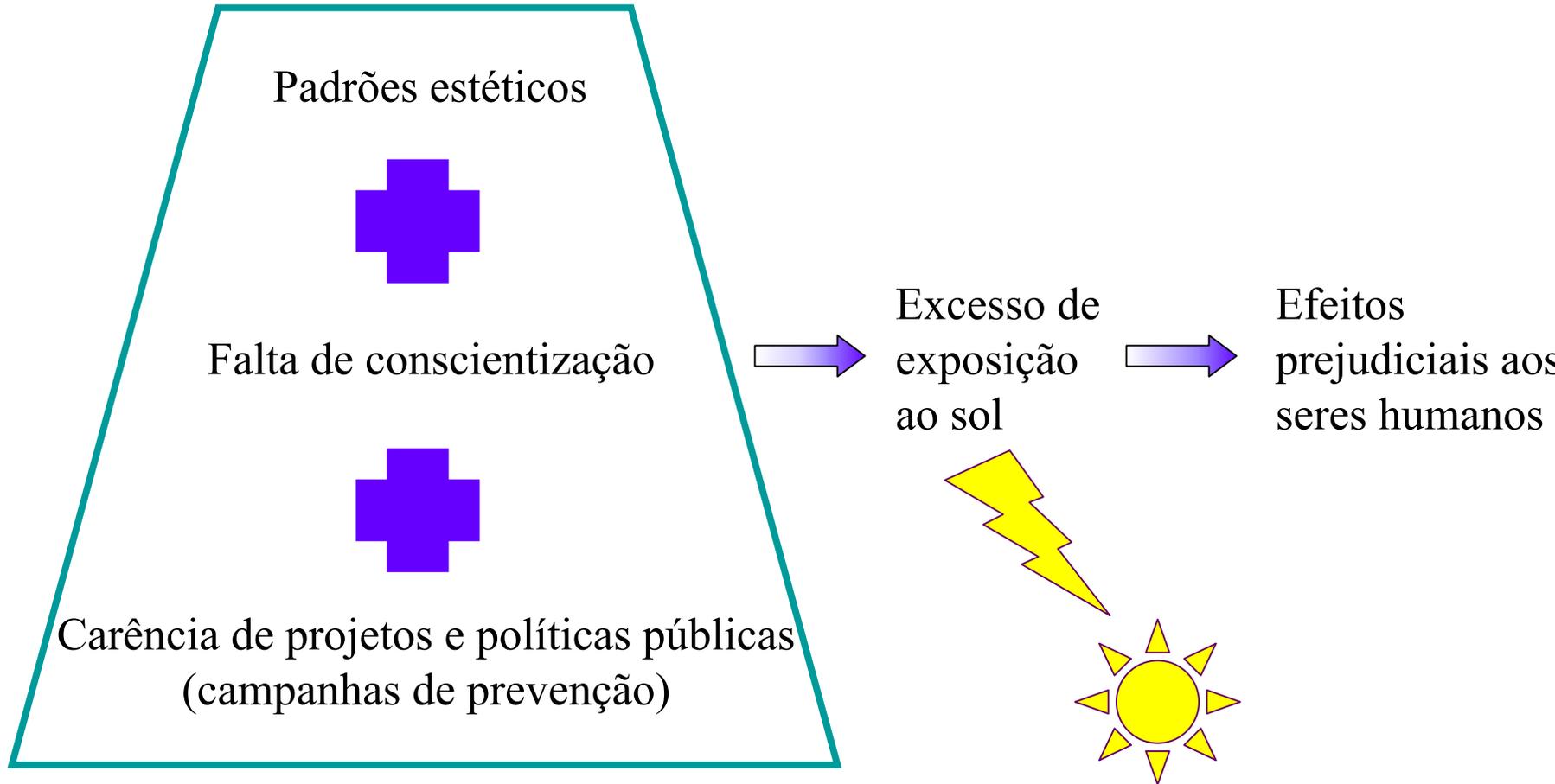
	jun/05	jul/05	ago/05	set/05	out/05	nov/05	dez/05	jan/06	fev/06	mar/06	abr/06	mai/06
Máximo	6.2	6.5	8.1	10.7	11.1	14.7	15.8	16.3	14.4	13.8	11.1	8.1
Mínimo	0.8	0.6	1.2	0.4	0.3	1.3	1.1	0.3	1.2	0.1	0.4	0.3
Média	4.5	4.3	5.6	4.7	5.8	8.7	8.7	8.8	8.6	8.4	6.8	4.5
DP (±)	1.3	1.4	1.4	2.6	3.0	3.7	3.6	3.7	3.3	2.8	2.2	1.3



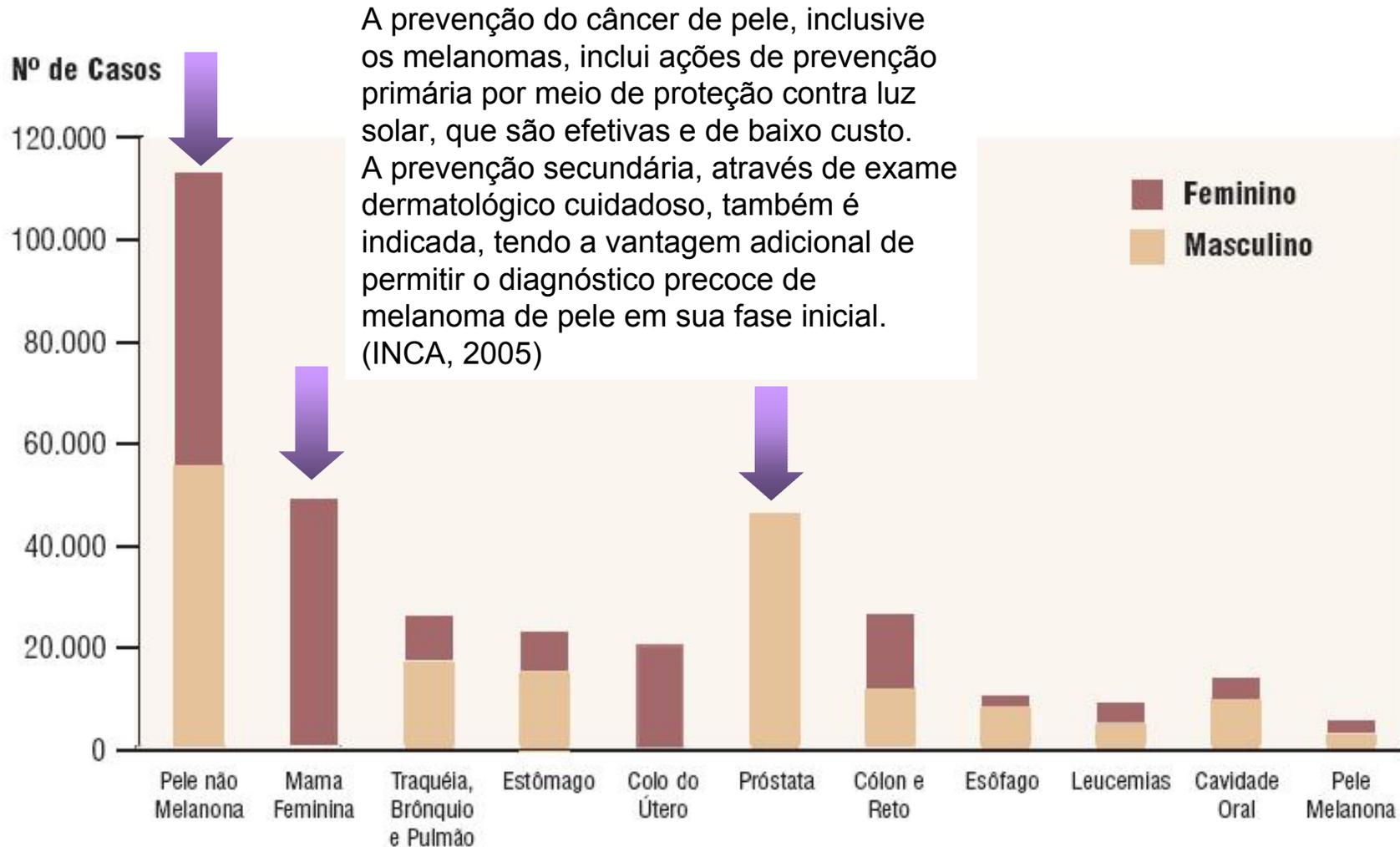
Tabela 4 – Porcentagem das medidas extremas (IUV > 10) e muito altas (IUV > 8) entre 13 e 17 UTC

		ago/05	set/05	out/05	nov/05	dez/05	jan/06
IUV > 10 (extremo)	SP	0.0	1.1	2.7	20.3	38.5	37.6
	CJ	0.0	0.8	21.8	26.1	24.9	33.6
IUV > 8 (muito alto)	SP	0.3	6.8	17.4	35.2	60.9	61.2
	CJ	8.5	5.5	45.9	49.2	45.2	54.5

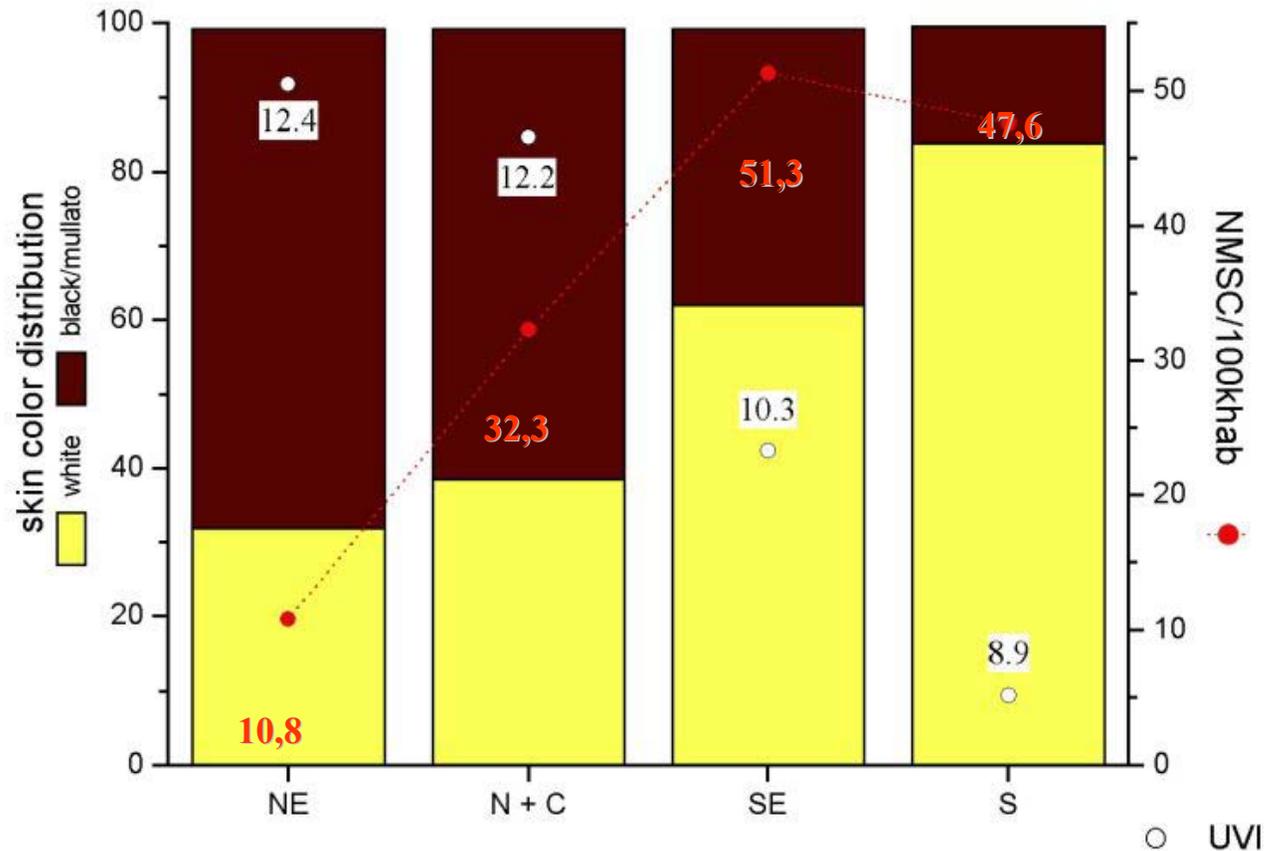
Saúde no Brasil (câncer de pele)



Câncer de Pele no Brasil



IUV x CPNM x cor da pele



CORRÊA, M. P.; DUBUISSON, P.; PLANA-FATTORI, A. An overview of the ultraviolet index and the skin cancer cases in Brazil. **Photochemistry and Photobiology**, v. 78, n. 1, p. 49-54, 2003.

A divulgação como forma de contribuição social

Ministério da Ciência e Tecnologia

INPE USP MASTER Laboratório de Ozônio CPTec

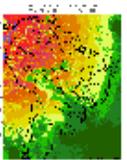
Radiação Ultravioleta

Camada de Ozônio e Saúde Humana

Home CPTec / Tempo / Clima / Previsões Numéricas / Satélite / Ondas / Energia / Dados Observacionais / Pesq. & Desenvolvimento / Pós-Graduação

Índice ultravioleta

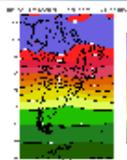
Clique nas imagens e nos links



Situação do IUV neste momento.
Avaliação levando em consideração a nebulosidade observada por satélite.
(Atualiz. a cada 30 min.)

- [Brasil](#)
- [Estado de São Paulo](#)
- [Para a sua cidade](#)
- [América do Sul](#)
- Regiões: [Sul](#), [Sudeste](#), [Centro-Oeste](#), [Nordeste](#), [Norte](#)
- [Imagens anteriores](#)
- [Mais informações](#)

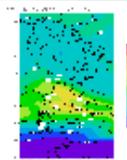
Previsão do índice ultravioleta



Previsão de valores máximos diários do IUV para condições de céu claro (sem nuvens).

- [Para hoje](#)
- [Animacão para os próximos 5 dias](#)
- Regiões: [Sul](#), [Sudeste](#), [Centro-Oeste](#), [Nordeste](#), [Norte](#)

Previsão do conteúdo de ozônio



Avaliação do conteúdo total de ozônio com base nas medidas dos sensores TOMS (Earth Probe) e SBUV/2 (NOAA).

- [Para hoje](#)
- [Animacão para os próximos 5 dias](#)
- Regiões: [Sul](#), [Sudeste](#), [Centro-Oeste](#), [Nordeste](#), [Norte](#)

Informações úteis e importantes



Tudo o que você precisa saber sobre exposição ao sol, efeitos sobre a saúde, radiação UV e ozônio numa linguagem simples.

- [O que é radiação UV ?](#)
- [O que é o índice UV ?](#)
- [Radiação UV e saúde](#)
- [A pele e olhos](#)
- [Os protetores solares e o bronzeamento](#)
- [Ozônio](#)
- [Outros portais](#)
- [Publicações](#)
- [Informações técnicas](#)
- [Os benefícios da exposição ao sol](#)

Destaques

- [P&D na DSA](#)
- [Glossário de radiação](#)
- [Homepage do GBM](#)
- [Prozonesp](#)
- [Projeto UVSP](#) **NOVO**

<http://satelite.cptec.inpe.br/>



PROGRAMA SOL AMIGO

Um programa que irradia boas idéias

www.solamigo.org

[Home](#)

[Fale conosco](#)

[Saiba mais](#)

[Quem somos](#)

[Coordenadores](#)

[Parceiros](#)

[Escolas parceiras](#)

[Instituições e
Empresas parceiras](#)

[Colaboradores](#)

[Escolas](#)

[Crianças](#)

[Comunidade](#)

[Galeria de fotos](#)

[Cadastre-se](#)

[Fale conosco](#)

[Links relacionados](#)



O que é o programa Sol Amigo?

O Programa Sol Amigo é um programa amplo de educação continuada em saúde, que tem como objetivo ensinar as pessoas a se protegerem adequadamente da exposição excessiva ao sol e, conseqüentemente, dos efeitos nocivos da radiação ultravioleta (UV) emitida por ele: câncer de pele, catarata e outras lesões nos olhos, envelhecimento precoce e outras lesões de pele e supressão imunológica (baixa nas defesas do corpo). [leia +](#)

Notícias

Pesquisadores visitam Ribeirão Preto - SP, conhecem o Programa Sol Amigo e estabelecem parcerias [leia +](#)

Estudos recentes alertam sobre o risco da radiação ultravioleta [leia +](#)

Prof. Dr. Marcelo de Paula Corrêa (IRN/UNIFEI - CPTEC/INPE)

Confira o índice UV de Ribeirão Preto



Saiba mais sobre radiação ultravioleta e os efeitos nocivos da exposição excessiva à esta radiação

[Saiba Mais](#)

Conheça a **estação meteorológica** que utilizamos em nossas campanhas



Escolas

Conheça o Programa Sol Amigo e adote esta idéia em sua escola. Com um programa de educação continuado e interdisciplinar pretendemos envolver as escolas e seus alunos nos esforços de prevenção dos efeitos nocivos da radiação de



Questionário sobre o comportamento das pessoas em relação à exposição ao sol

1 - Idade

Selecione uma opção ▼

2 - Sexo

Selecione uma opção ▼

3 - Estado onde mora

Selecione uma opção ▼

4 - Atividade econômica que desenvolve

Selecione uma opção ▼

5 - Nível de escolaridade

Selecione uma opção ▼

6 - Renda mensal em salários mínimos (s.m.)

Selecione uma opção ▼

7 - Cor da pele:

Selecione uma opção ▼

8 - Cor dos olhos

Selecione uma opção ▼

9 - Cor dos cabelos:

Selecione uma opção ▼

10 - Durante sua infância ou adolescência você fica/ficou exposto (a) ao sol por longos períodos do dia?

Selecione uma opção ▼

11 - Você se expõe de forma prolongada e freqüente ao sol ou toma banho de sol?

Selecione uma opção ▼

12 - Quando você se expõe ao sol

Selecione uma opção ▼

Considerações finais

- os casos de câncer de pele não-melanoma são os mais comuns entre todos os tipos de câncer diagnosticados no Brasil;
- estudos realizados revelam uma população despreparada em relação aos métodos de proteção, e desinformada sobre os efeitos da R-UV sobre a saúde;
- os níveis de R-UV, em condições de céu claro, são muito elevados na maior parte do ano e em quase todo território brasileiro;
- a prevenção ao câncer de pele, assim como de qualquer tipo de doença, resulta em tratamentos menos traumáticos e mais positivos, bem-estar social e economia para os cofres públicos.

Agradecimentos



Contato:

Marcelo de Paula Corrêa – mpcorrea@unifei.edu.br
<http://www.solar.unifei.edu.br>

Página sobre R-UV na *internet*: <http://satelite.cptec.inpe.br/uv>