

Estudos de projeções de mudanças do clima para a Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno –RIDE

no âmbito do projeto GEF/CITinova - “Promovendo cidades sustentáveis no Brasil por meio de planejamento urbano integrado e do investimento em tecnologias inovadoras”

Equipe

Iracema F.A. Cavalcanti, Coordenadora responsável

Chou Sin Chan, coordenadora técnica

André de Arruda Lyra, pesquisador colaborador

Jorge Luís Gomes, pesquisador colaborador

Dragan Latinovic, pesquisador

Diego Chagas, especialista em dados

Elisa Giornes, especialista em dados



Secretaria de
Meio Ambiente e
Proteção Animal



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO



GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL

IBANEIS ROCHA

Secretário de Estado do Meio Ambiente

GUTEMBERG GOMES

Secretária-Executiva

ELEUTÉRIA GUERRA PACHECO MENDES

Equipe Secex/Sema-DF

SUZZIE VALLADARES

LEONEL GENEROSO

HUGO DE CARVALHO SOBRINHO

Coordenação executiva CITinova/CGEE/Sema

NAZARÉ SOARES

ANDRÉ SOUZA

Consultoria contratada

CENTRO DE GESTÃO DE PESQUISA, DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO – CGPDI

Tendências observadas em Brasília

Em **50 anos (1960 a 2010)**, em Brasília:

1. **UR < 30%** aumentou ocorrência de **24 dias/ano** para **50 dias/ano** (com significância estatística)
2. Máximas Temperaturas mínimas (**noites quentes**) aumentou em **2.3°C** (com significância estatística)
3. Precipitação anual aumentou (sem significância estatística).

Por Morgana de Almeida em Menezes et al. (2016)

OBJETIVO :

Caracterizar as mudanças do clima na RIDE no século 21

ABORDAGEM:

- Regionalização ('downscaling') de 4 modelos climáticos globais (**MIROC5, HadGEM2-ES, CanESM2 e BESM**), utilizando Modelo Eta do INPE
- 2 cenários de emissão de gases do efeito estufa: **RCP 4.5 e RCP8.5**
- Períodos futuros: **2011 a 2040, 2041 a 2070, 2071 a 2099**, considerando Período histórico de referência: **1961 a 1990**
- Temperatura do ar, precipitação, vento, umidade relativa e radiação solar à superfície terrestre.

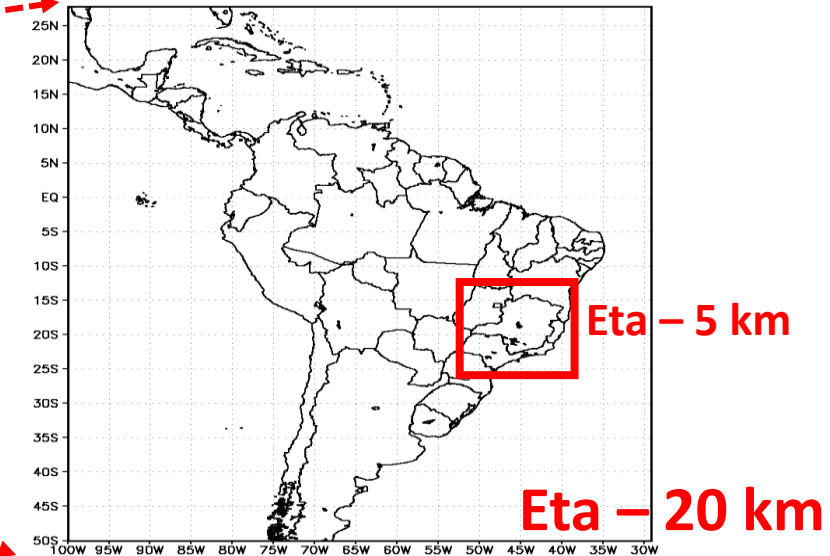
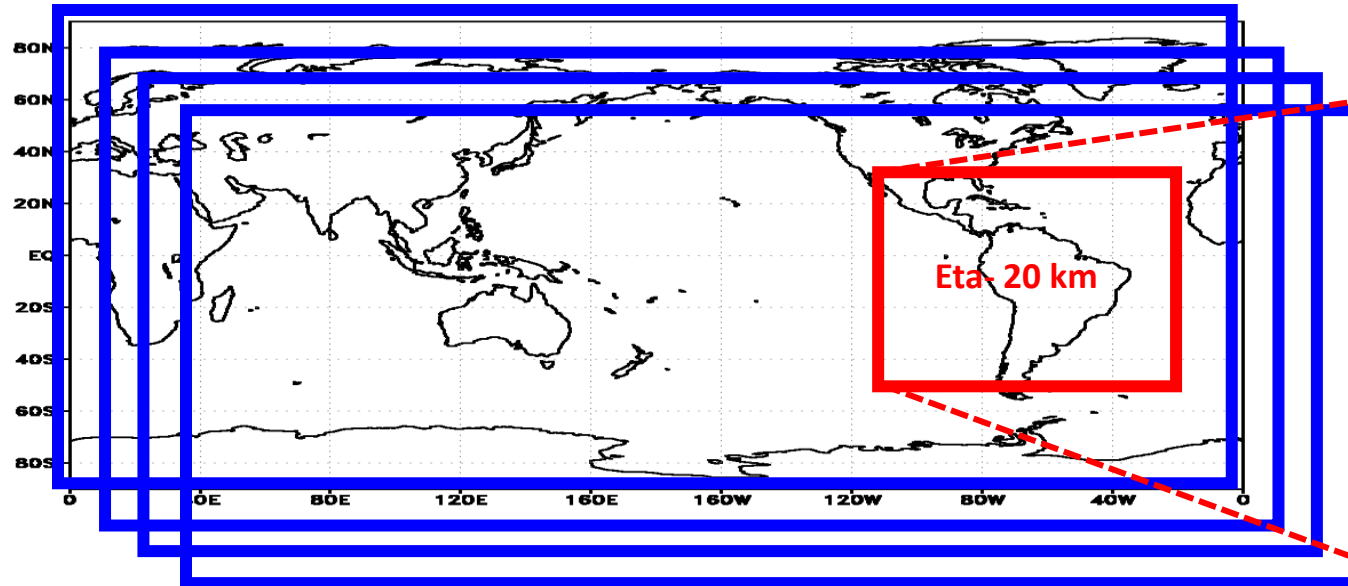
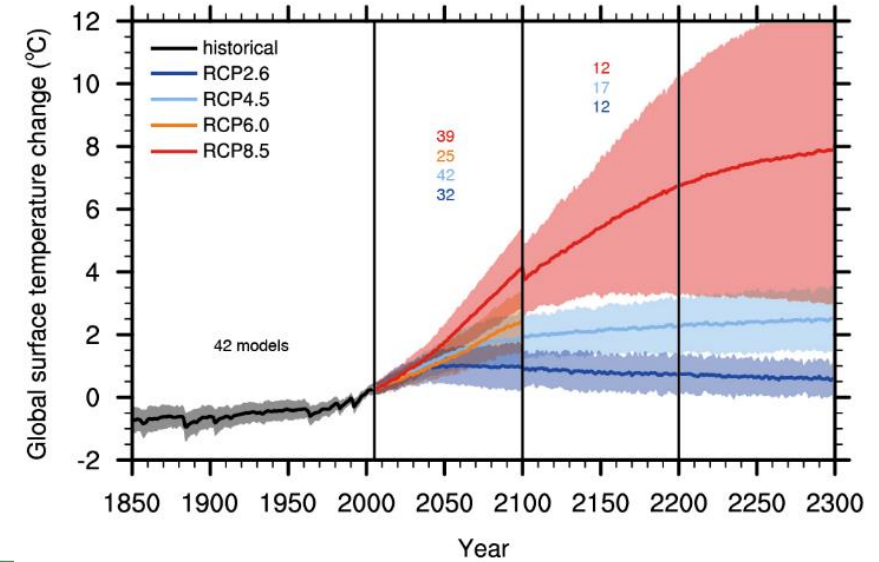
Eta 20km Downscaling Dinâmico - América Latina

4 modelos globais como CC

1. HadGEM2-ES
2. MIROC5
3. BESM
4. CanESM2

2 cenários de emissão

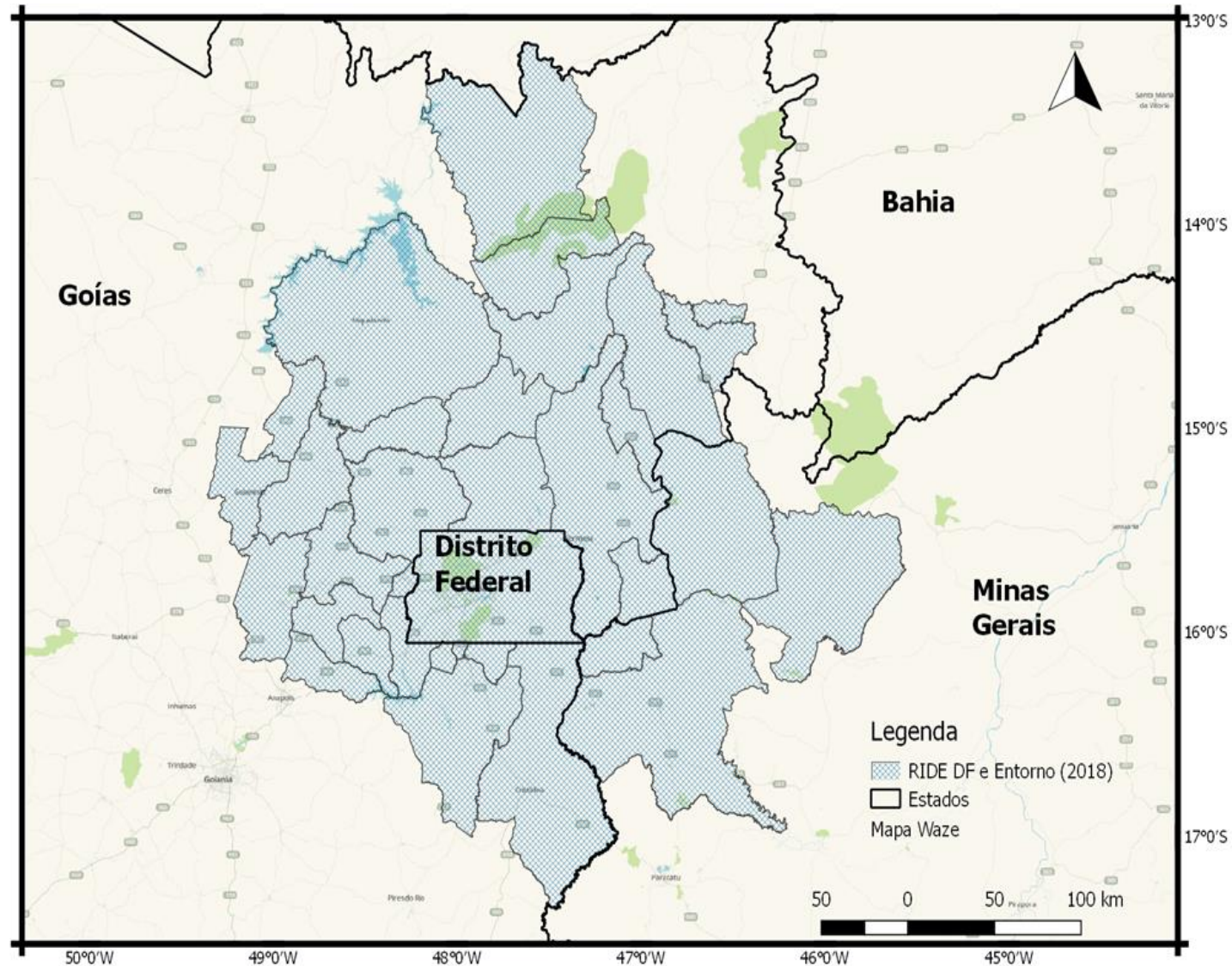
1. RCP 4.5 (moderado)
2. RCP 8.5 (alto)



Região de estudo

DF e mais 33 municípios

RIDE – Região Integrada de Desenvolvimento do DF e Entorno



GO

Abadiânia,
Água Fria de Goiás,
Águas Lindas,
Alexânia,
Alto Paraíso,
Alvorada do Norte,
Barro Alto,
Cabeceiras,
Cavalcante,
Cidade Ocidental,
Cocalzinho de Goiás,
Corumbá de Goiás,
Cristalina,
Flores de Goiás,
Formosa,
Goianésia,
Luziânia,
Mimoso de Goiás,
Niquelândia,

Novo Gama,
Padre Bernardo,
Pirenópolis,
Planaltina,
Santo Antônio do
Descoberto,
Valparaíso,
Vila Boa,
Vila Propício,
São João d'Aliança,
Simolândia.

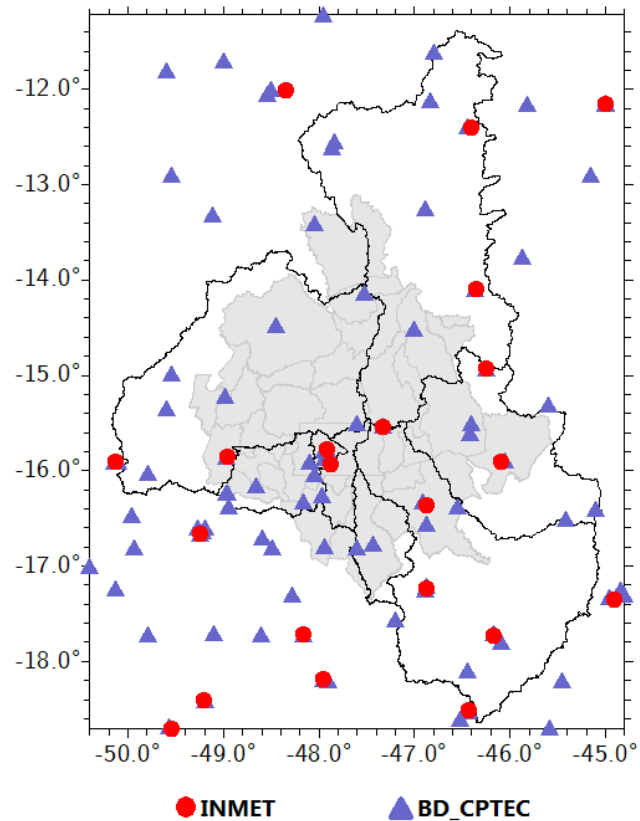
MG

Arinos,
Buritis,
Cabeceira Grande
Unaí

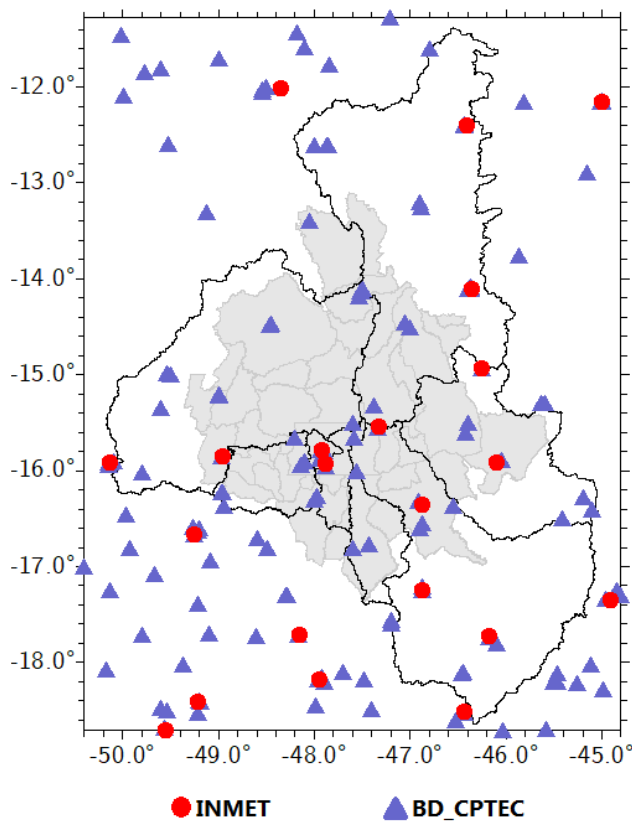
DF

Base de dados para correção do erro sistemático

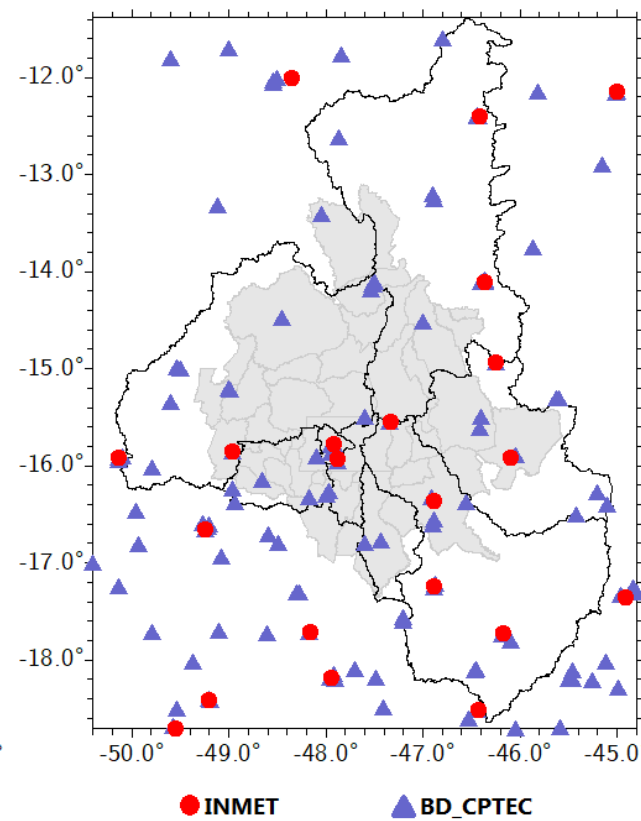
Estações TP2M



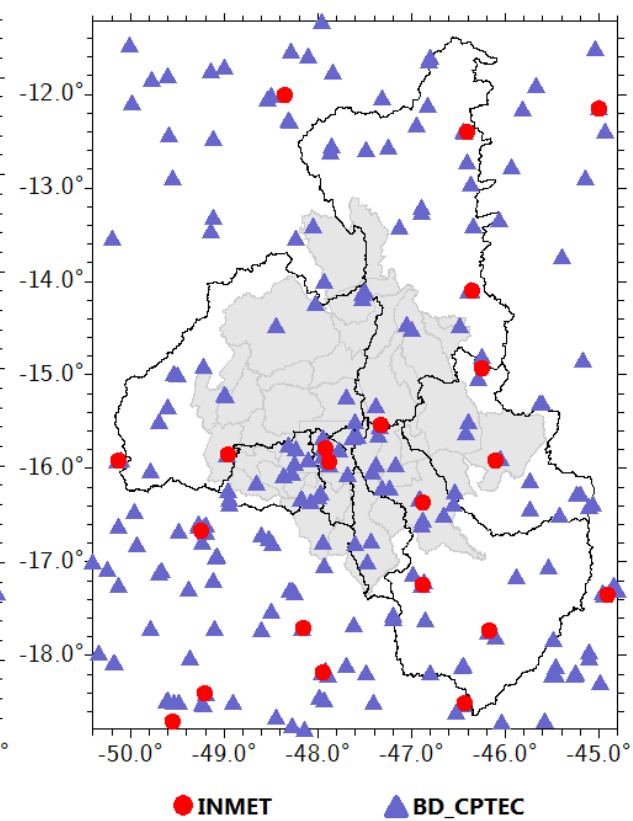
Estações TMIN



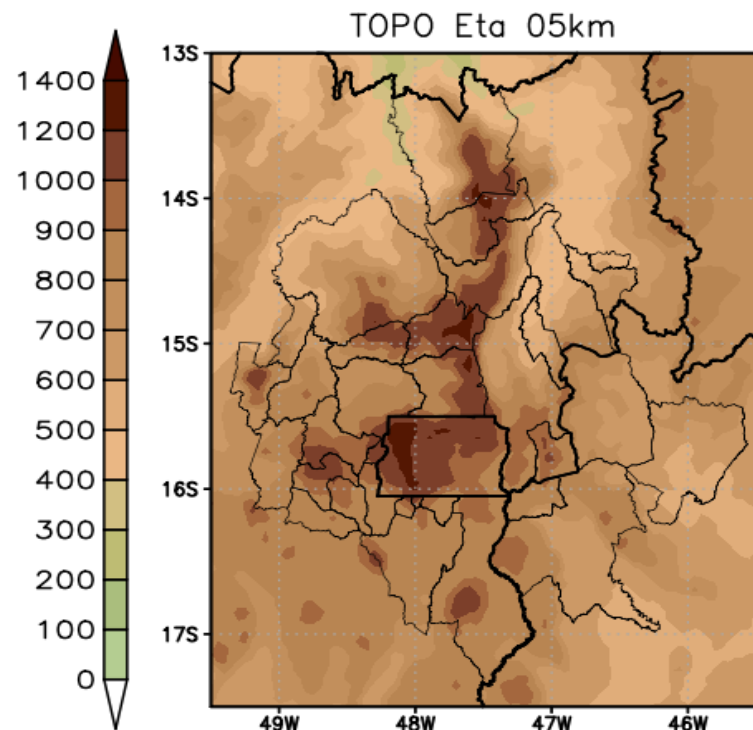
Estações TMAX



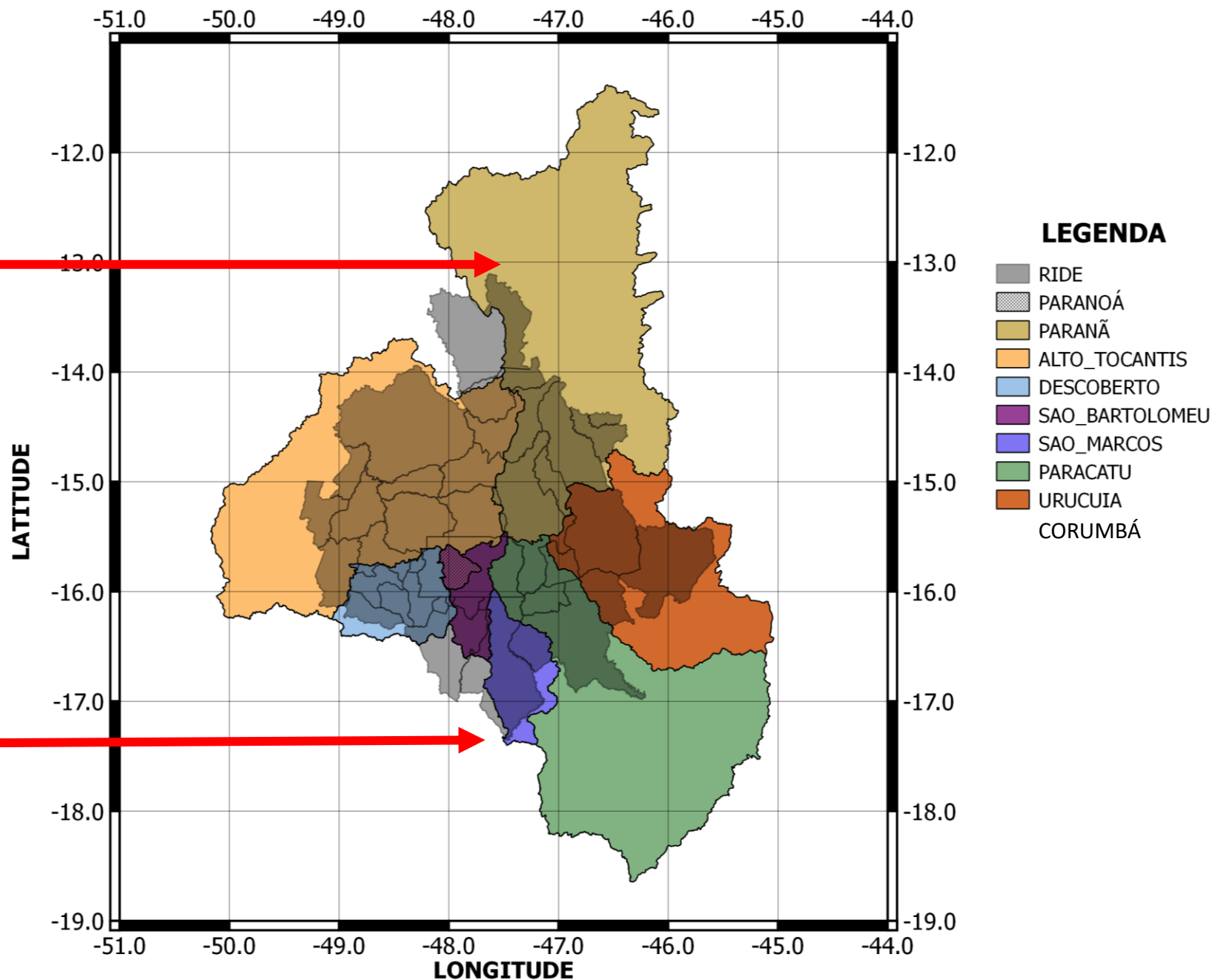
Estações PREC



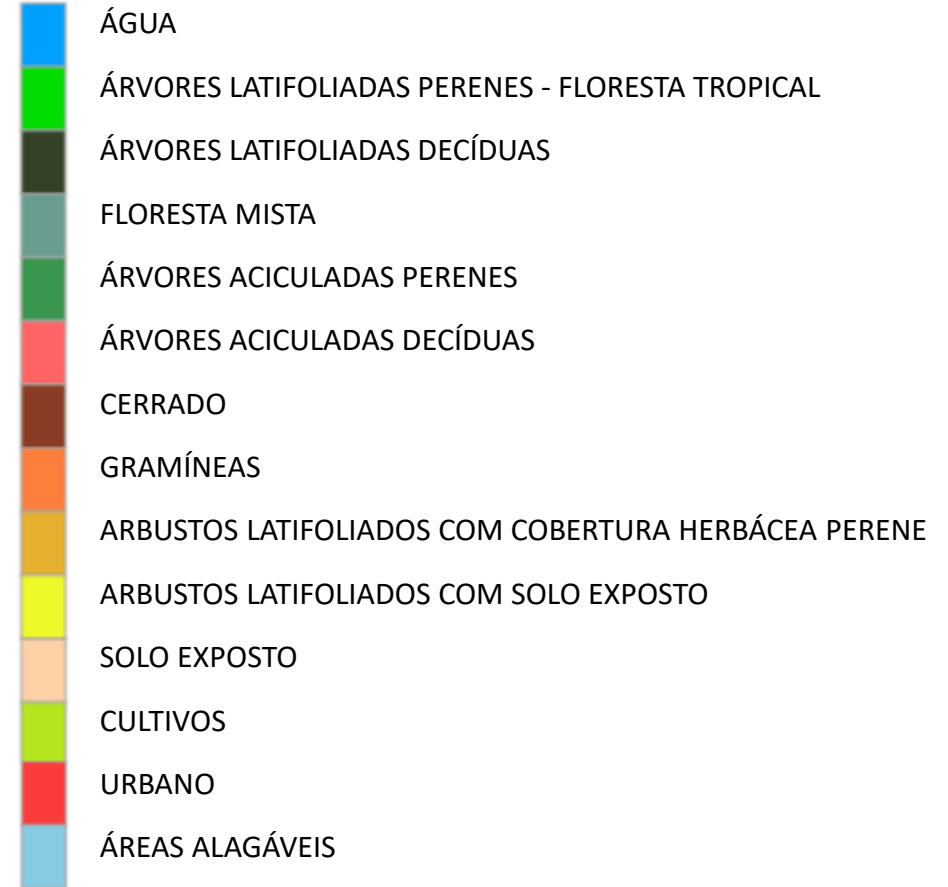
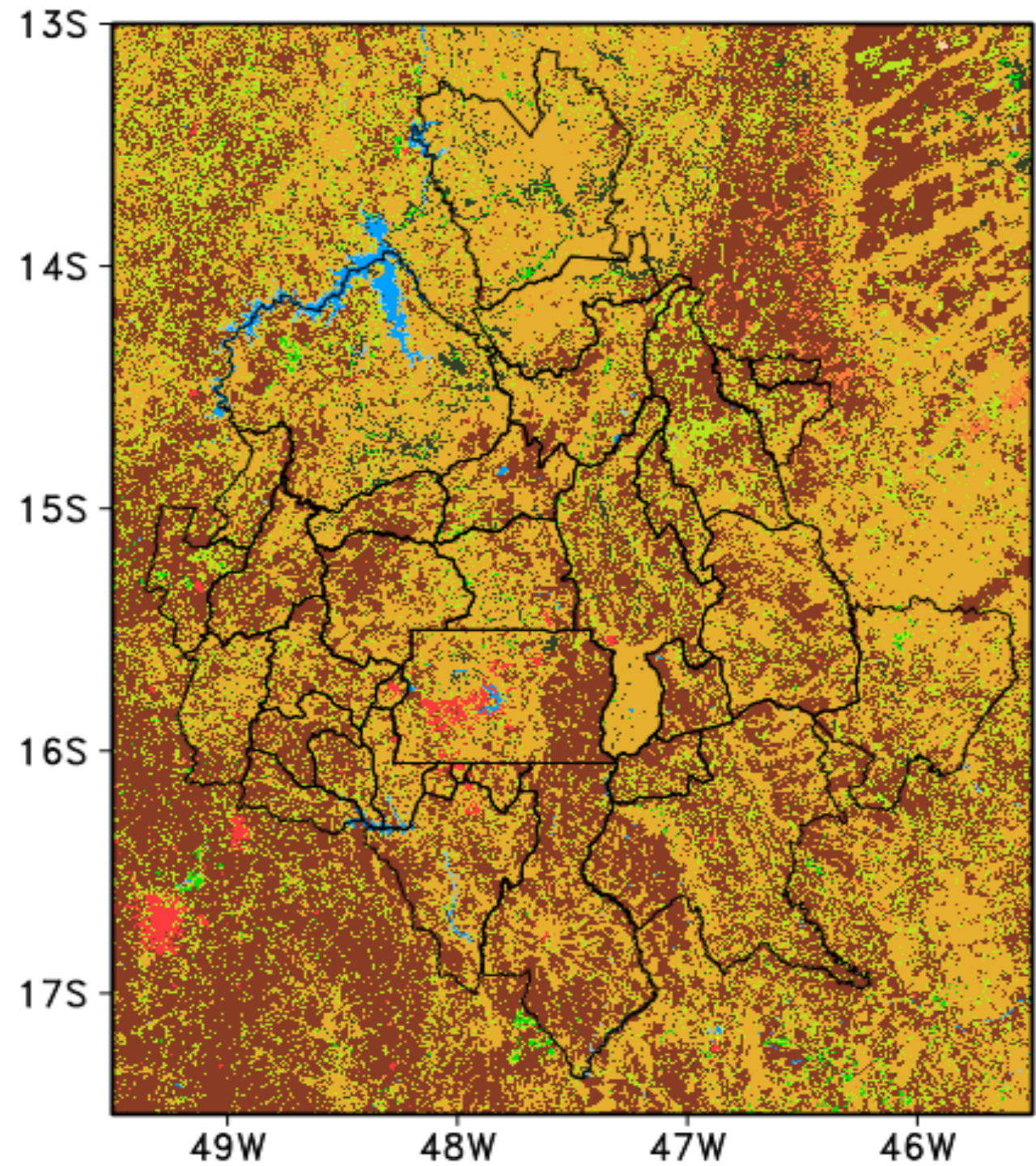
Topografia e bacias hidrográficas



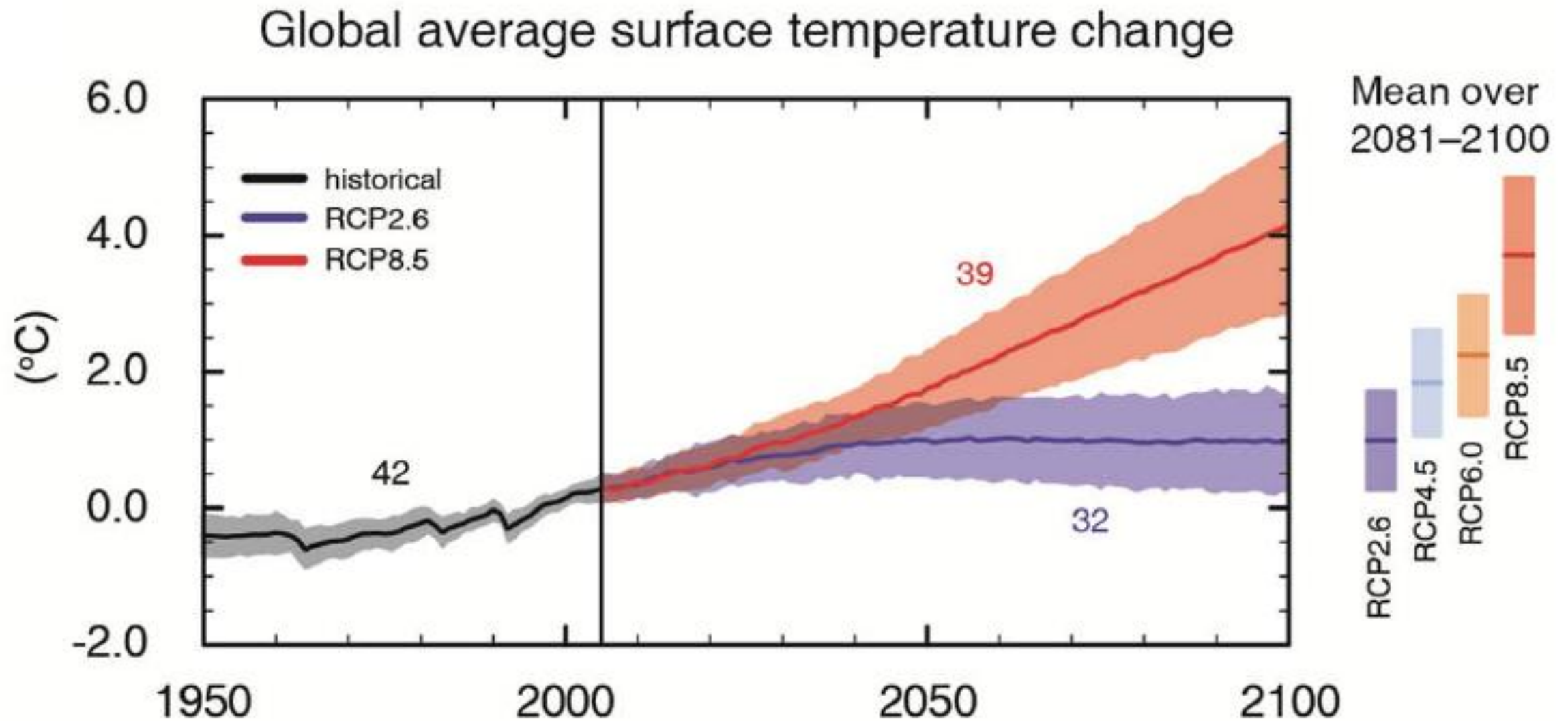
9 Bacias Hidrográficas, em
3 Ufs: DF, MG e GO



Cobertura Vegetal



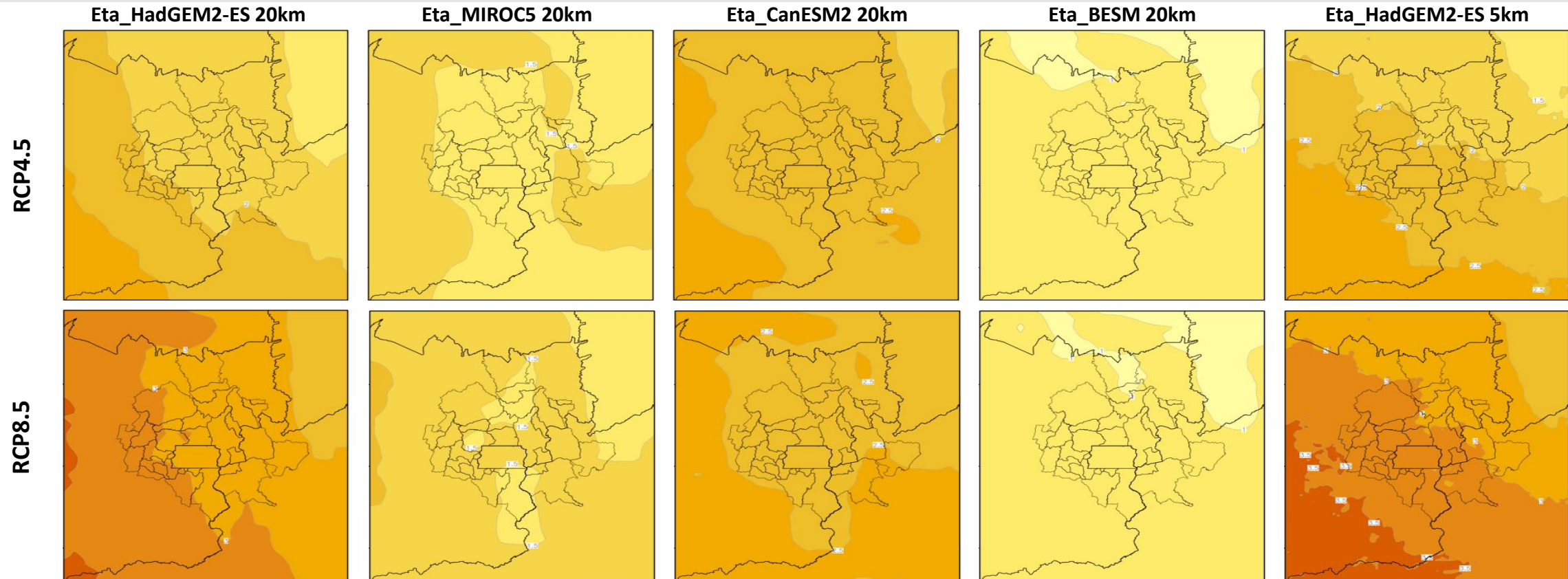
MUDANÇAS ANUAIS



Mudança de temperatura média global projetada da superfície de 2006 a 2100. As mudanças são relativas ao período de 1986 a 2005. A linha vermelha indica a mudança de temperatura que provavelmente ocorrerá se as emissões continuarem em seus níveis atuais. A linha azul indica a provável mudança de temperatura com grandes reduções quase imediatas nas emissões de gases de efeito estufa. A incerteza nas previsões é representada pelas áreas sombreadas. Adaptado de IPCC, 2014: Climate Change 2014: Relatório de Síntese. Contribuição dos Grupos de Trabalho I, II e III ao Quinto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima, Figura SPM.6. IPCC, Genebra, Suíça.

Publicação de origem

MUDANÇA NA TEMPERATURA MÉDIA ANUAL 2011-2040

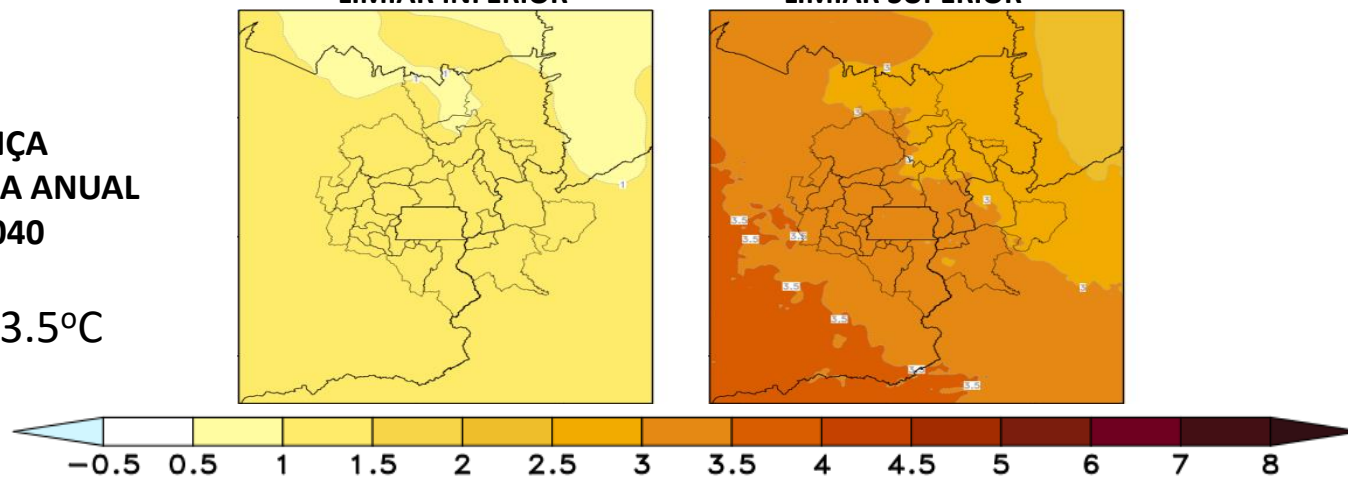


MUDANÇA
TEMPERATURA ANUAL
2011-2040

+ 1°C , + 3.5°C

LIMIAIR INFERIOR

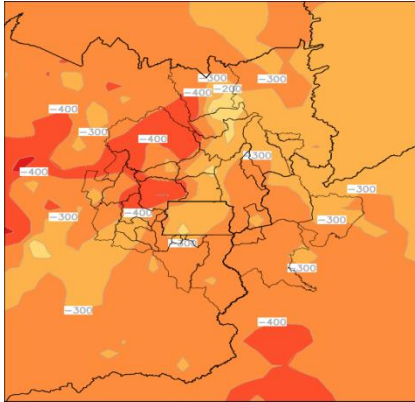
LIMIAIR SUPERIOR



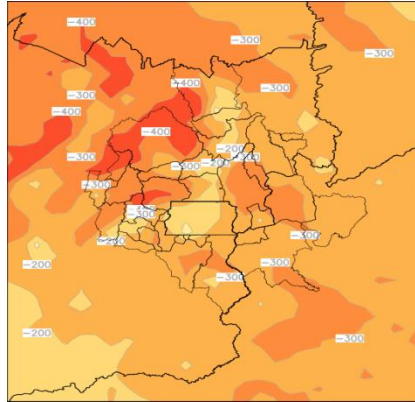
MUDANÇA NA PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL 2011-2040

RCP4.5

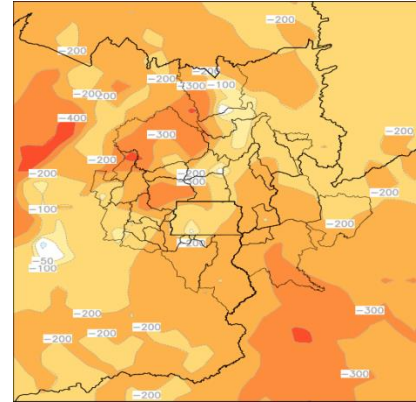
Eta_HadGEM2-ES 20km



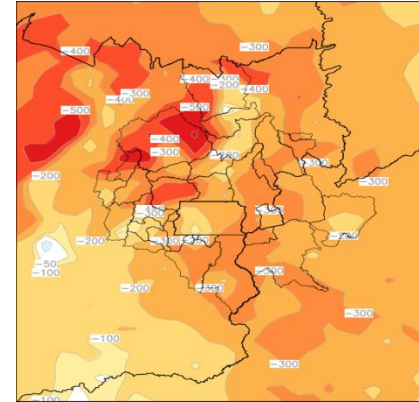
Eta_MIROC5 20km



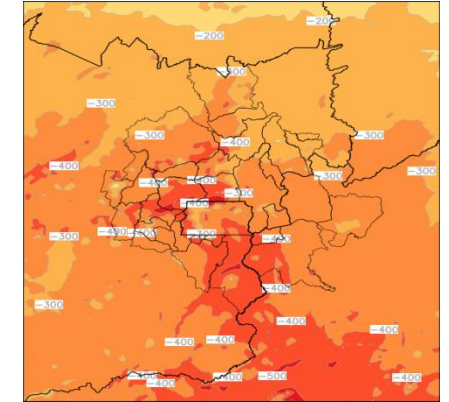
Eta_CanESM2 20km



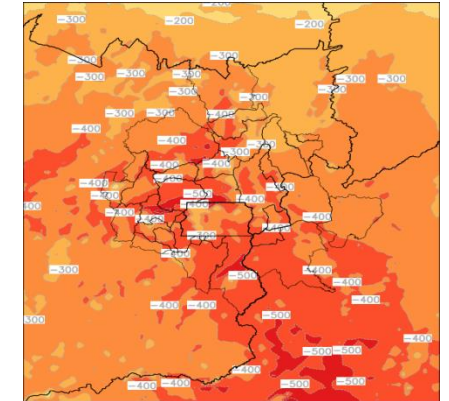
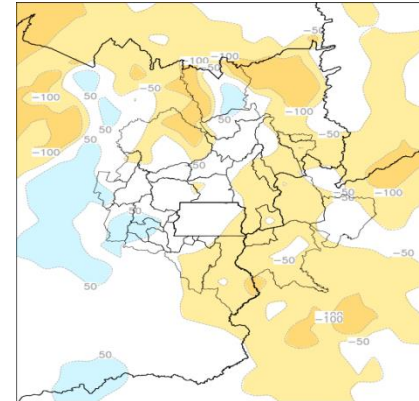
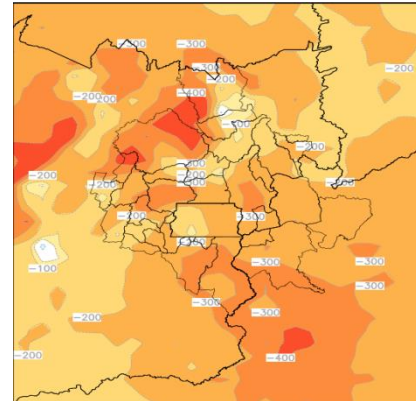
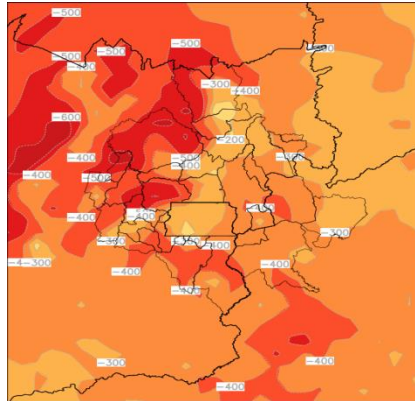
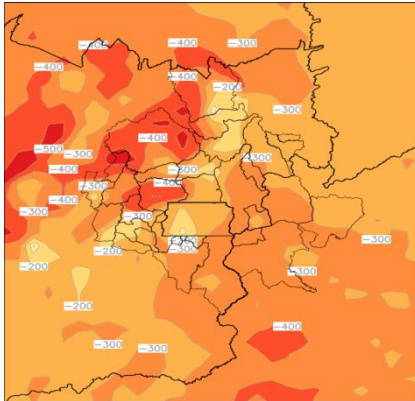
Eta_BESM 20km



Eta_HadGEM2-ES 5km



RCP8.5

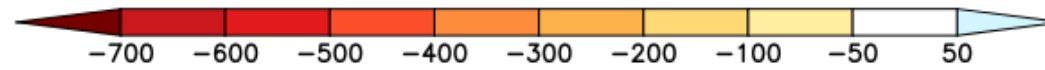
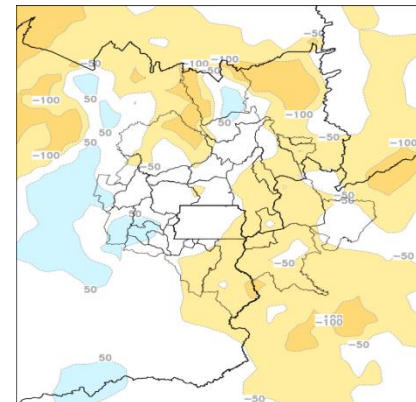
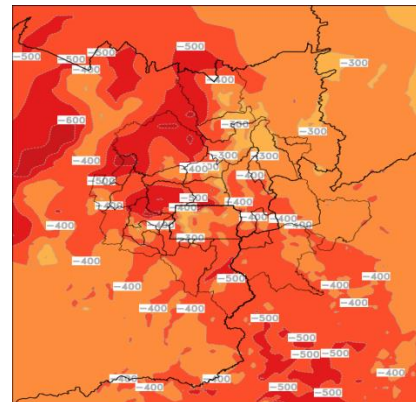


LIMIAR INFERIOR

LIMIAR SUPERIOR

CONSOLIDADO
PRECIPITAÇÃO ANUAL
2011-2040

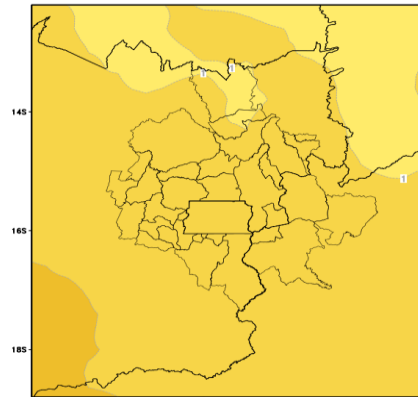
-600mm, + 50mm



Temperatura

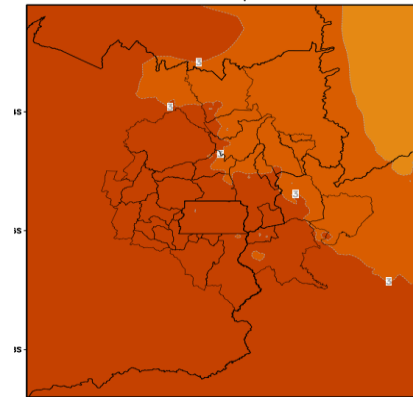
2011-2040

LIMIAIR INFERIOR



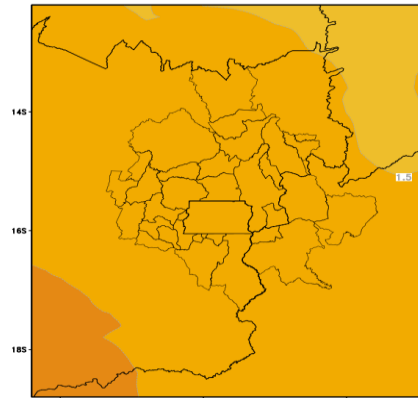
Mudanca de Temperatura 2041-2070
Limiar Inferior

LIMIAIR SUPERIOR

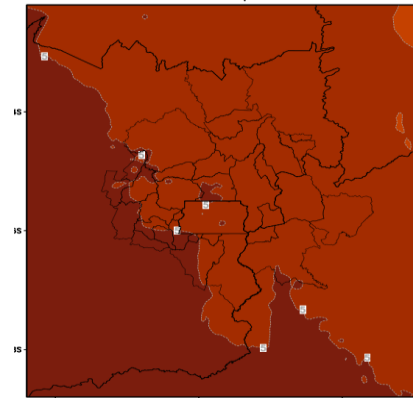


Mudanca de Temperatura 2041-2070
Limiar Superior

2041-2070

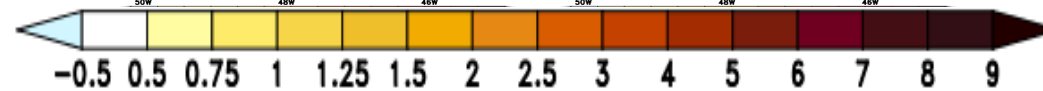
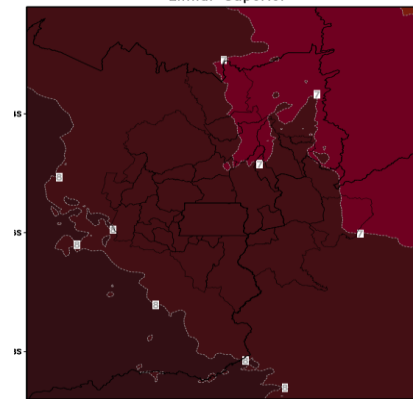
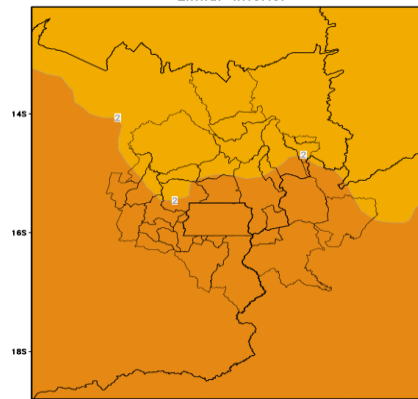


Mudanca de Temperatura 2071-2099
Limiar Inferior



Mudanca de Temperatura 2071-2099
Limiar Superior

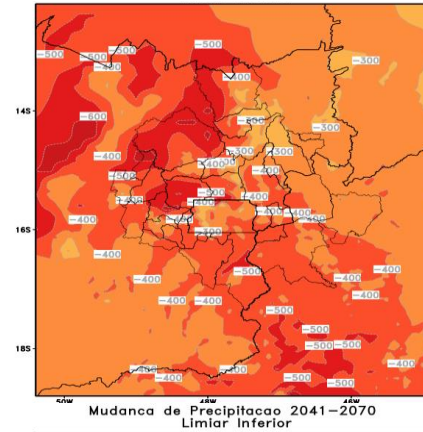
2071-2099



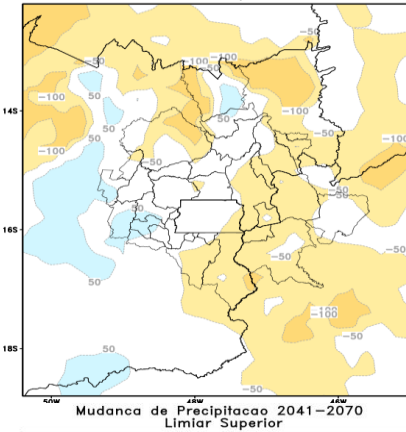
Precipitação

2011-2040

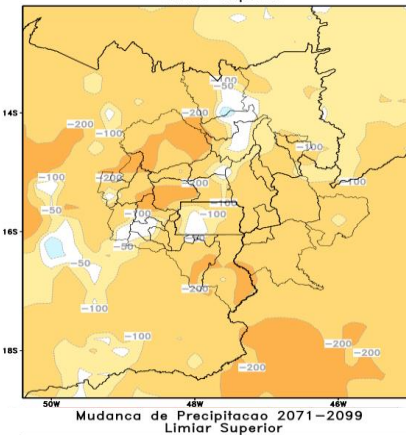
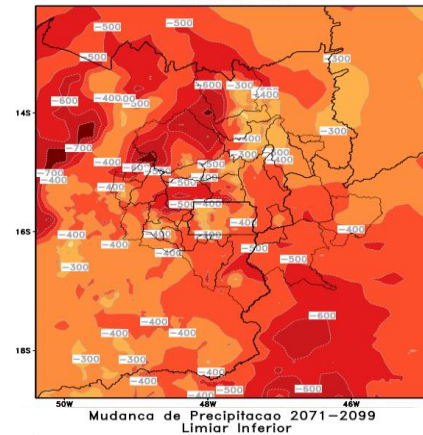
LIMIAIR INFERIOR



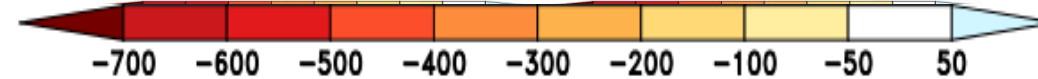
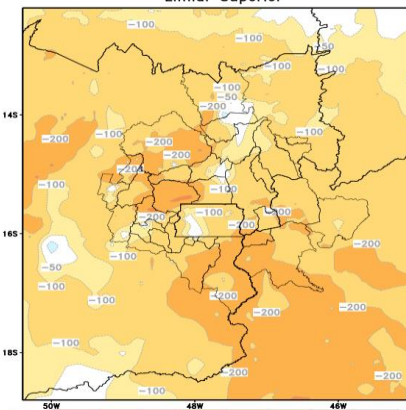
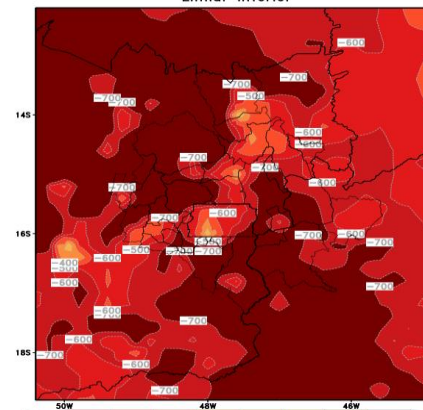
LIMIAIR SUPERIOR



2041-2070



2071-2099



**MUDANÇAS NA TEMPERATURA
POR ESTAÇÃO DO ANO
Período 2011-2040**

Eta-HadGEM2-E

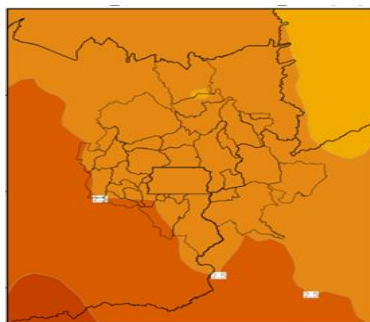
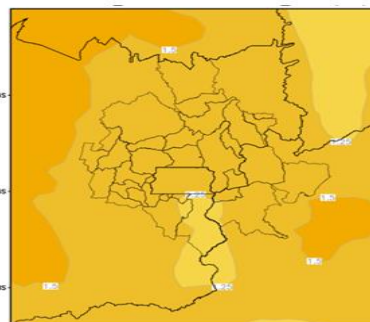
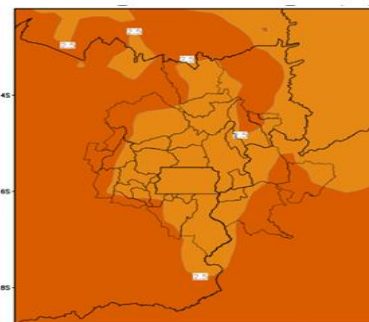
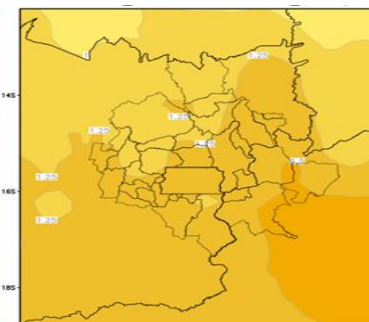
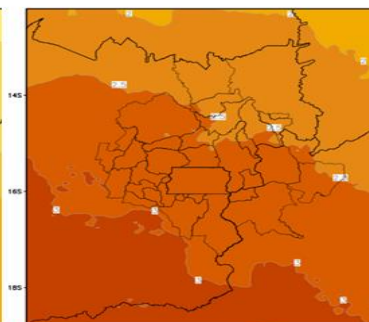
Eta-MIROC5

Eta-CanESM2

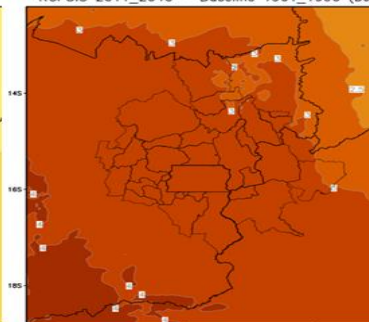
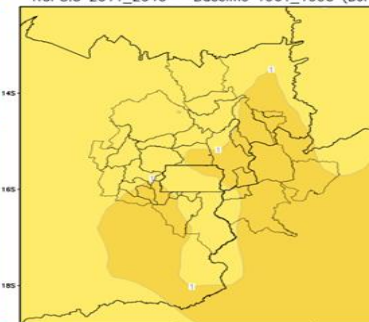
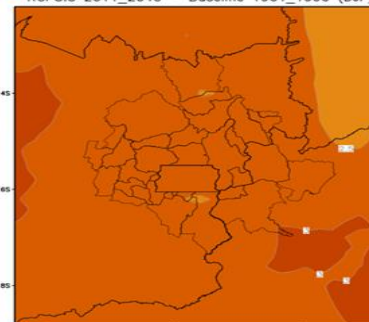
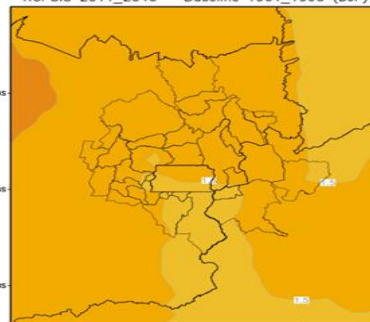
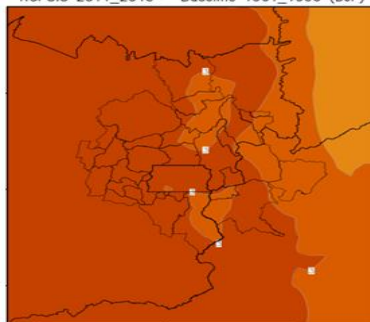
Eta-BESM

Eta5km-Eta-HADGEM2-ES

RCP4.5

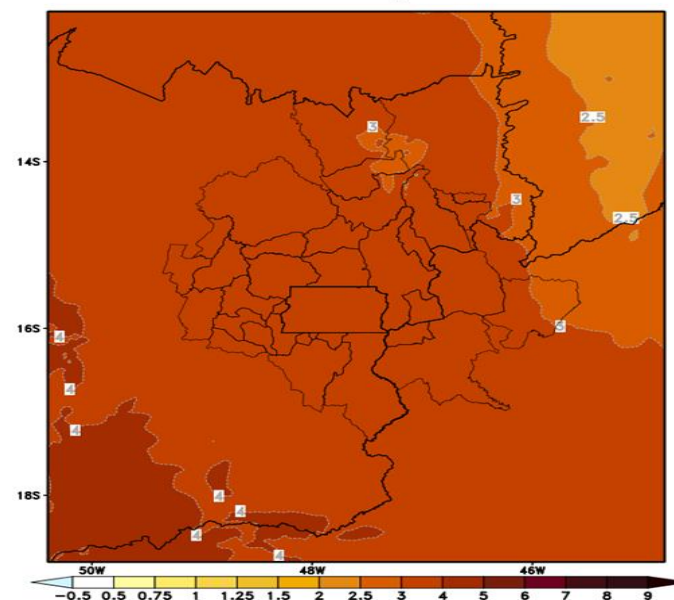
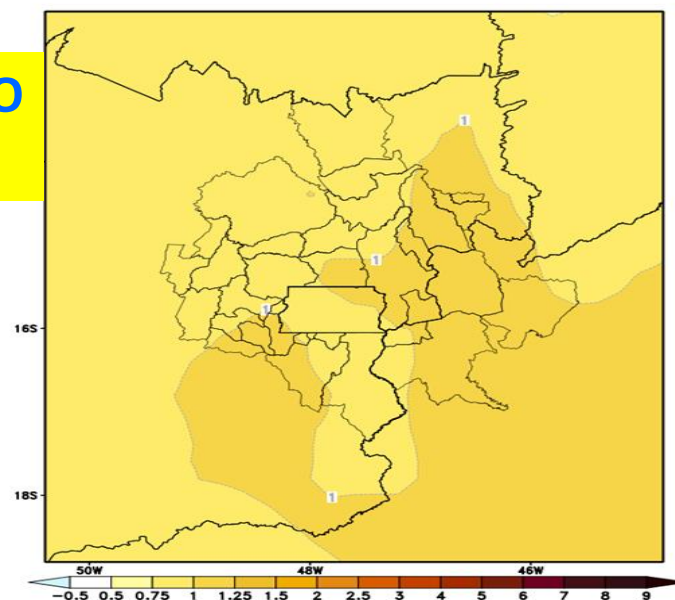
Mudança na Temperatura Eta-HadGEM2-ES 20km
RCP8.5 2011_2040 - Baseline 1961_1990 (DJF)Mudança na Temperatura Eta-MIROC5 20km
RCP8.5 2011_2040 - Baseline 1961_1990 (DJF)Mudança na Temperatura Eta-CanESM2 20km
RCP8.5 2011_2040 - Baseline 1961_1990 (DJF)Mudança na Temperatura Eta-BESM 20km
RCP8.5 2011_2040 - Baseline 1961_1990 (DJF)Mudança na Temperatura Eta-HadGEM2-ES 5km
RCP8.5 2011_2040 - Baseline 1961_1990 (DJF)

RCP8.5



Limiar inferior

Limiar superior

VERÃO
(DJF)

Eta-HadGEM2-E

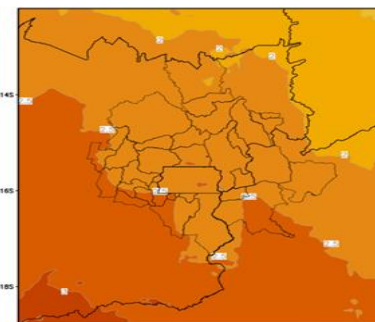
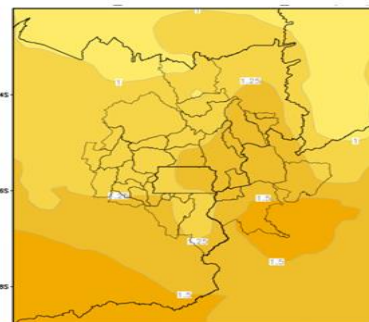
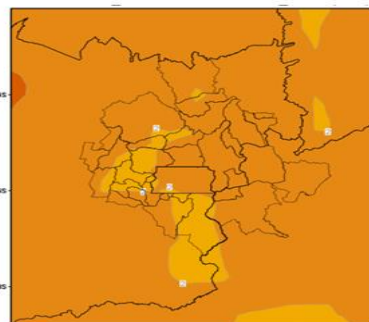
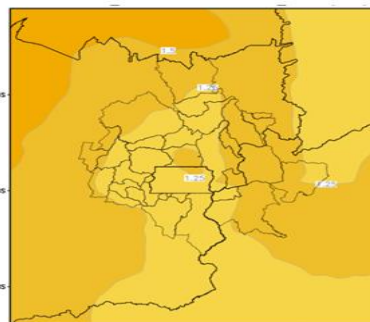
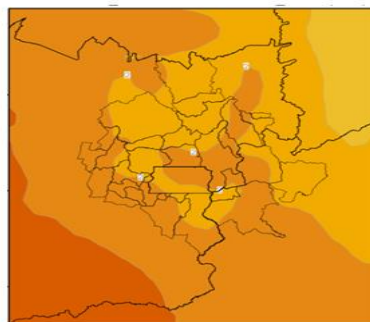
Eta-MIROC5

Eta-CanESM2

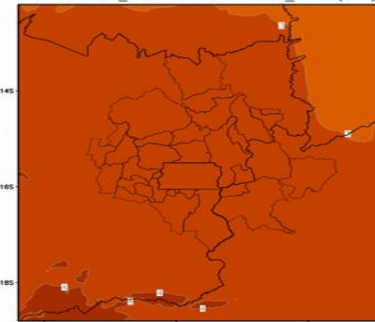
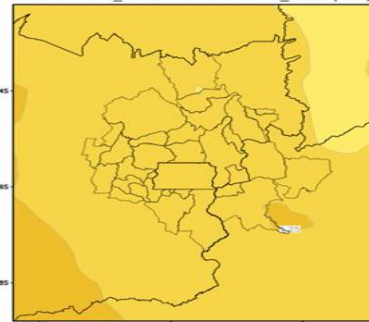
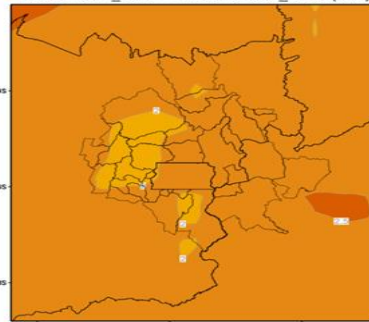
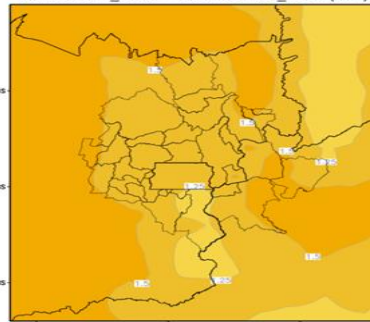
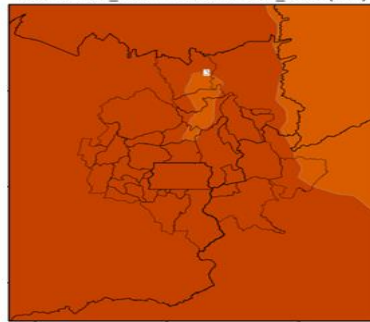
Eta-BESM

Eta5km-Eta-HADGEM2-ES

RCP4.5

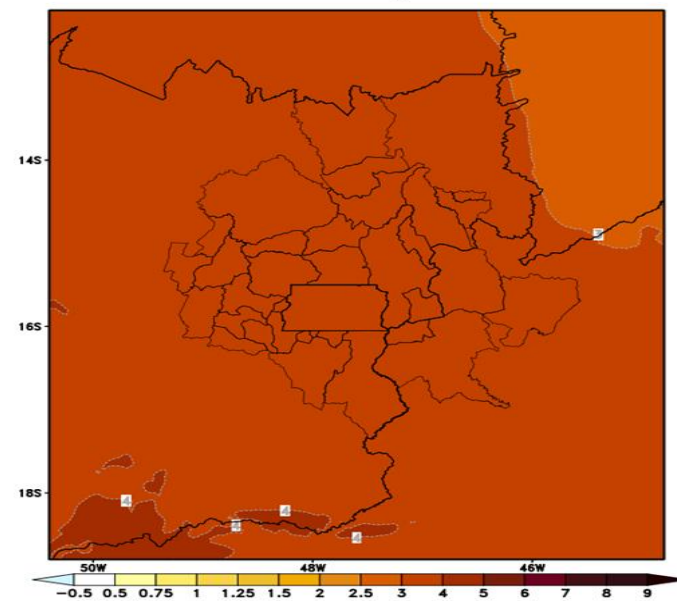
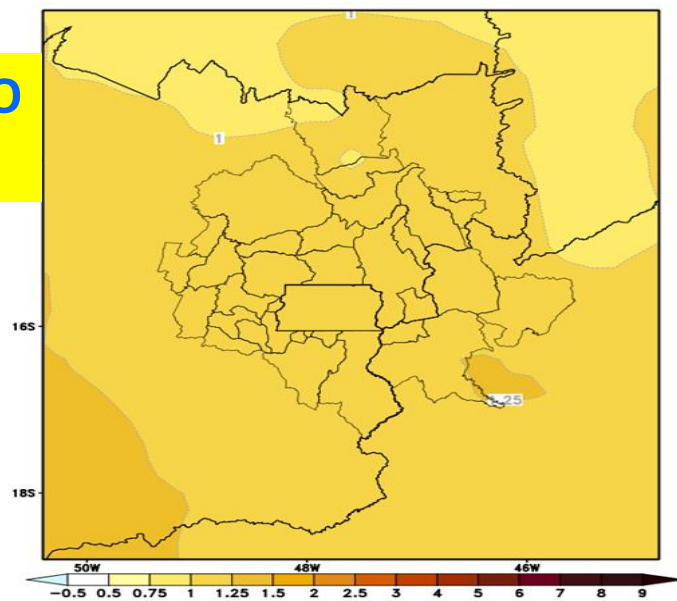
Mudanca na Temperatura Eta-HadGEM2-ES 20km
RCP8.5 2011_2040 - Baseline 1961_1990 (MAM)Mudanca na Temperatura Eta-MIROC5 20km
RCP8.5 2011_2040 - Baseline 1961_1990 (MAM)Mudanca na Temperatura Eta-CanESM2 20km
RCP8.5 2011_2040 - Baseline 1961_1990 (MAM)Mudanca na Temperatura Eta-BESM 20km
RCP8.5 2011_2040 - Baseline 1961_1990 (MAM)Mudanca na Temperatura Eta-HadGEM2-ES 5km
RCP8.5 2011_2040 - Baseline 1961_1990 (MAM)

RCP8.5



Limiar inferior

Limiar superior

OUTONO
(MAM)

Eta-HadGEM2-E

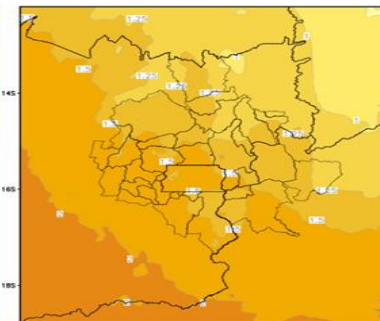
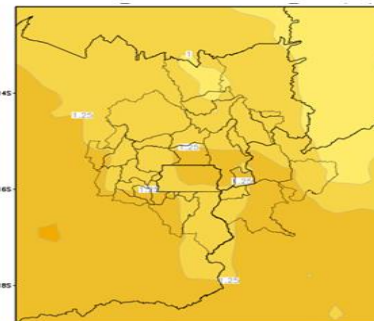
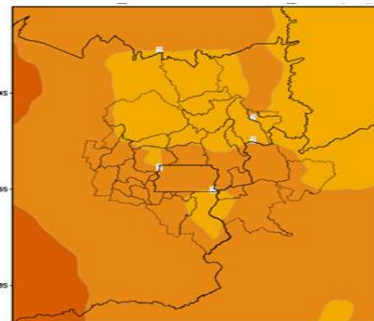
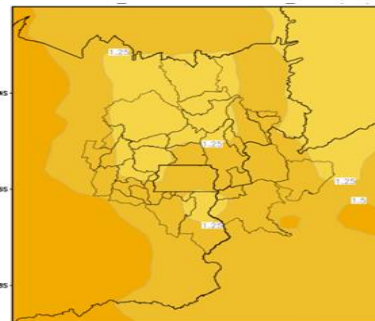
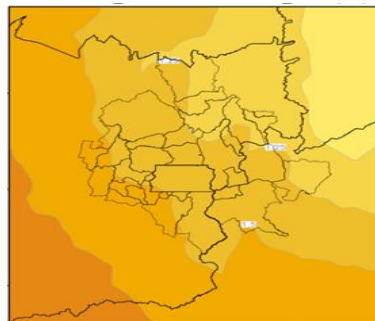
Eta-MIROC5

Eta-CanESM2

Eta-BESM

Eta5km-Eta-HADGEM2-ES

RCP4.5



Mudança na Temperatura Eta-HadGEM2-ES 20km
RCP8.5 2011_2040 - Baseine 1961_1990 (JJA)

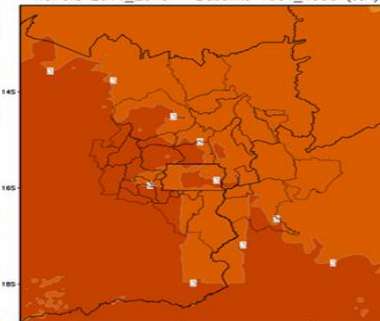
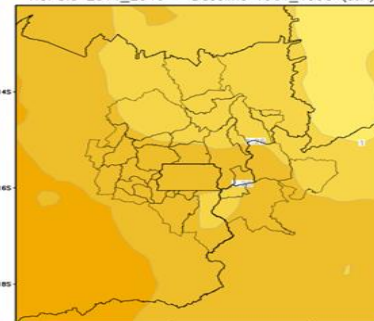
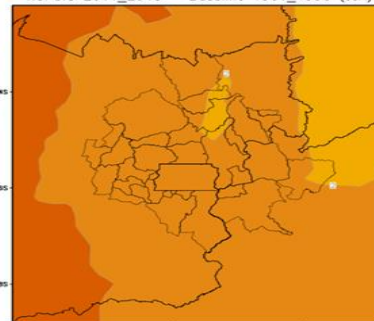
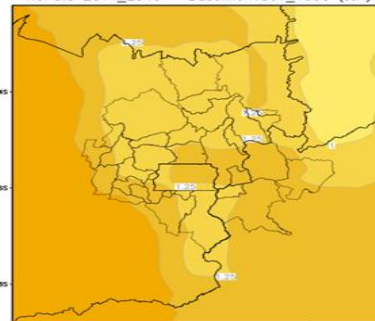
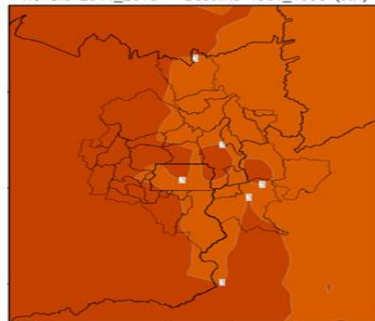
Mudança na Temperatura Eta-MIROC5 20km
RCP8.5 2011_2040 - Baseine 1961_1990 (JJA)

Mudança na Temperatura Eta-CanESM2 20km
RCP8.5 2011_2040 - Baseine 1961_1990 (JJA)

Mudança na Temperatura Eta-BESM 20km
RCP8.5 2011_2040 - Baseine 1961_1990 (JJA)

Mudança na Temperatura Eta-HadGEM2-ES 5km
RCP8.5 2011_2040 - Baseine 1961_1990 (JJA)

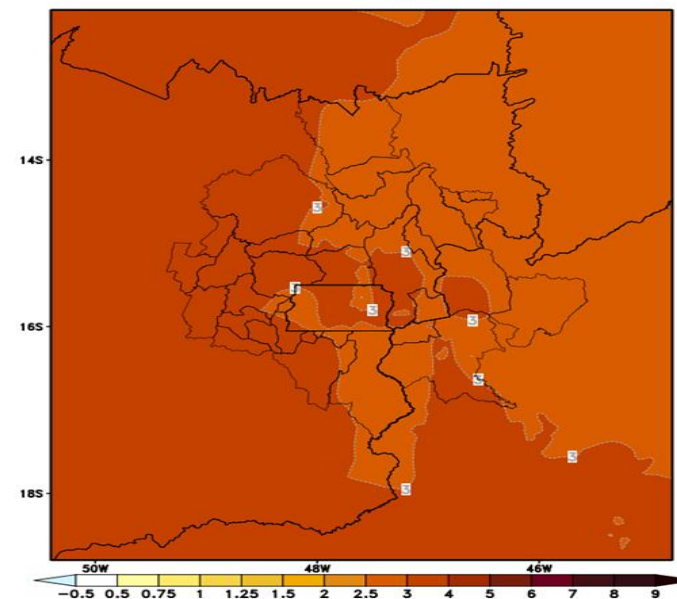
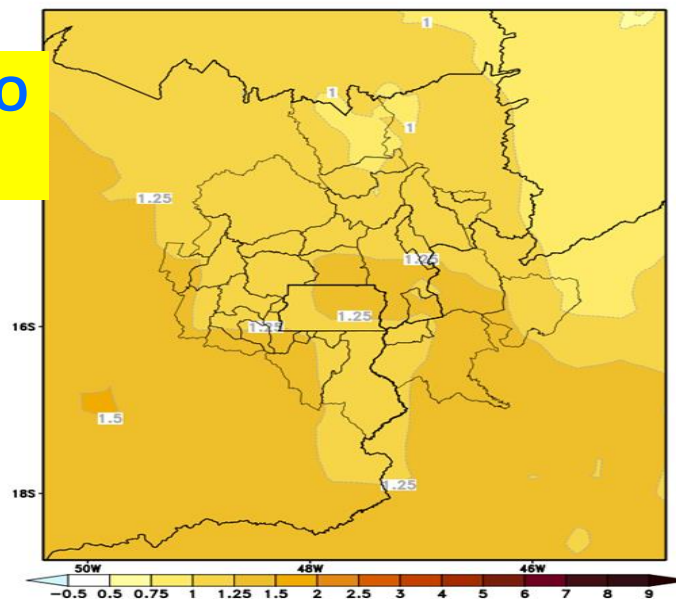
RCP8.5



Limiar inferior

Limiar superior

INVERNO
(JJA)



Eta-HadGEM2-E

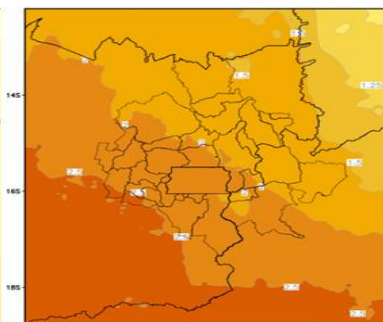
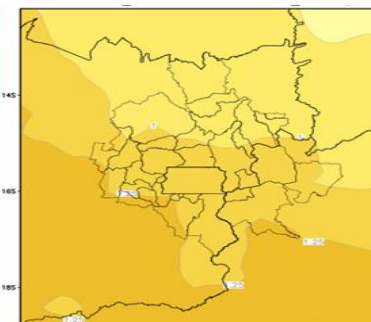
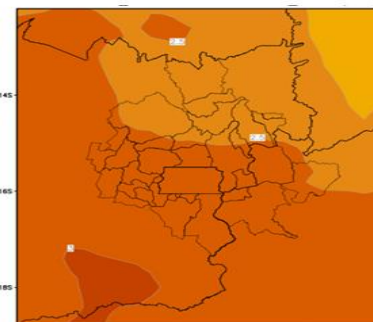
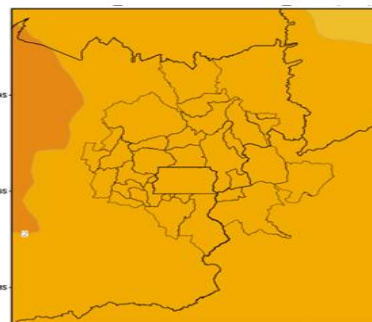
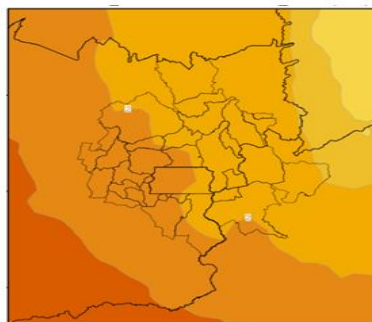
Eta-MIROC5

Eta-CanESM2

Eta-BESM

Eta5km-Eta-HADGEM2-ES

RCP4.5



Mudança na Temperatura Eta-HadGEM2-ES 20km

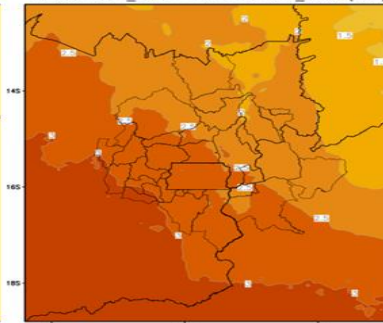
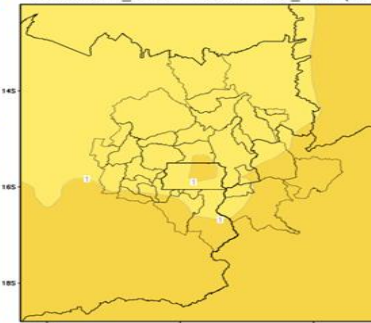
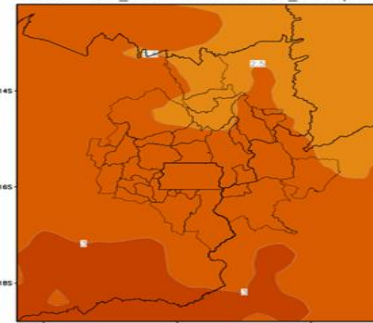
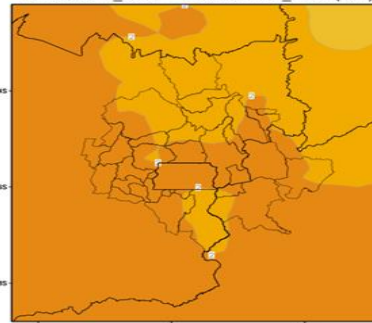
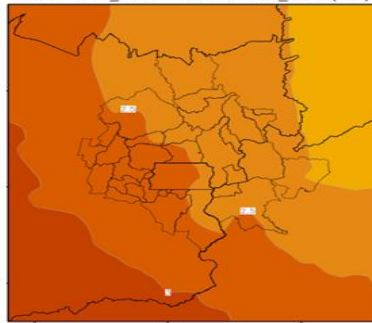
Mudança na Temperatura Eta-MIROC5 20km

Mudança na Temperatura Eta-CanESM2 20km

Mudança na Temperatura Eta-BESM 20km

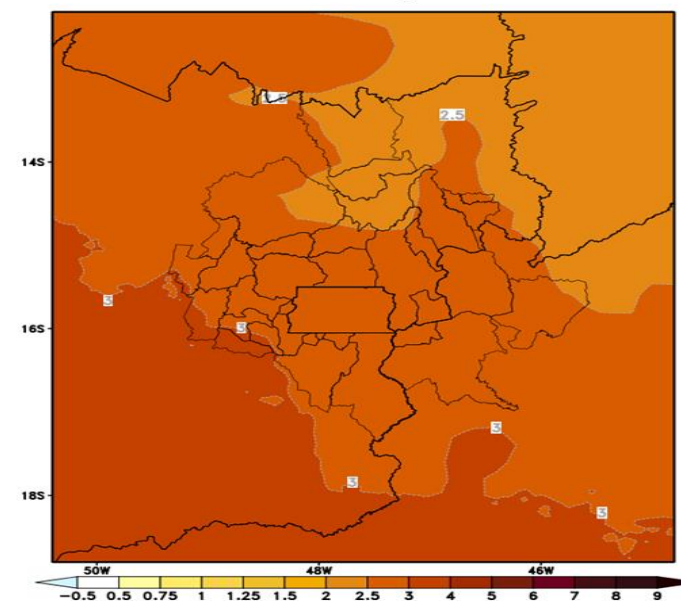
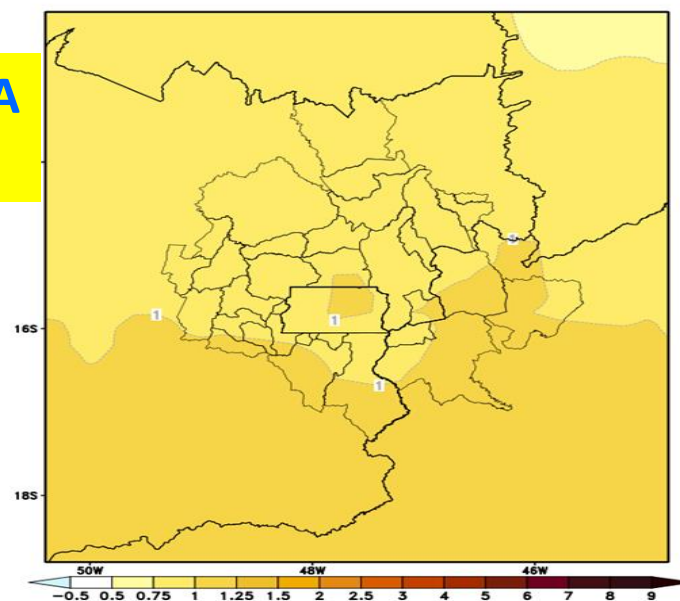
Mudança na Temperatura Eta-HadGEM2-ES 5km

RCP8.5



Limiar inferior

Limiar superior

PRIMAVERA
(SON)

**MUDANÇAS NA PRECIPITAÇÃO
POR ESTAÇÃO DO ANO
Período 2011-2040**

RCP4.5

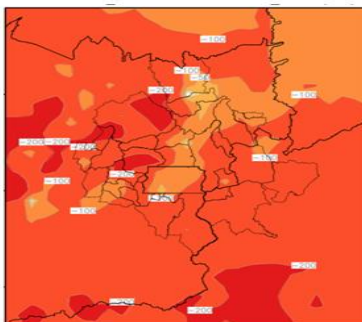
Eta-HadGEM2-E

Eta-MIROC5

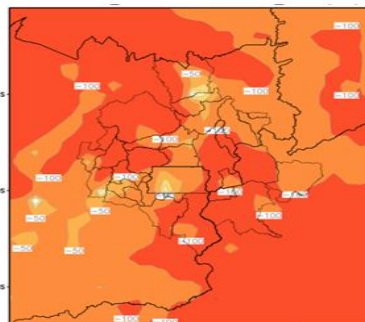
Eta-CanESM2

Eta-BESM

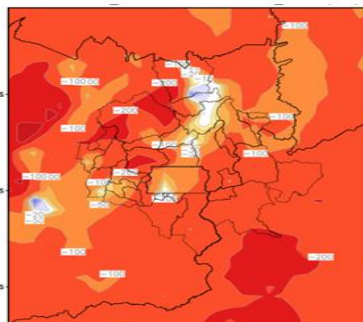
Eta5km-Eta-HADGEM2-ES



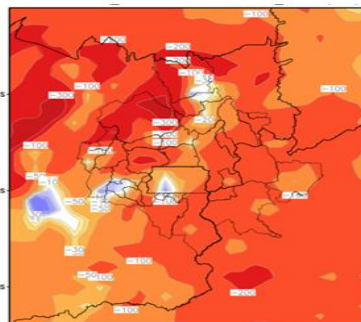
Mudança na Precipitação Eta-HadGEM2-ES 20km RCP8.5 2011_2040 - Baseine 1961_1990 (DJF)



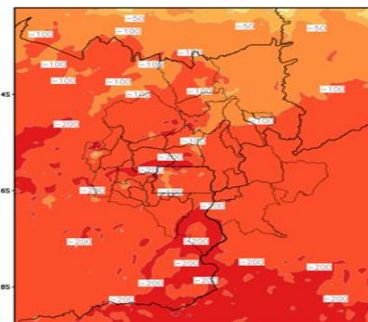
Mudança na Precipitação Eta-MIROC5 20km RCP8.5 2011_2040 - Baseine 1961_1990 (DJF)



Mudança na Precipitação Eta-CanESM2 20km RCP8.5 2011_2040 - Baseine 1961_1990 (DJF)

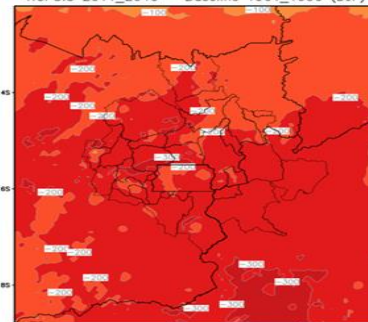
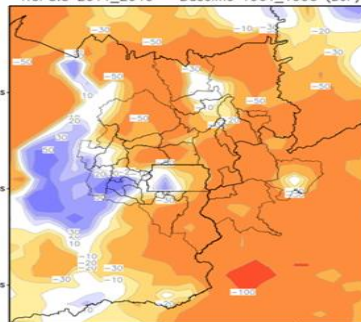
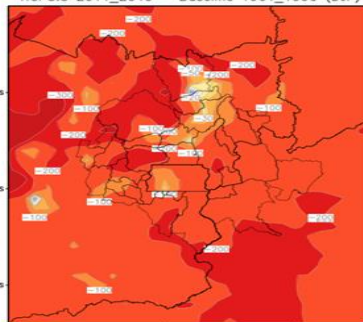
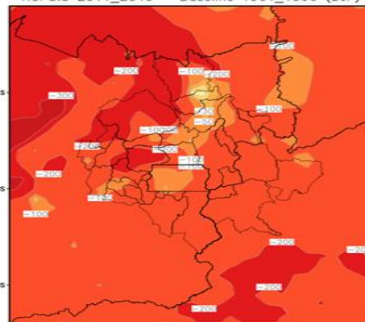
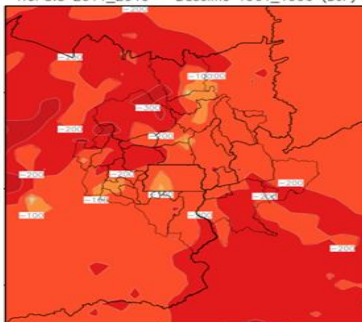


Mudança na Precipitação Eta-BESM 20km RCP8.5 2011_2040 - Baseine 1961_1990 (DJF)



Mudança na Precipitação Eta-HadGEM2-ES 5km RCP8.5 2011_2040 - Baseine 1961_1990 (DJF)

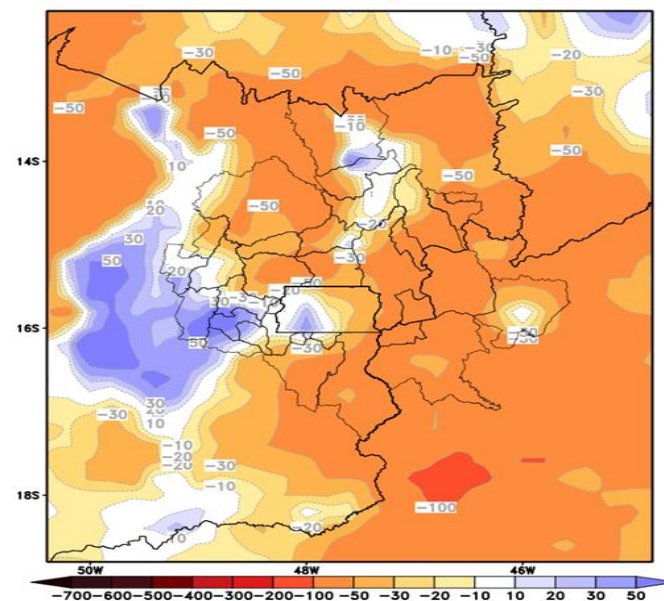
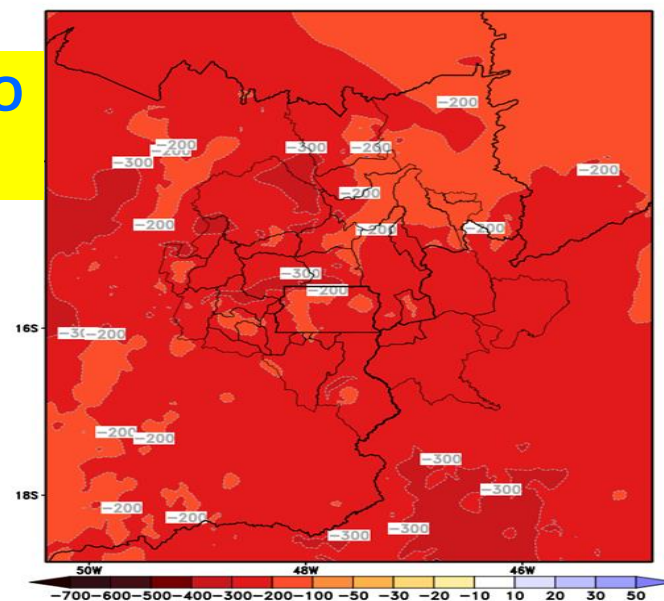
RCP8.5



Limiar inferior

Limiar superior

VERÃO
(DJF)



Eta-HadGEM2-E

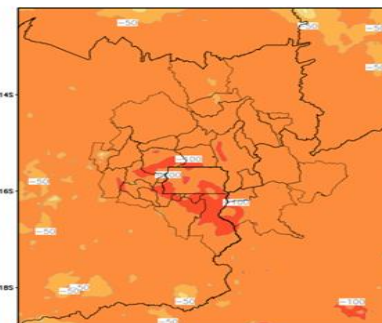
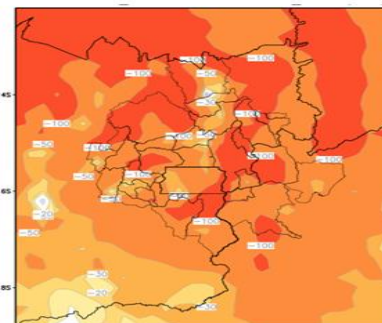
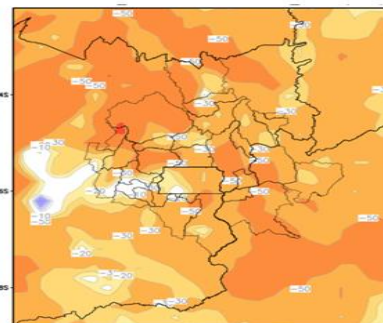
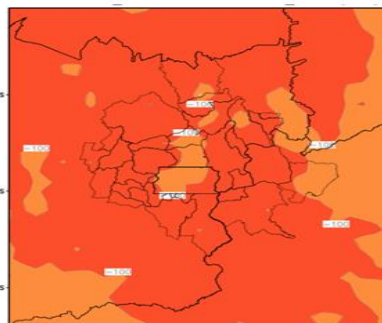
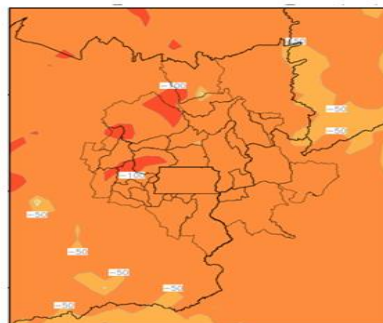
Eta-MIROC5

Eta-CanESM2

Eta-BESM

Eta5km-Eta-HADGEM2-ES

RCP4.5



Mudança na Precipitação Eta-HadGEM2-ES 20km

RCP8.5 2011_2040 - Baseline 1961_1990 (MAM)

Mudança na Precipitação Eta-MIROC5 20km

RCP8.5 2011_2040 - Baseline 1961_1990 (MAM)

Mudança na Precipitação Eta-CanESM2 20km

RCP8.5 2011_2040 - Baseline 1961_1990 (MAM)

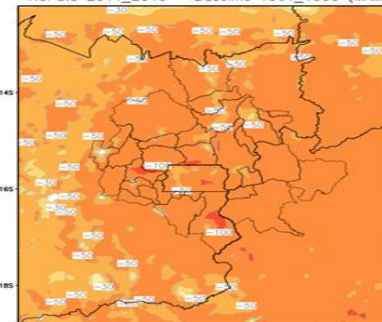
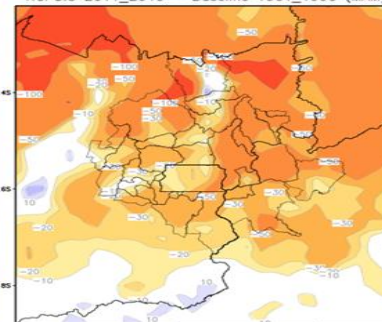
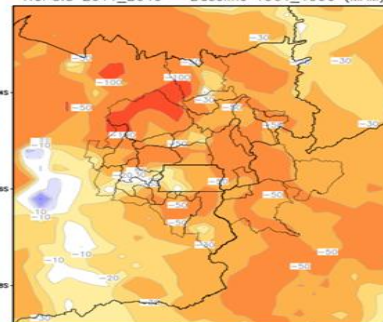
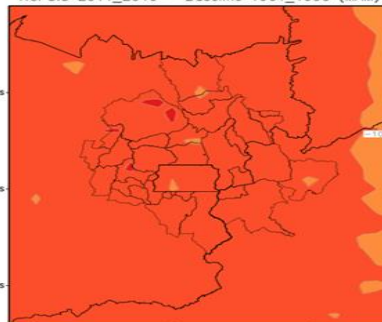
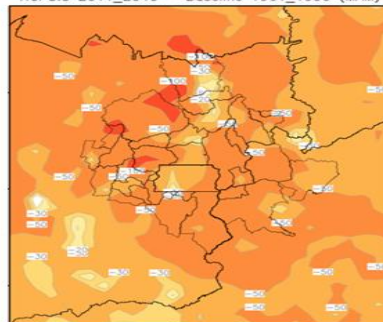
Mudança na Precipitação Eta-BESM 20km

RCP8.5 2011_2040 - Baseline 1961_1990 (MAM)

Mudança na Precipitação Eta-HadGEM2-ES 5km

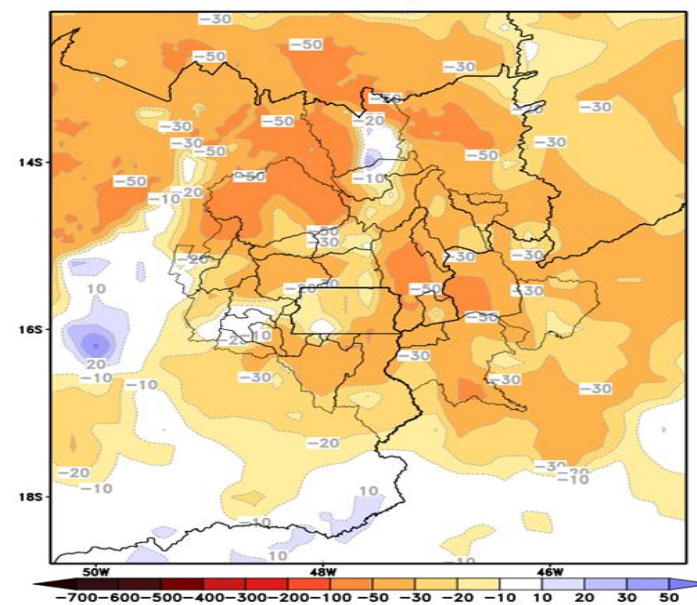
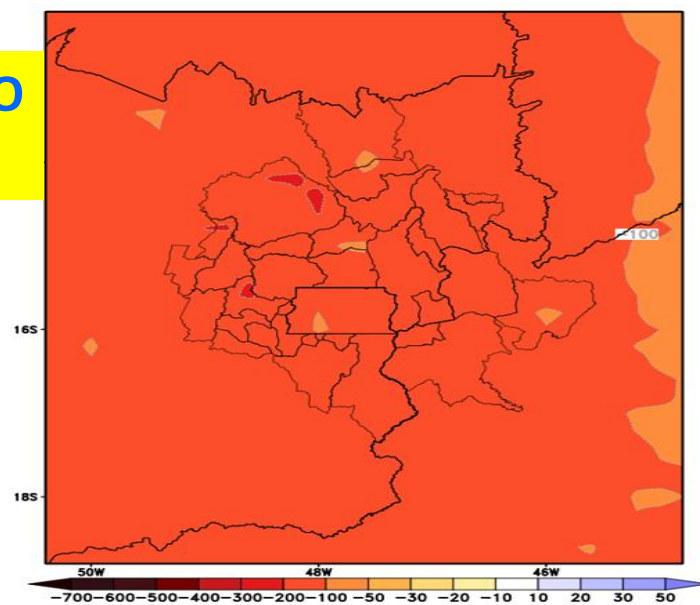
RCP8.5 2011_2040 - Baseline 1961_1990 (MAM)

RCP8.5

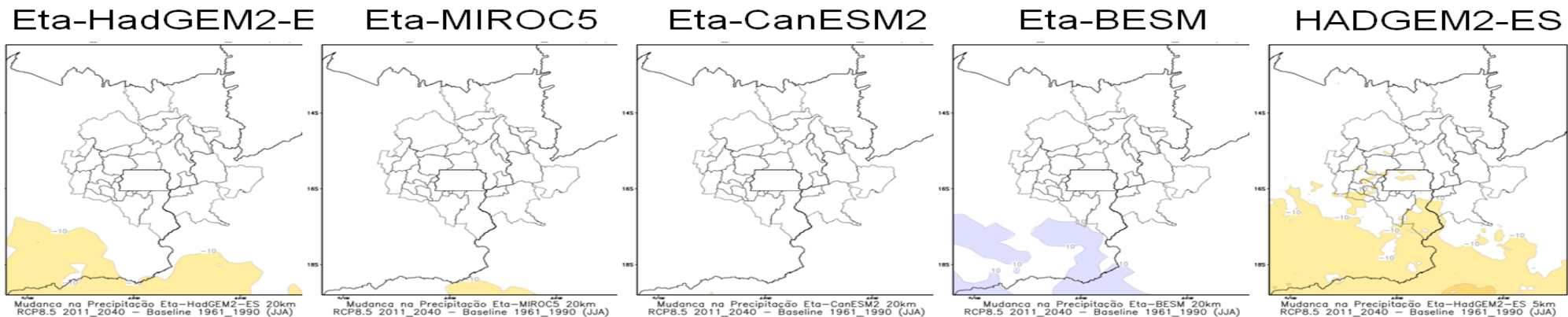


Limiar inferior

Limiar superior

OUTONO
(MAM)

RCP4.5



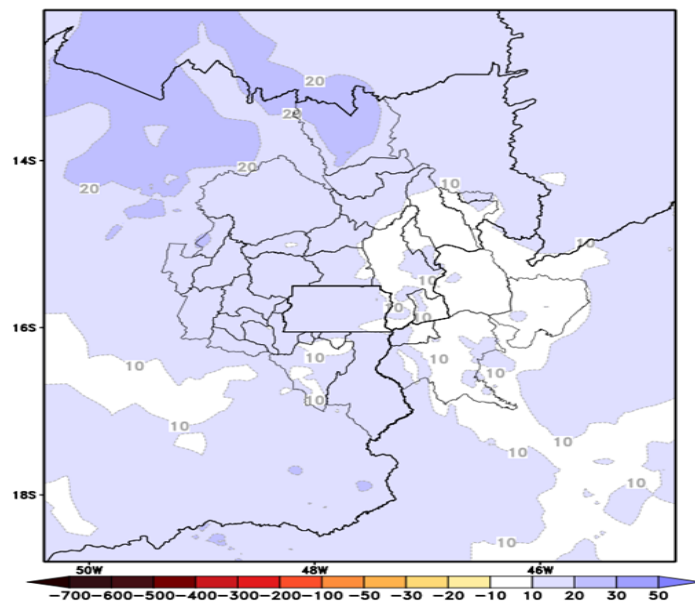
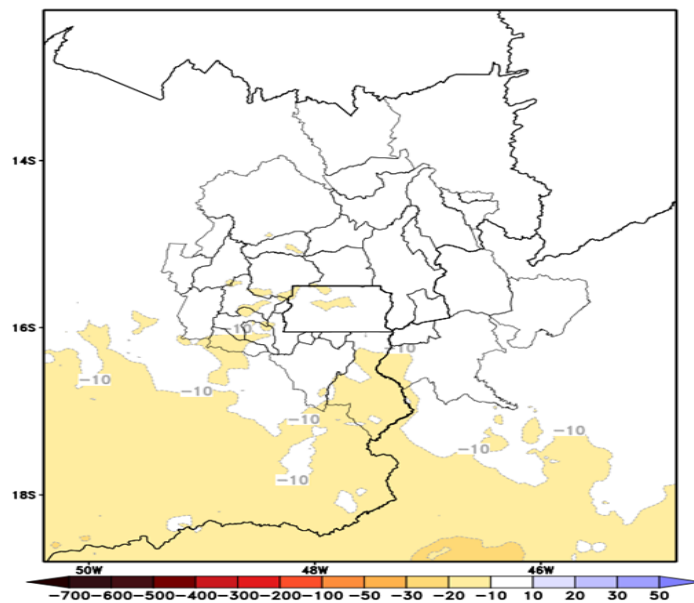
RCP8.5



Limiar inferior

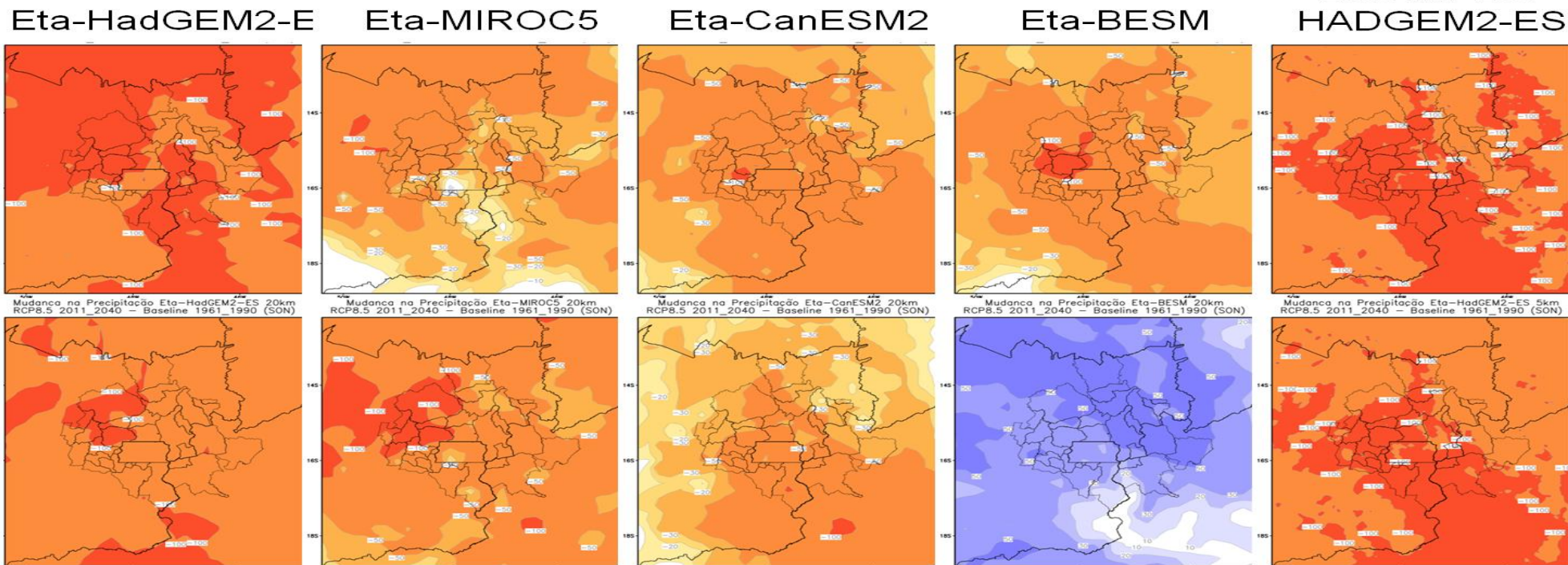
Limiar superior

**INVERNO
(JJA)**



RCP4.5

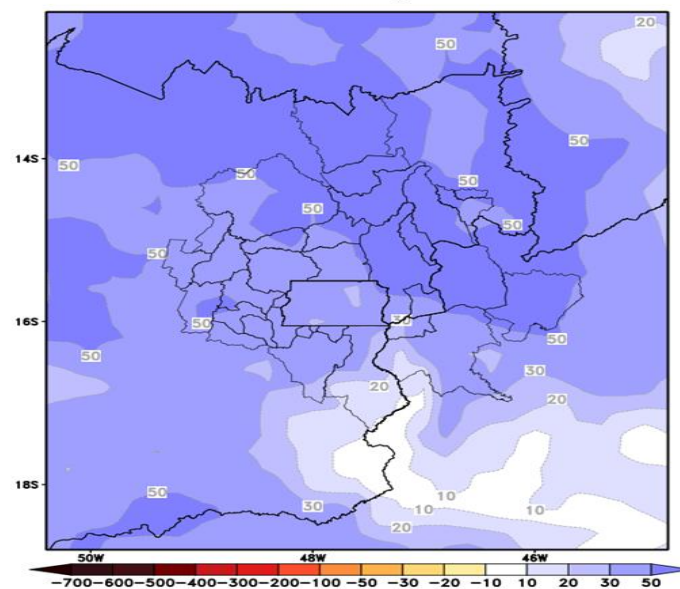
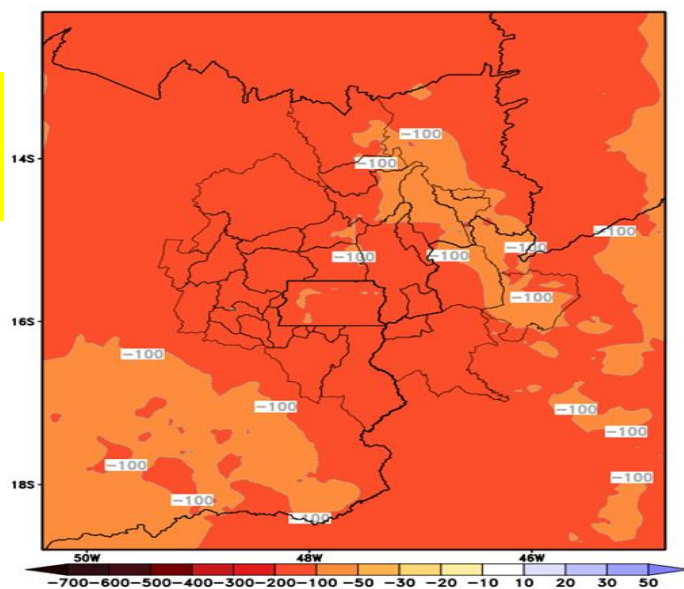
RCP8.5



Limiar inferior

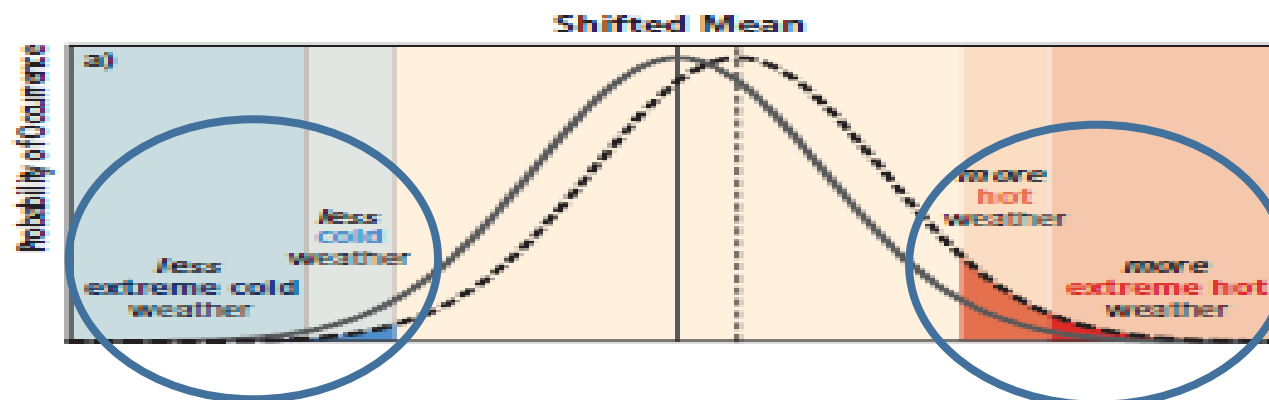
Limiar superior

PRIMAVERA
(SON)

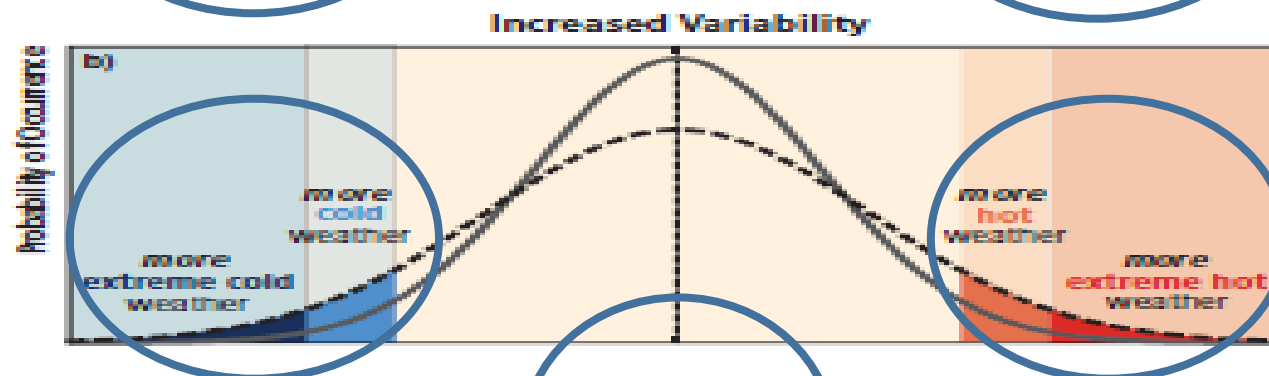


DISTRIBUIÇÃO DE FREQUENCIA

Dias muito frios se tornam menos frequentes



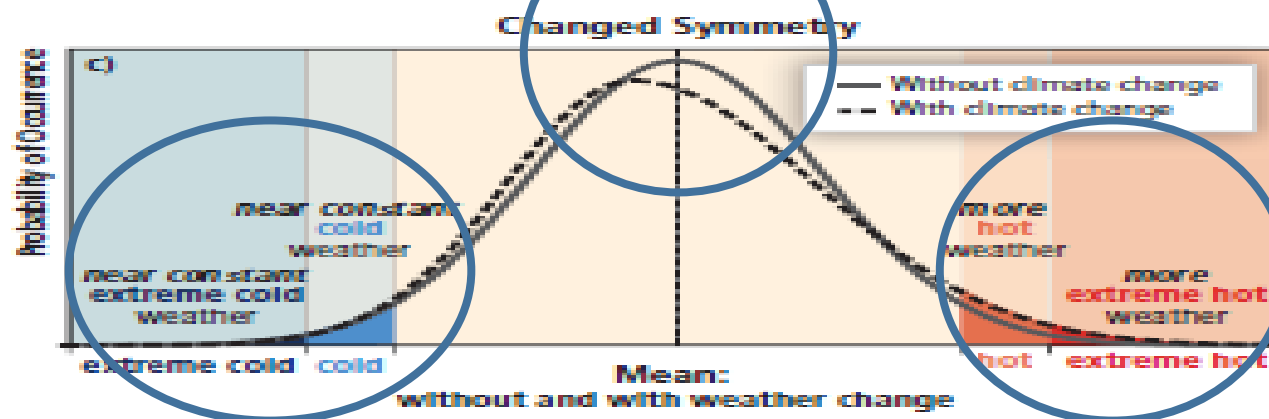
Dias muito quentes se tornam mais frequentes



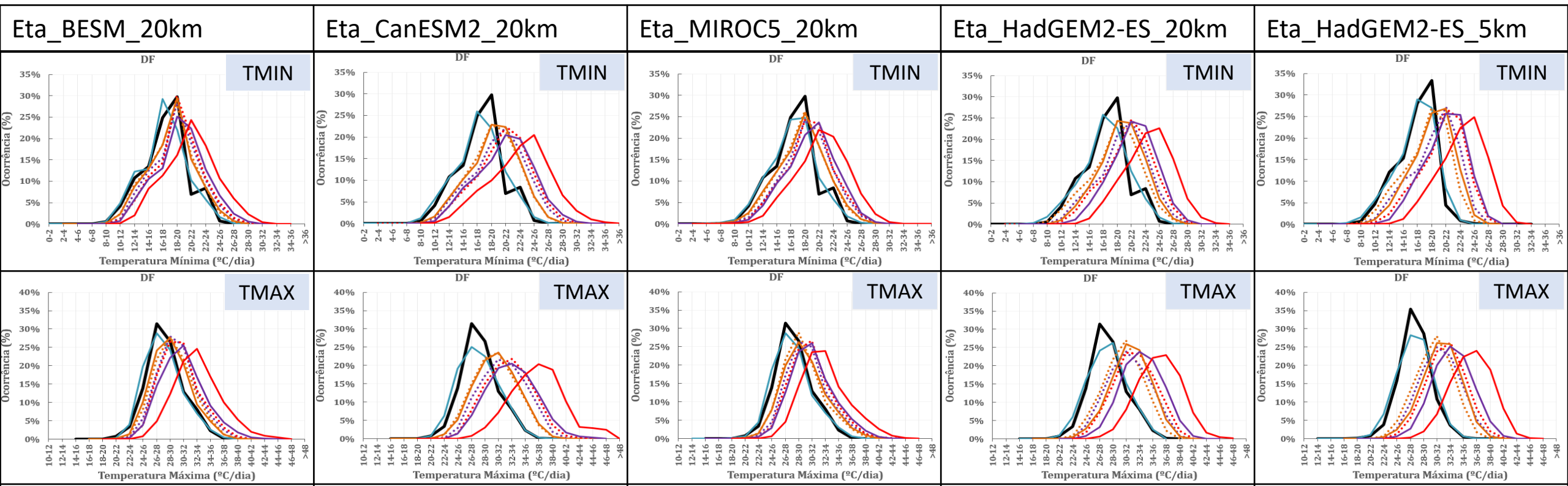
Mudanças na distribuição de frequência

>>>

Efeitos sobre os extremos climáticos



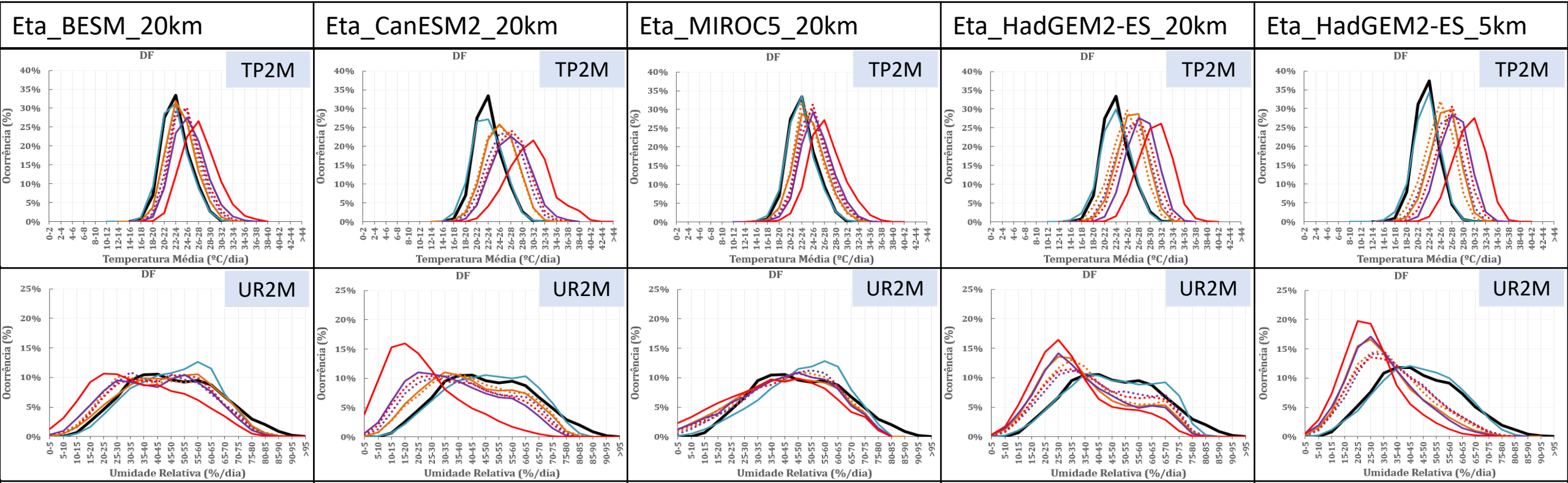
Temperatura Mínima (°C)



Temperatura Máxima (°C)



Temperatura Média (°C)



Umidade relativa (%)

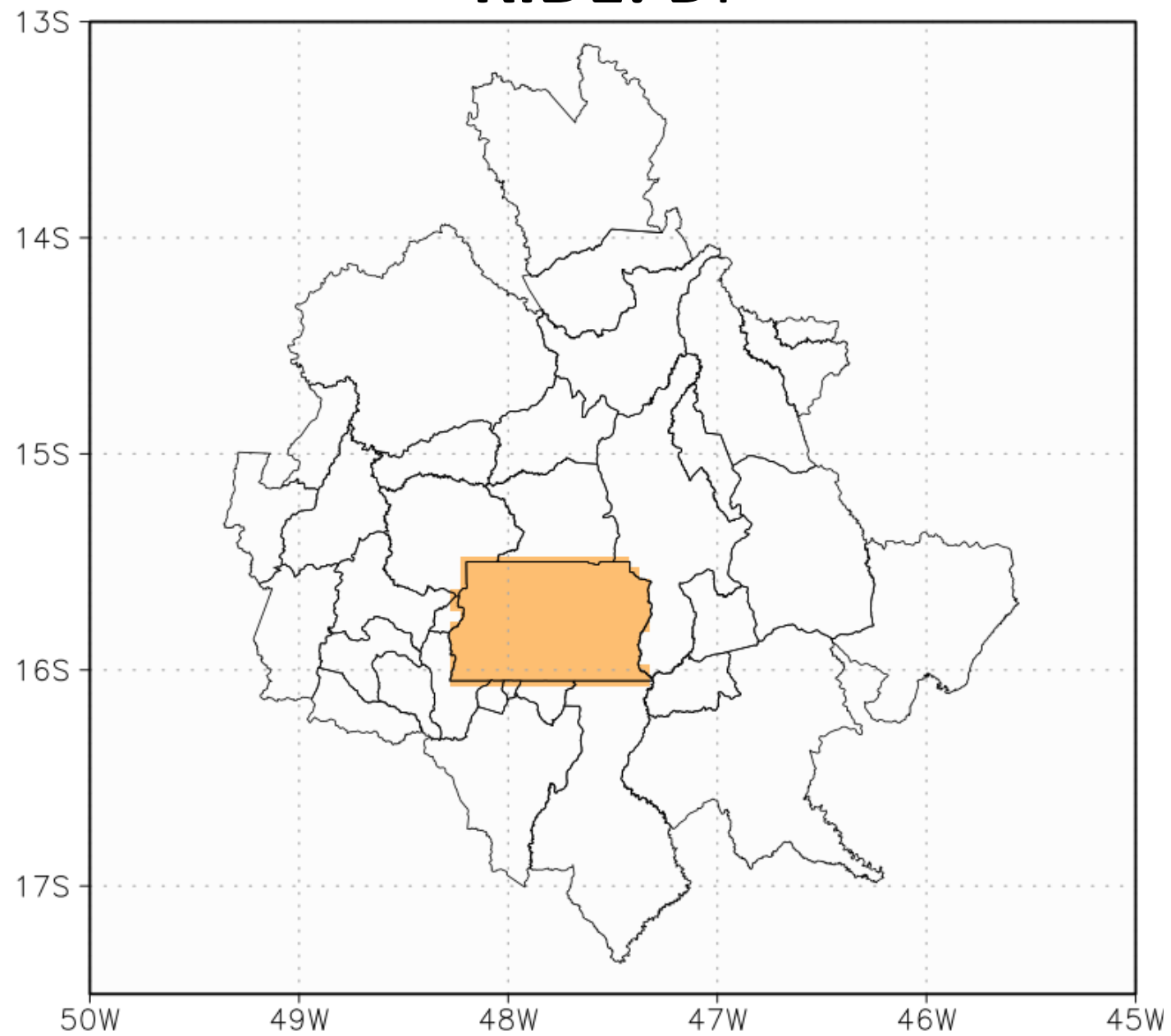


EXTREMOS CLIMÁTICOS

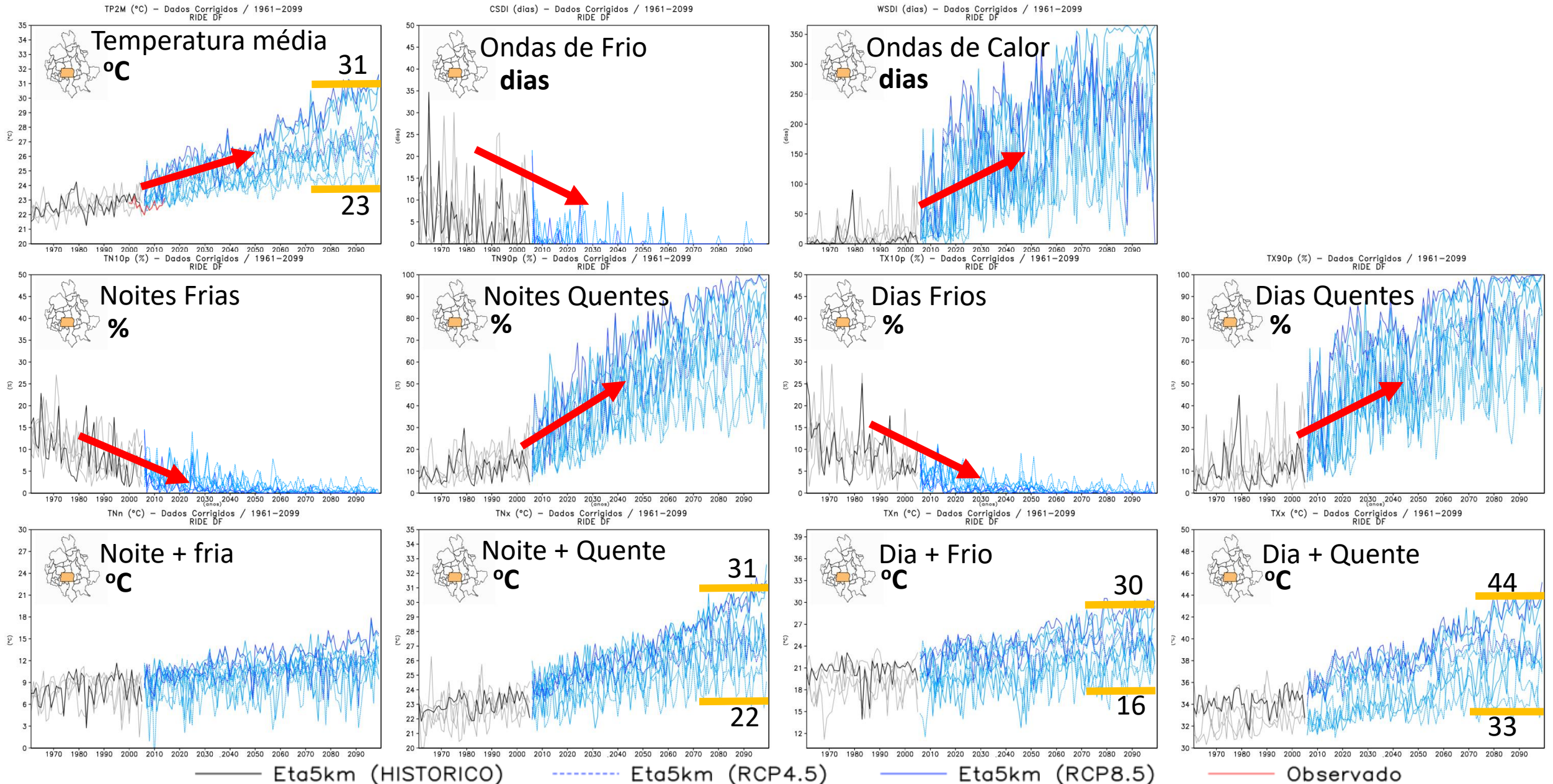
**Índices de Extremos Climáticos
Recomendados OMM**

**TENDÊNCIAS
das
SÉRIES TEMPORAIS**

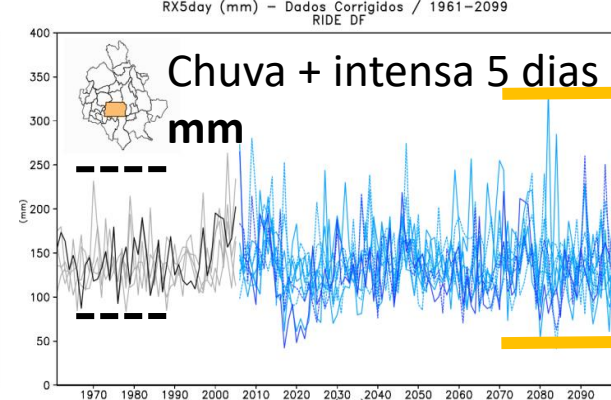
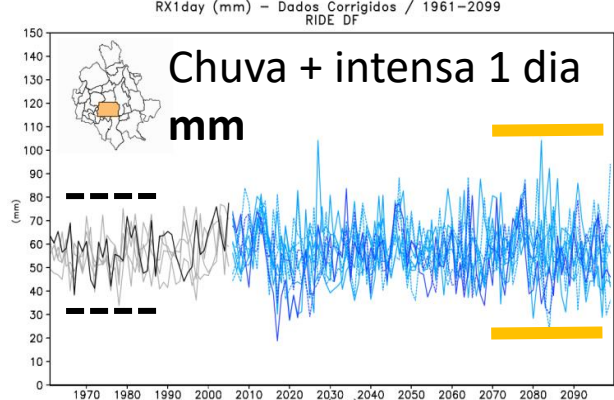
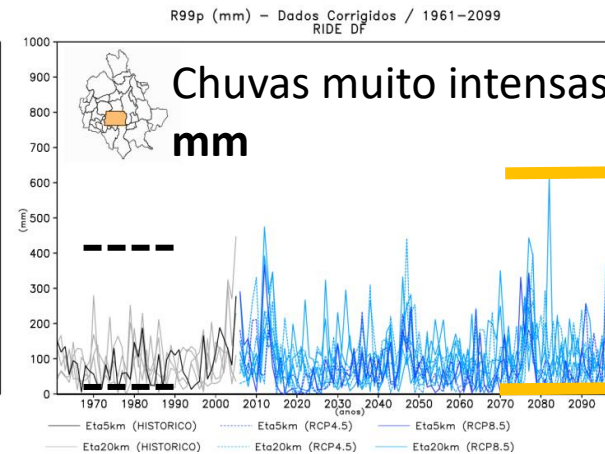
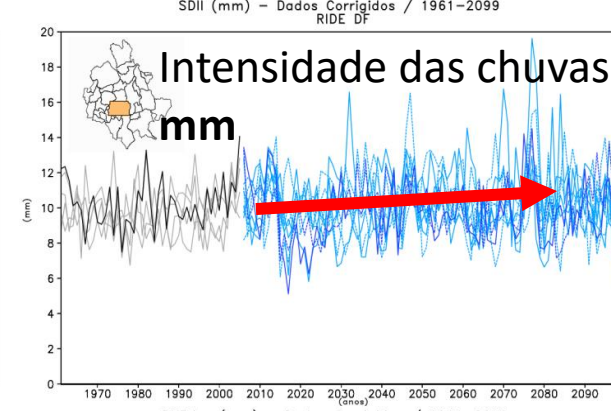
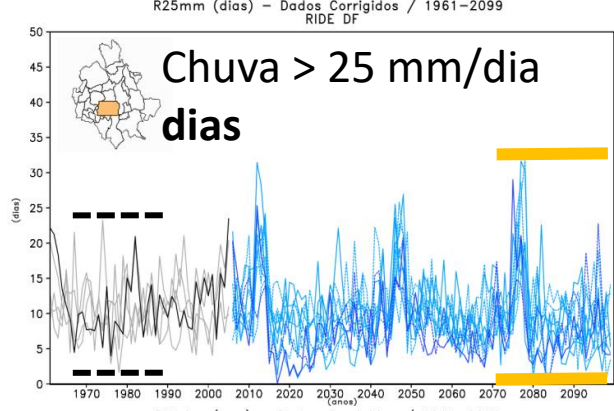
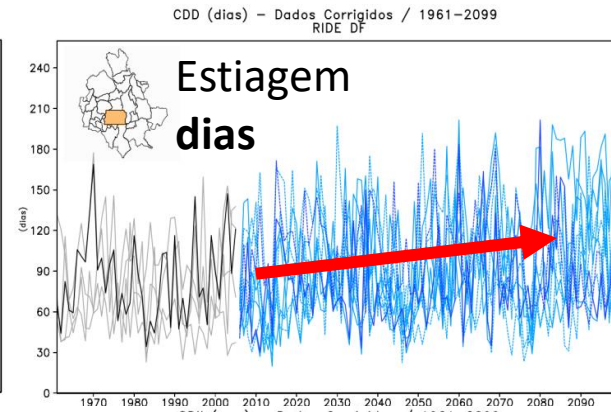
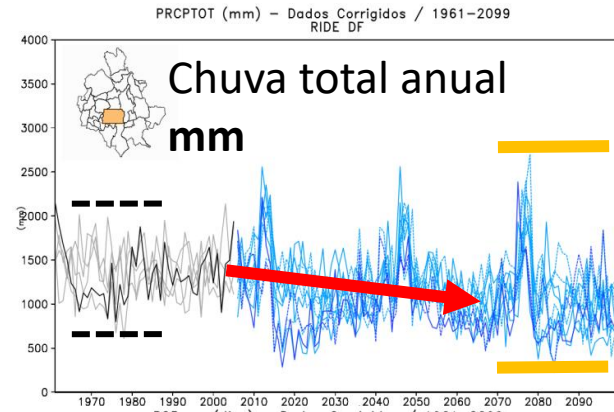
RIDE: DF



RIDE: DF - TENDÊNCIAS DE TEMPERATURA E ÍNDICES

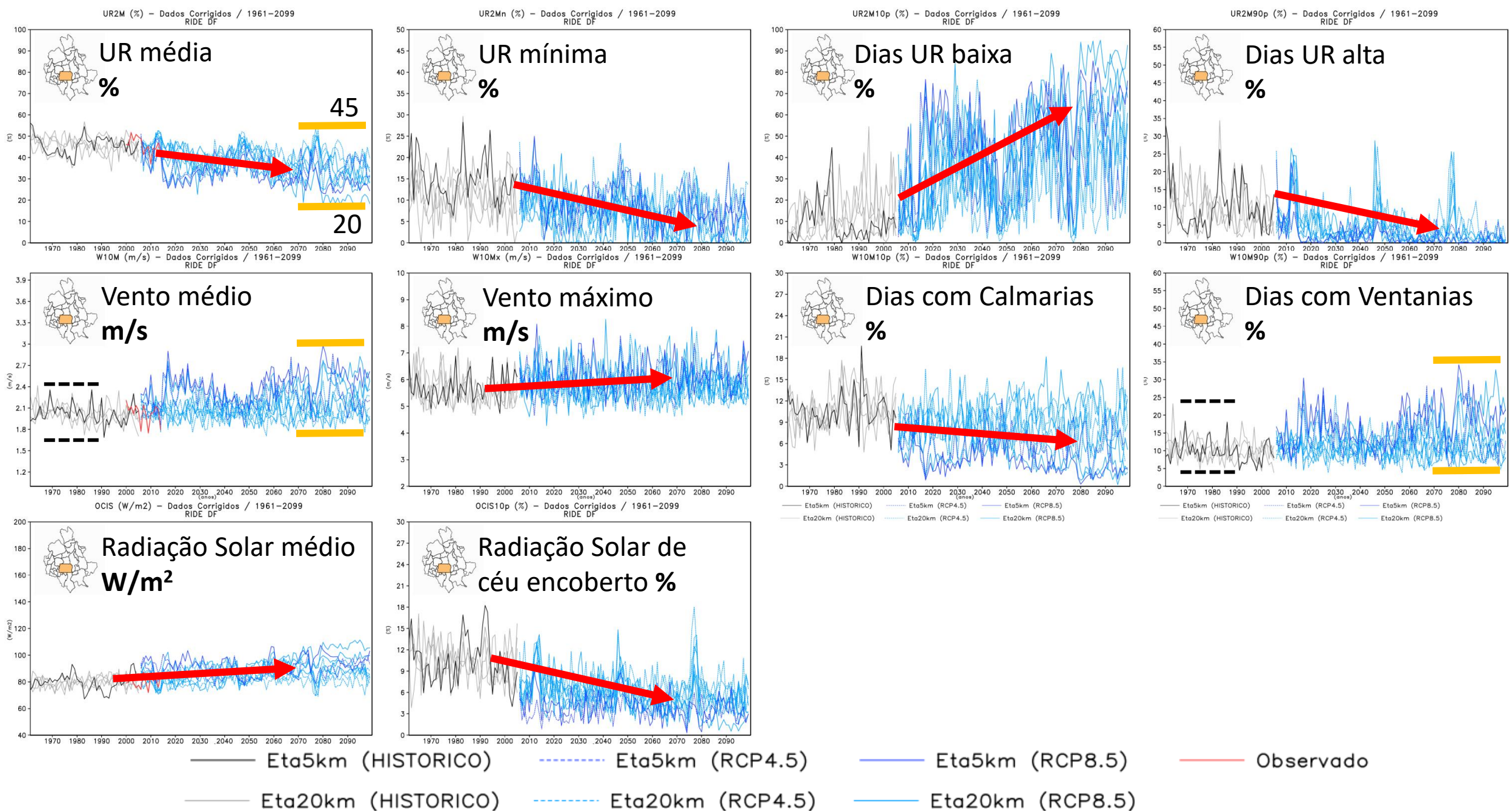


RIDE: DF - TENDÊNCIAS DE PRECIPITAÇÃO E ÍNDICES



— Eta5km (HISTORICO) - - - - - Eta5km (RCP4.5) — Eta5km (RCP8.5) — Observado
— Eta20km (HISTORICO) - - - - - Eta20km (RCP4.5) — Eta20km (RCP8.5)

RIDE: DF - TENDÊNCIAS DE UMIDADE, VENTO, RADIAÇÃO E ÍNDICES



APLICAÇÕES

1. **Recursos hídricos, disponibilidade hídrica para abastecimento, para irrigação, para indústrias:** chuva, evaporação, vento, temperatura, etc;
2. **Biodiversidade: bioma cerrado, fauna e flora:** temperatura, regime de chuvas, umidade relativa, radiação
3. **Energia Renováveis,** disponibilidade solar e de energia eólica: radiação solar, nuvens e vento
4. **Saúde, doenças na população mais vulneral :** UR baixa – saúde das pessoas mais vulneráveis
5. **Poluição atmosférica:** vento, estabilidade atmosférica
6. **Mobilidade:** funcionamento de diferentes tipos de transporte de pessoas e de cargas: em temperaturas extremas, em chuvas extremas

Implicações dos resultados para os setores

- **Recursos hídricos:** menor disponibilidade de água para os reservatórios
- **Agricultura:** menos chuva durante as 4 estações do ano. Aumento de dias de estiagem e ondas de calor
- **Energia:** maior consumo de energia- dias mais quentes
menor disponibilidade de energia hidroelétrica
maior disponibilidade de radiação solar para energia solar
- **Mobilidade:** temperaturas mais altas e aumento de chuvas fortes
- **Saúde:** temperaturas mais altas, ondas de calor, umidade baixa

CONCLUSÃO

1. **Tendência de redução de precipitação** nos períodos futuros com relação ao período histórico em todas as áreas da RIDE. Entretanto, há **extremos anuais mais intensos** em alguns anos do período futuro com alguma influência de variabilidade multidecadal.
2. **Tendência de aumento da temperatura** em todas as áreas, de 2 a 5 °C no cenário RCP4.5 e de 6 a 8 °C no cenário RCP8.5, no final do século em relação ao período histórico. Os valores de temperatura mínima e máxima seguem essa mesma tendência.
3. **Tendência de redução de umidade relativa** nas projeções dos períodos futuros, sem muita diferença entre os cenários RCP4.5 e RCP8.5. A umidade relativa passa de 35%-55% no período histórico para 20%- 45 % no final do século.
4. **Pequena tendência na velocidade do vento em 10 metros** até o final do século, em todas as áreas, para os resultados do Eta-20 km. Entretanto, os resultados do Eta-5km indicam um aumento na velocidade já no primeiro período futuro.
5. **Pequena tendência de aumento na radiação solar** que chega à superfície em todas as áreas e considerando os dois cenários.

CONCLUSÃO

6. Os índices de temperatura indicam, com alta confiabilidade, uma **redução no número de noites frias, aumento no número de noites quentes, redução no número de dias frios e aumento dos dias quentes**. Os resultados mostram um **aumento da amplitude térmica** nas projeções do clima futuro, um aumento das temperaturas mínimas, e um aumento da menor e maior temperatura máxima do ano. As projeções indicam **uma redução na duração de ondas de frio** e um **aumento na duração das ondas de calor**.
7. Os índices de precipitação mostram, com confiabilidade média a alta, uma redução no acumulado de precipitação anual, **um aumento do número consecutivo de dias de estiagem** e **uma redução do número de dias consecutivos chuvosos**. As projeções mostram **aumento das chuvas intensas em algumas áreas**, como o Distrito federal (DF), e redução de chuvas intensas em outras áreas. Também é projetado um **aumento de chuvas muito intensas** e aumento das chuvas máximas diárias em áreas isoladas da RIDE. O DF é uma das áreas em que as projeções **mostram um aumento na intensidade das chuvas**.
8. Os índices de radiação mostram alta confiabilidade de ocorrência de **poucos dias com pouca radiação** nas projeções futuras.
9. Para os índices de vento há alta confiabilidade na projeção de **aumento de ocorrência de ventos fortes na região da RIDE**.
10. Os índices de umidade relativa indicam **aumento na porcentagem de dias com baixa umidade** e redução na porcentagem de dias com alta umidade, com alta confiabilidade.