



WORK VIII 2025 Eta

WORKSHOP EM MODELAGEM NUMÉRICA DE TEMPO, CLIMA
E MUDANÇAS CLIMÁTICAS UTILIZANDO O MODELO ETA

Simulações Climáticas com o Modelo Eta em 5 km:

Impactos das Mudanças no Uso e
Cobertura da Terra em Áreas
Urbanas

Priscila Tavares, INPE
priscila.tavares@inpe.br

Contextualização



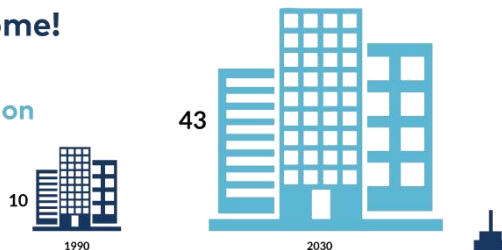
Urbanização global

Rápido crescimento das cidades em países em desenvolvimento

Megacidades (pop. > 10 milhões) estão em ascensão

More megacities to come!

By 2030, **43 cities** around the globe will have **10 million** or more inhabitants.



World Urbanization Prospects: The 2018 Revision

Access the report: bit.ly/wup2018 • #UNPopulation



UN DESA

Contextualização



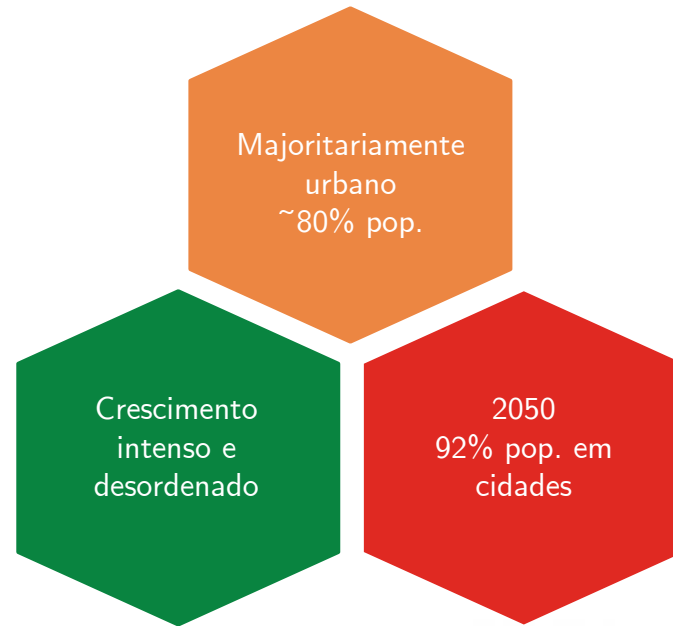
Urbanização global



Contextualização



Desafios do Brasil



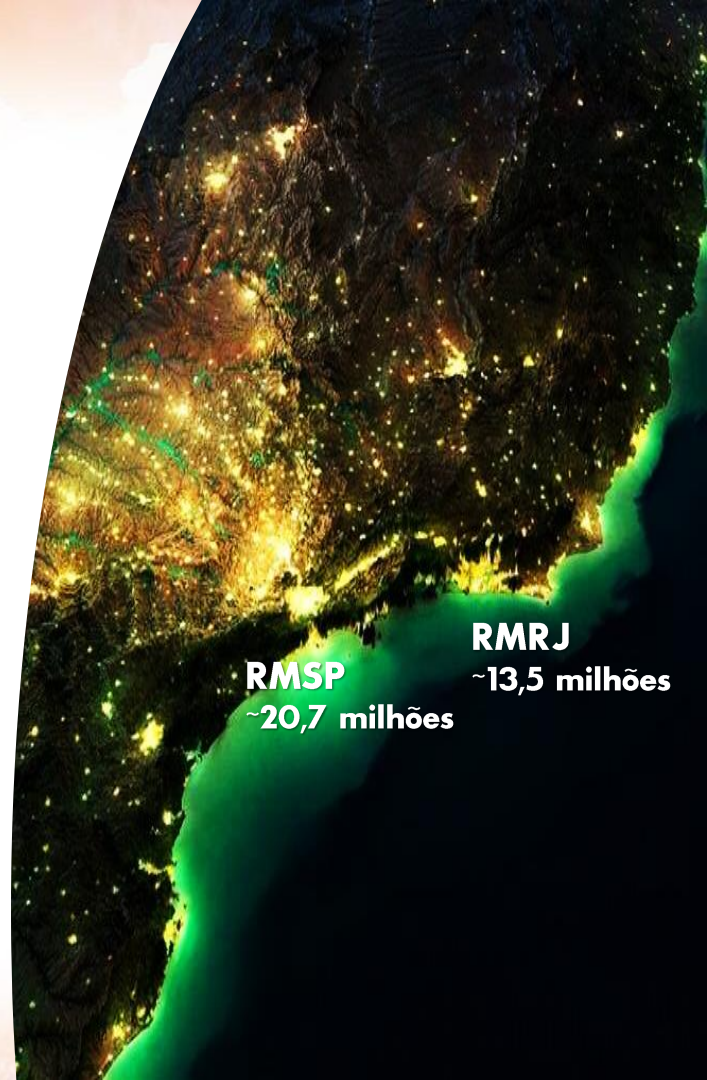
Contextualização

Região Metropolitana de São Paulo (RMSP)

Maior aglomerado urbano da América do Sul e o sexto maior do mundo (PDUI, 2023);

Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ)

Segundo maior aglomerado urbano do Brasil



RMSP
~20,7 milhões

RMRJ
~13,5 milhões

Contextualização

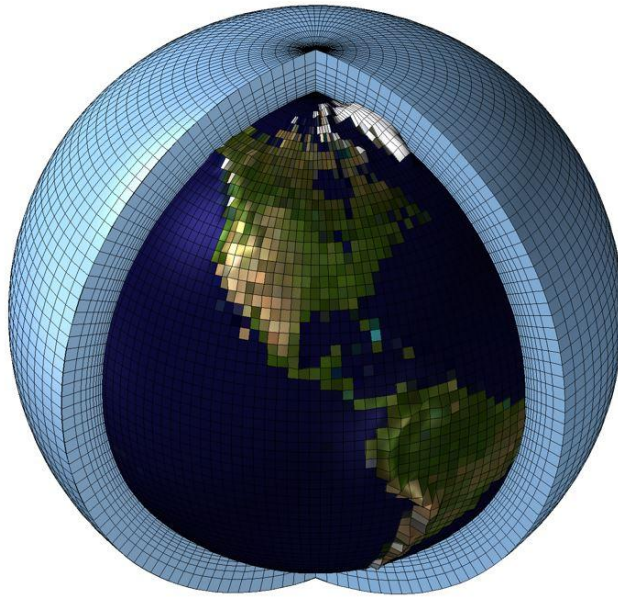
Desafios comuns:

- Fortes contrastes sociais
- Grande número de pessoas em habitações precárias
- Ocupação em áreas de risco (deslizamentos e inundações)



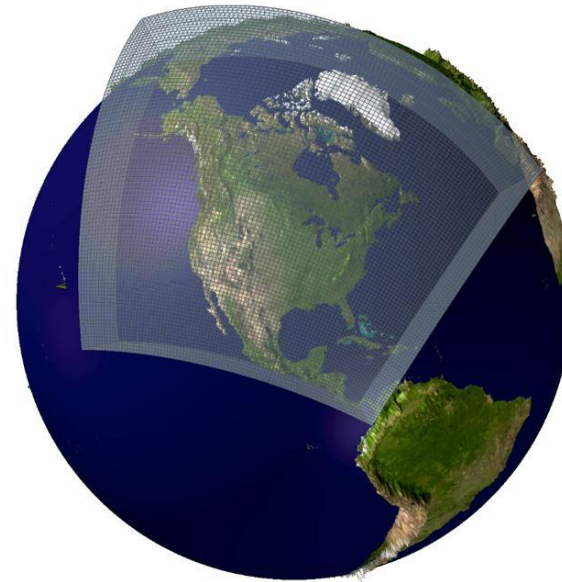
Contextualização

**Global Climate Model
(GCM)**



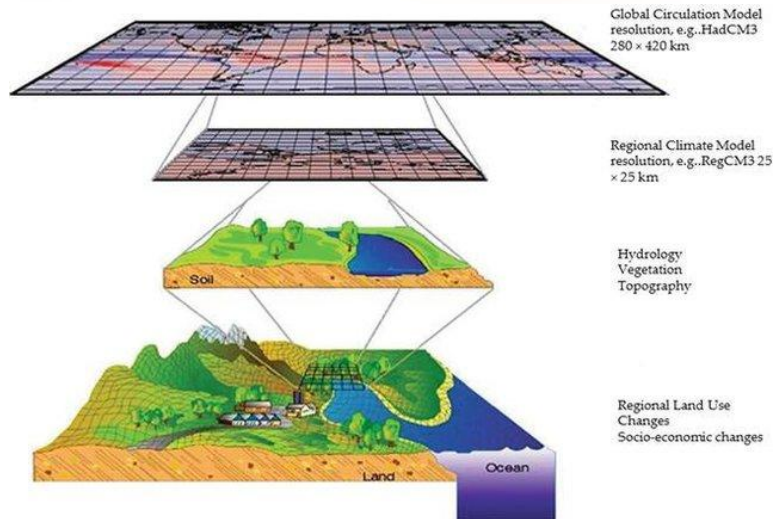
~ 100 – 300 km

**Regional Climate Model
(RCM)**



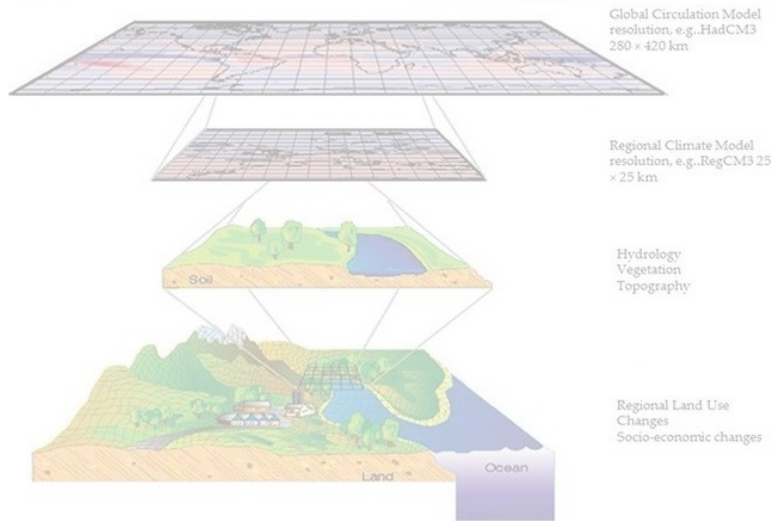
~ 10 – 50 km

Contextualização



Water, food, energy, ecosystem, services, biodiversity,
migration, coastal areas, tourism

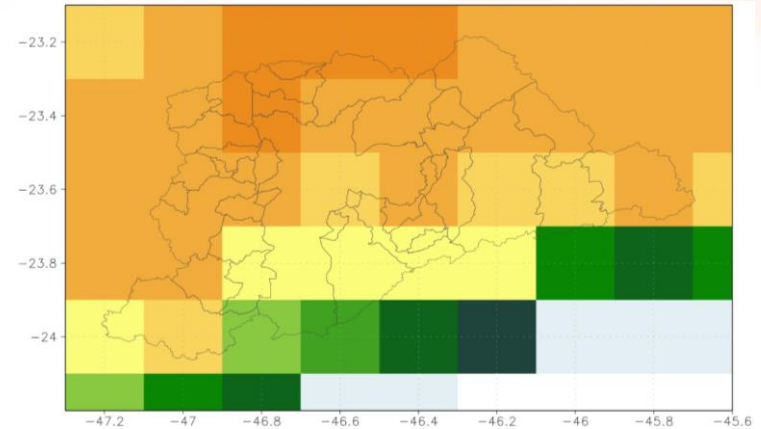
Contextualização



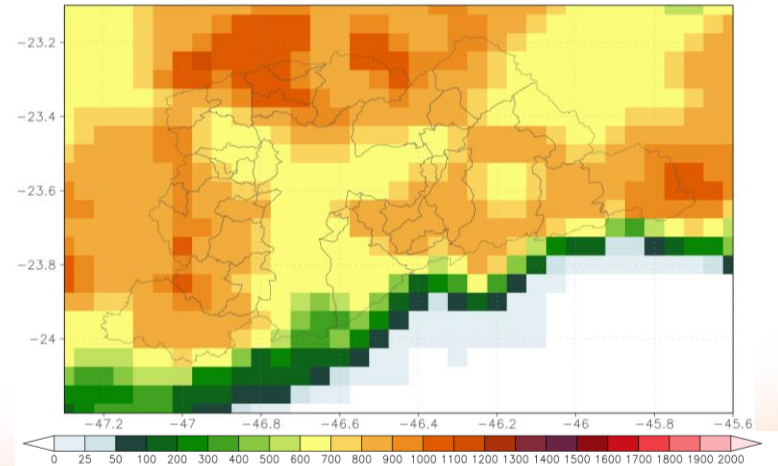
Water, food, energy, ecosystem, services, biodiversity, migration, coastal areas, tourism

Topografia (m)

20 km

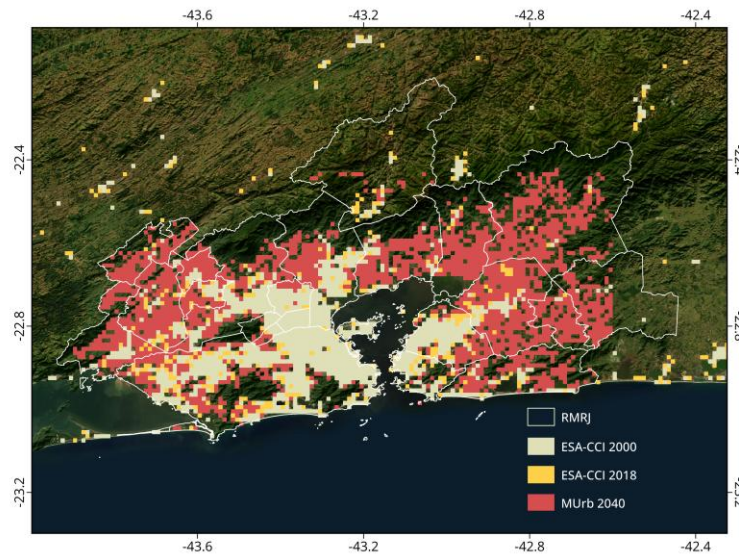
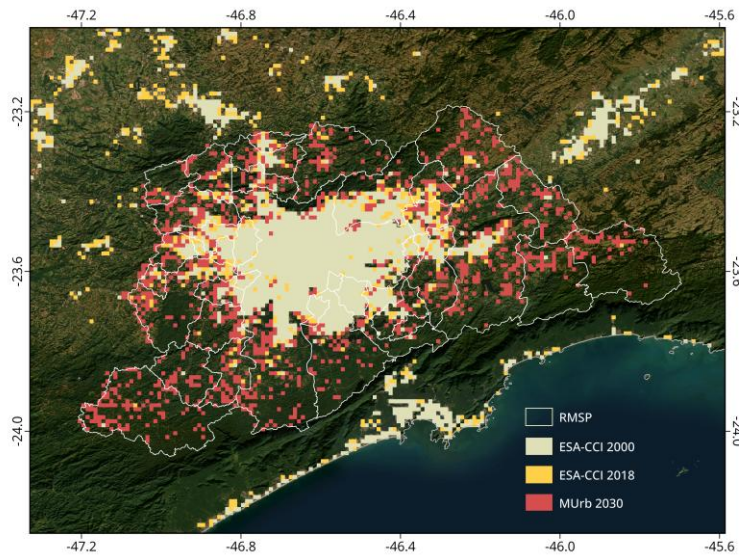


5 km



Objetivo

Avaliar dos impactos da expansão da mancha urbana no clima das RMs (SP e RJ)



Simulações

Versão: Eta seamless 1.4.4

Domínio: Região Sudeste do Brasil e adjacências

Resolução: 5 km/38 níveis

Pontos centrais: -46.0 lon/ -19.5 lat

Convecção: Betts-Miller-Janjic

Microfísica de nuvens: Zhao (1997)

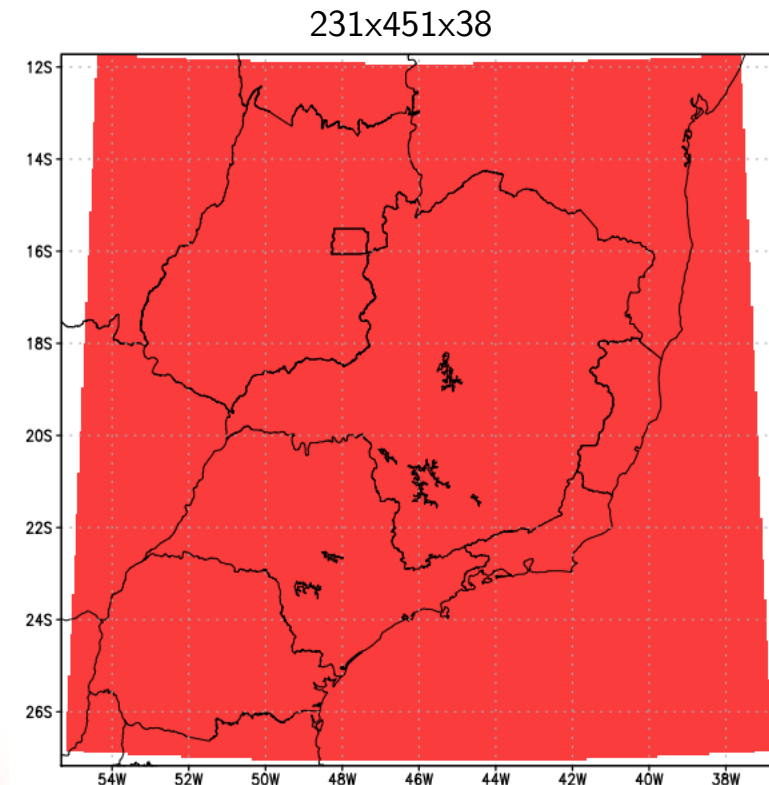
Turbulência: Mellor-Yamada 2.5

Radiação: GFDL (ondas curtas e ondas longas)

Esquema de superfície: NOAH – 8 camadas

Condições iniciais e de contorno: reanálises ERA5

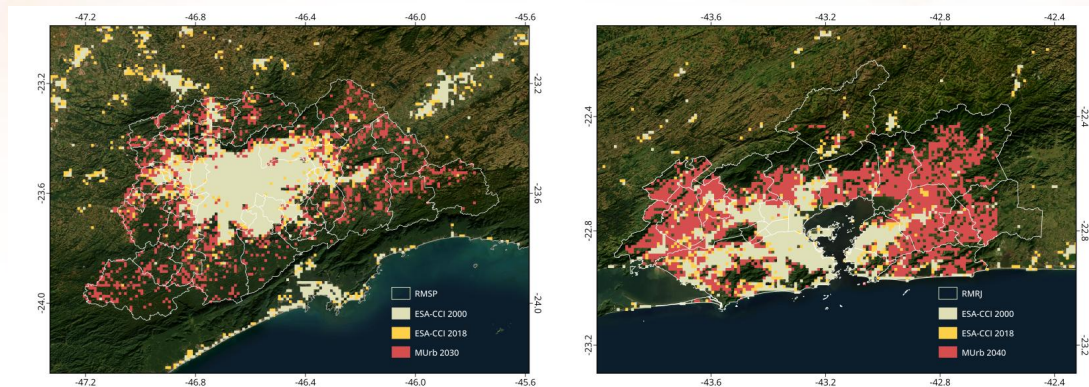
Período de integração: 1985-1989



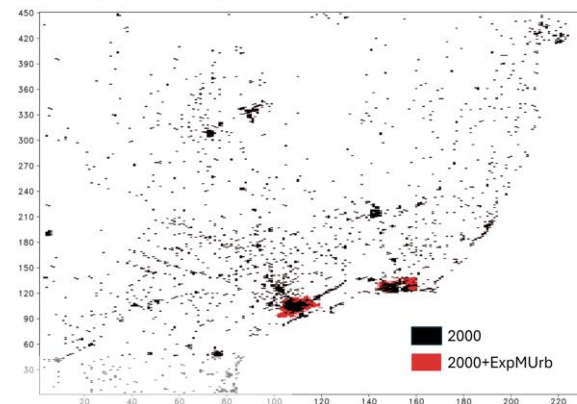
Simulações

Cenários de expansão 2030-2040

SIMULAÇÕES	Mapa de vegetação
CTL	Mapa ESA (2000)
LUCC	Mapa ESA (2000)+ExpMurb



Grade E
14: Urban



Cenário de Expansão Urbana:

- Young (2013): Urban expansion and environmental risk in the São Paulo Metropolitan Area
- Oscar Júnior (2018): Governança Territorial em Nível Metropolitano e Risco da Mudança Climática no Rio de Janeiro

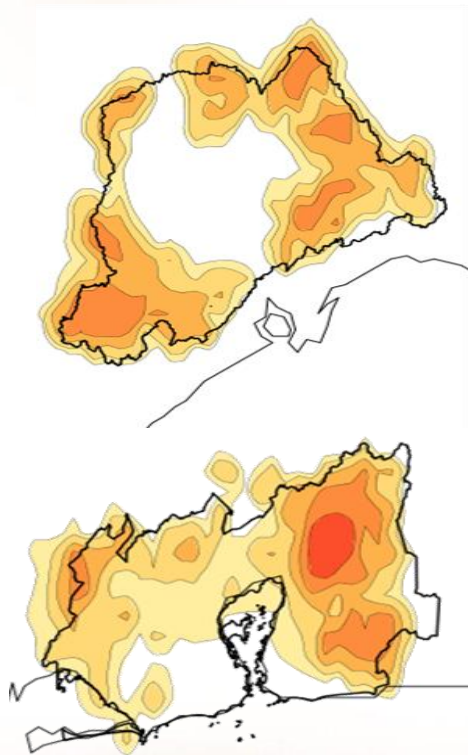
Resultados

MÉDIAS ANUAIS DOS 4 ANOS

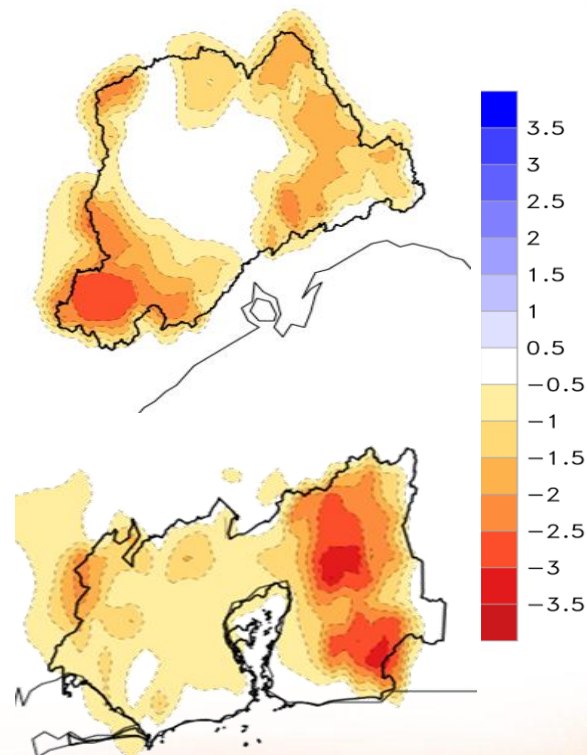
Simulações Eta-ERA5 5 km

LUCC – CTL

Temperatura próximo a superfície (°C)
TP2M



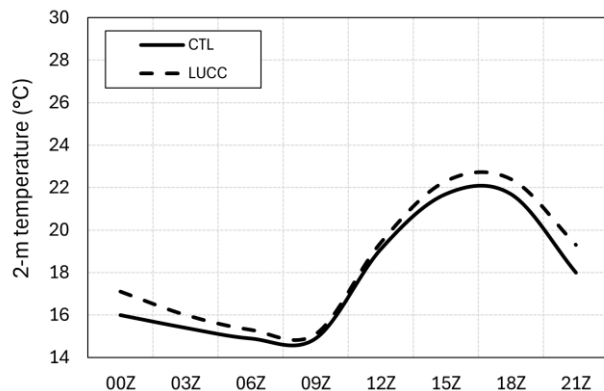
Umidade relativa (%)
UR2M



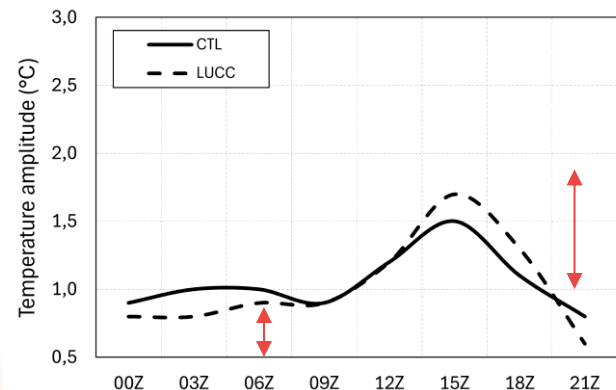
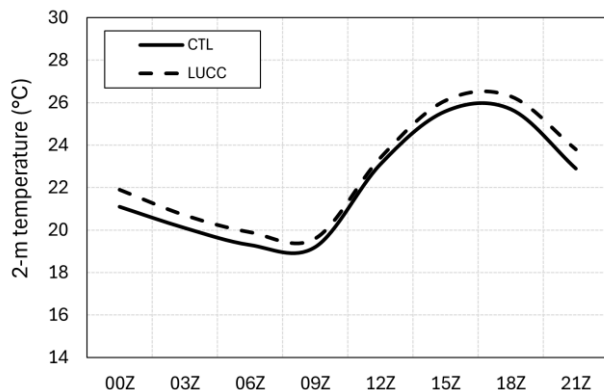
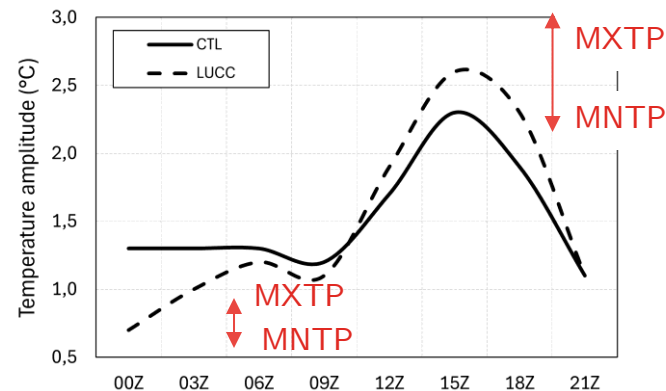
Resultados



TP2M (°C)



ATD = MXTP-MNTP



Resultados

Índice de calor (Heat Index; Rothfusz, 1990, Steadman, 1979)

Temperature Relative humidity	80 °F (27 °C)	82 °F (28 °C)	84 °F (29 °C)	86 °F (30 °C)	88 °F (31 °C)	90 °F (32 °C)	92 °F (33 °C)	94 °F (34 °C)	96 °F (36 °C)	98 °F (37 °C)	100 °F (38 °C)	102 °F (39 °C)	104 °F (40 °C)	106 °F (41 °C)	108 °F (42 °C)	110 °F (43 °C)
40%	80 °F (27 °C)	81 °F (27 °C)	83 °F (28 °C)	85 °F (29 °C)	88 °F (31 °C)	91 °F (33 °C)	94 °F (34 °C)	97 °F (36 °C)	101 °F (38 °C)	105 °F (41 °C)	109 °F (43 °C)	114 °F (46 °C)	119 °F (48 °C)	124 °F (51 °C)	130 °F (54 °C)	136 °F (58 °C)
45%	80 °F (27 °C)	82 °F (28 °C)	84 °F (29 °C)	87 °F (31 °C)	89 °F (32 °C)	93 °F (34 °C)	96 °F (36 °C)	100 °F (38 °C)	104 °F (40 °C)	109 °F (43 °C)	114 °F (46 °C)	119 °F (48 °C)	124 °F (51 °C)	130 °F (54 °C)	137 °F (58 °C)	
50%	81 °F (27 °C)	83 °F (28 °C)	85 °F (29 °C)	88 °F (31 °C)	91 °F (33 °C)	95 °F (35 °C)	99 °F (37 °C)	103 °F (39 °C)	108 °F (42 °C)	113 °F (45 °C)	118 °F (48 °C)	124 °F (51 °C)	131 °F (55 °C)	137 °F (58 °C)		
55%	81 °F (27 °C)	84 °F (29 °C)	86 °F (30 °C)	89 °F (32 °C)	93 °F (34 °C)	97 °F (36 °C)	101 °F (38 °C)	106 °F (41 °C)	112 °F (44 °C)	117 °F (47 °C)	124 °F (51 °C)	130 °F (54 °C)	137 °F (58 °C)			
60%	82 °F (28 °C)	84 °F (29 °C)	88 °F (31 °C)	91 °F (33 °C)	95 °F (35 °C)	100 °F (38 °C)	105 °F (41 °C)	110 °F (43 °C)	116 °F (47 °C)	123 °F (51 °C)	129 °F (54 °C)	137 °F (58 °C)				
65%	82 °F (28 °C)	85 °F (29 °C)	89 °F (32 °C)	93 °F (34 °C)	98 °F (37 °C)	103 °F (39 °C)	108 °F (42 °C)	114 °F (46 °C)	121 °F (49 °C)	128 °F (53 °C)	136 °F (58 °C)					
70%	83 °F (28 °C)	86 °F (30 °C)	90 °F (32 °C)	95 °F (35 °C)	100 °F (38 °C)	105 °F (41 °C)	112 °F (44 °C)	119 °F (48 °C)	126 °F (52 °C)	134 °F (57 °C)						
75%	84 °F (29 °C)	88 °F (31 °C)	92 °F (33 °C)	97 °F (36 °C)	103 °F (39 °C)	109 °F (43 °C)	116 °F (47 °C)	124 °F (51 °C)	132 °F (56 °C)							
80%	84 °F (29 °C)	89 °F (32 °C)	94 °F (34 °C)	100 °F (38 °C)	106 °F (41 °C)	113 °F (45 °C)	121 °F (49 °C)	129 °F (54 °C)								
85%	85 °F (29 °C)	90 °F (32 °C)	96 °F (36 °C)	102 °F (39 °C)	110 °F (43 °C)	117 °F (47 °C)	126 °F (52 °C)	135 °F (57 °C)								
90%	86 °F (30 °C)	91 °F (33 °C)	98 °F (37 °C)	105 °F (41 °C)	113 °F (45 °C)	122 °F (50 °C)	131 °F (55 °C)									
95%	86 °F (30 °C)	93 °F (34 °C)	100 °F (38 °C)	108 °F (42 °C)	117 °F (47 °C)	127 °F (53 °C)										
100%	87 °F (31 °C)	95 °F (35 °C)	103 °F (39 °C)	112 °F (44 °C)	121 °F (49 °C)	132 °F (56 °C)										

- Cuidado – Possível fadiga em casos de exposições prolongadas e prática de atividades físicas.
- Cuidado extremo – Possibilidade de câimbras, esgotamento físico e insolação para exposições prolongadas e atividades físicas.
- Perigo – Câimbras, insolação, esgotamento físico. Possibilidade de danos cerebrais (AVC) para exposições prolongadas com atividades físicas.
- Perigo extremo – Insolação; risco de Acidente Vascular Cerebral (AVC) iminente.

- Combina temperatura + umidade**
Indica a sensação térmica real.
- Alta umidade** dificulta a evaporação do suor
Corpo esquenta mais rápido.
- Impactos na saúde:**
Fadiga, insolação, desidratação.

DJF

Região	CTL	LUCC
RMSP	21,8	22,1
Juquitiba	20,4	21,1
RMRJ	26,6	27,2
Cachoeiras de Macacu	25,3	26,2

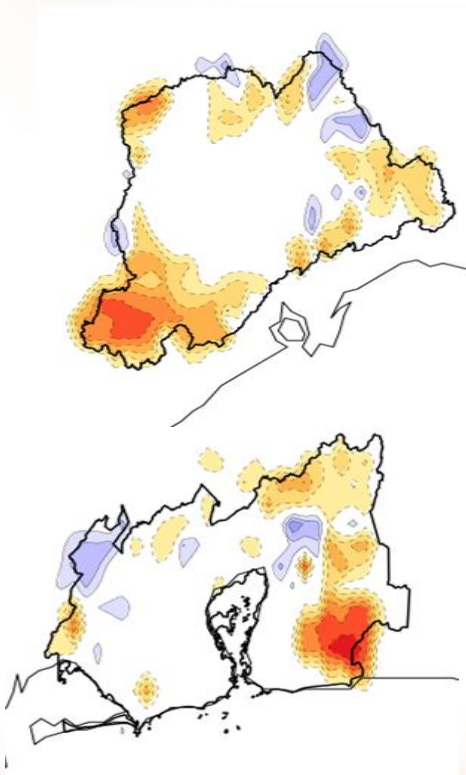
Resultados

MÉDIAS ANUAIS DOS 4 ANOS

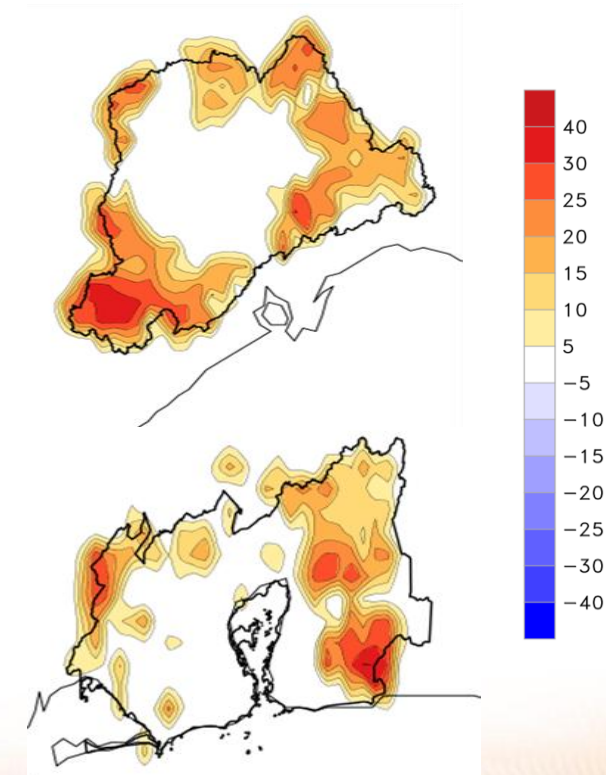
Simulações Eta-ERA5 5 km

LUCC – CTL

Fluxo de Calor Latente (W/m²)
CLSF

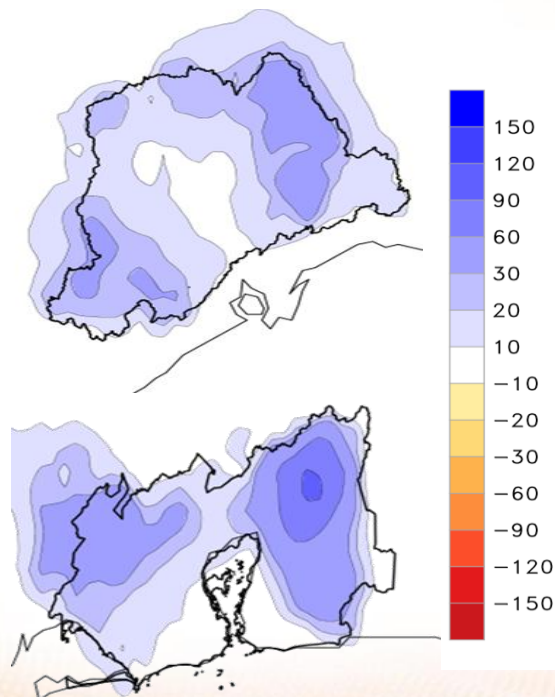


Fluxo de Calor Sensível (W/m²)
CSSF



Resultados

Altura da Camada Limite Planetária (m) HPBL



Índice de extremos climáticos

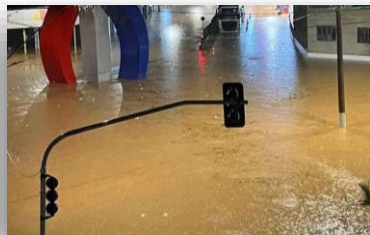
Índice	RSMP		RMRJ	
	Juquitiba		Cachoeiras de Macacu	
	CTL	LUCC	CTL	LUCC
P95 (mm)	33,5	34,6	39,7	42,7
P99 (mm)	63,3	64,8	69,3	71,9
R20mm (dias)	38,6	39,2	48,4	51,2
R50mm (dias)	8,2	9	11,1	13,2
R100mm (dias/4 anos)	1,5	2	2,3	2,8
RX1day (mm)	102,3	110,4	108,5	111,1
RX5day (mm)	266,9	265	237,6	265

Considerações

Aumento da **temperatura** ($0,6^{\circ}\text{C}$ a 1°C) e redução da **umidade** (1,5% a 3%).

Essas mudanças alteram o balanço de energia local e elevam a camada limite atmosférica.

Aumento de **eventos de chuvas extremas** (p95, p99, RX1day, RX5day, R20mm, R50mm e R100mm)



Próximos passos

Efeito Combinado de Duas Forçantes:

Análise da interação entre a urbanização (forçante antrópica) e o aumento da concentração dos GEE.

Potencialização de Extremos:

Compreender como essa combinação pode potencializar eventos meteorológicos extremos

Projeções mais realistas:

As projeções de mudanças climáticas futuras se tornarão mais próximas da realidade, pois incluirão os efeitos da urbanização

Maior Confiabilidade:

Isso resultará em cenários mais confiáveis para o planejamento



Obrigada!

priscila.tavares@inpe.br

There is no planet B!

