



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

Mudanças Climáticas Globais e o Impacto no Bioma Caatinga

Jose A. Marengo
CPTEC/INPE

Executor; CPTEC/INPE
Parceiros: IAG/USP, FBDS



Foreign &
Commonwealth
Office

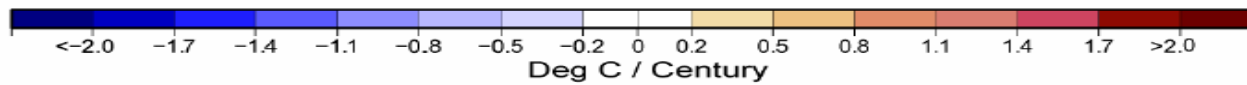
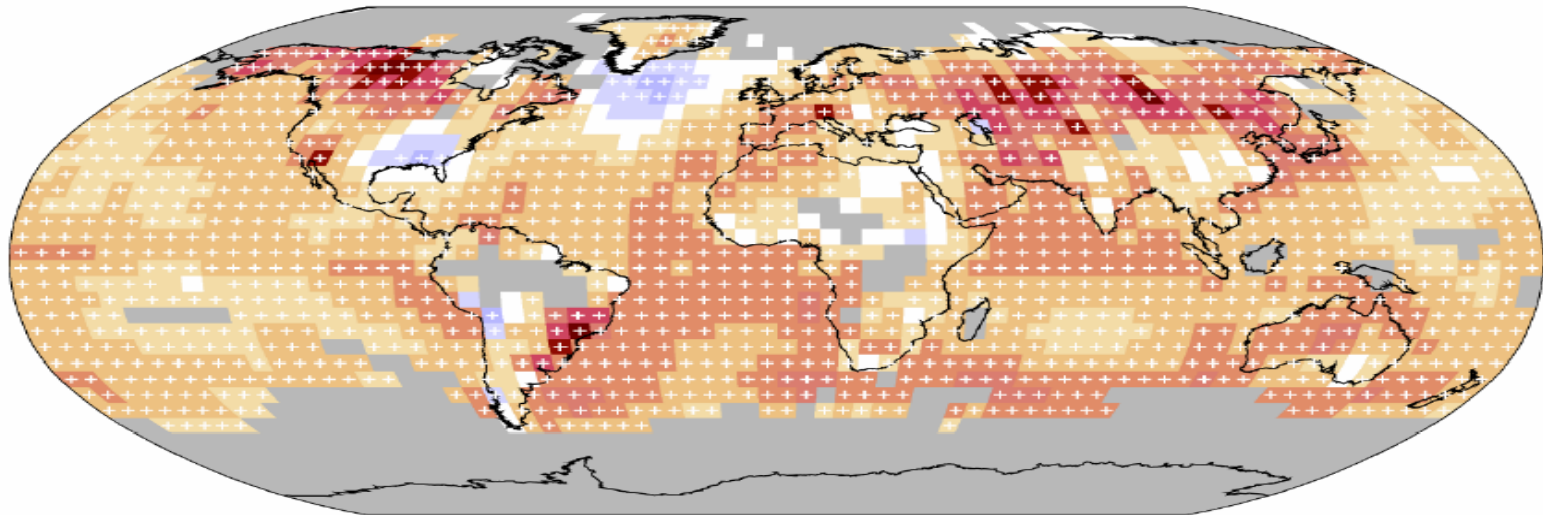


Introdução

- O recém divulgado relatório do IPCC AR4 sobre a base científica das mudanças climáticas conclui, com acima de 90% de confiança, que o aquecimento global dos últimos 50 anos é causado pelas atividades humanas
- O Brasil é vulnerável às mudanças climáticas atuais e mais ainda às que se projetam para o futuro

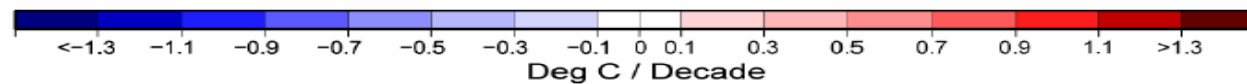
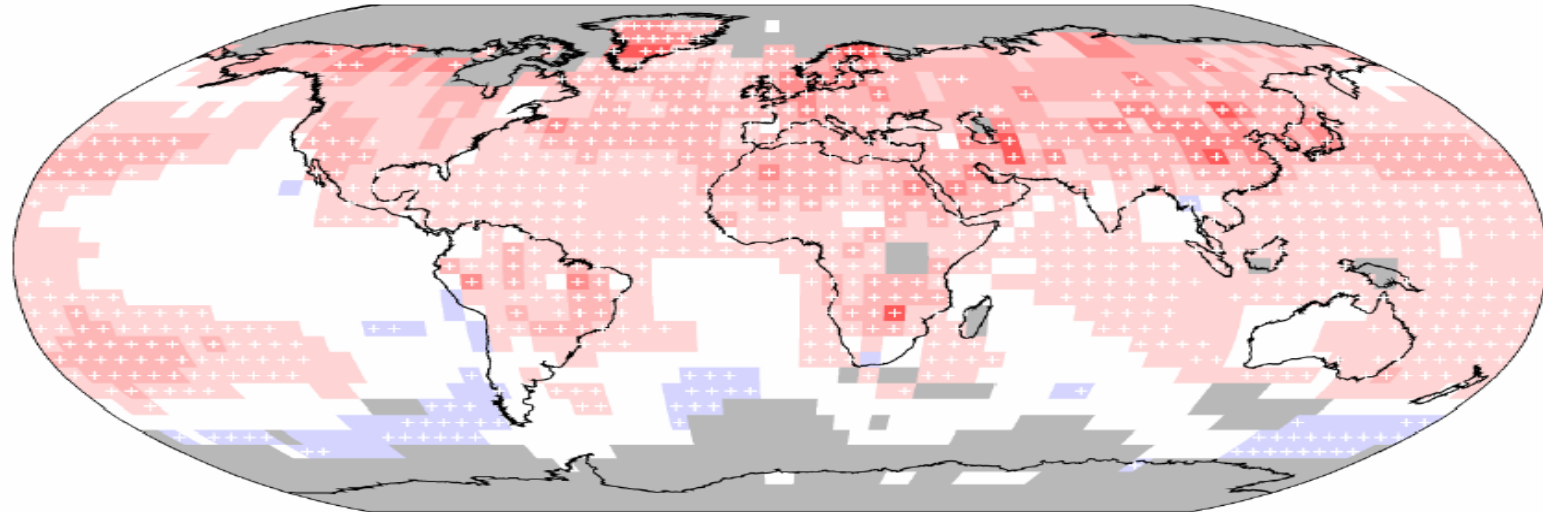
Annual

Trend 1901 to 2005

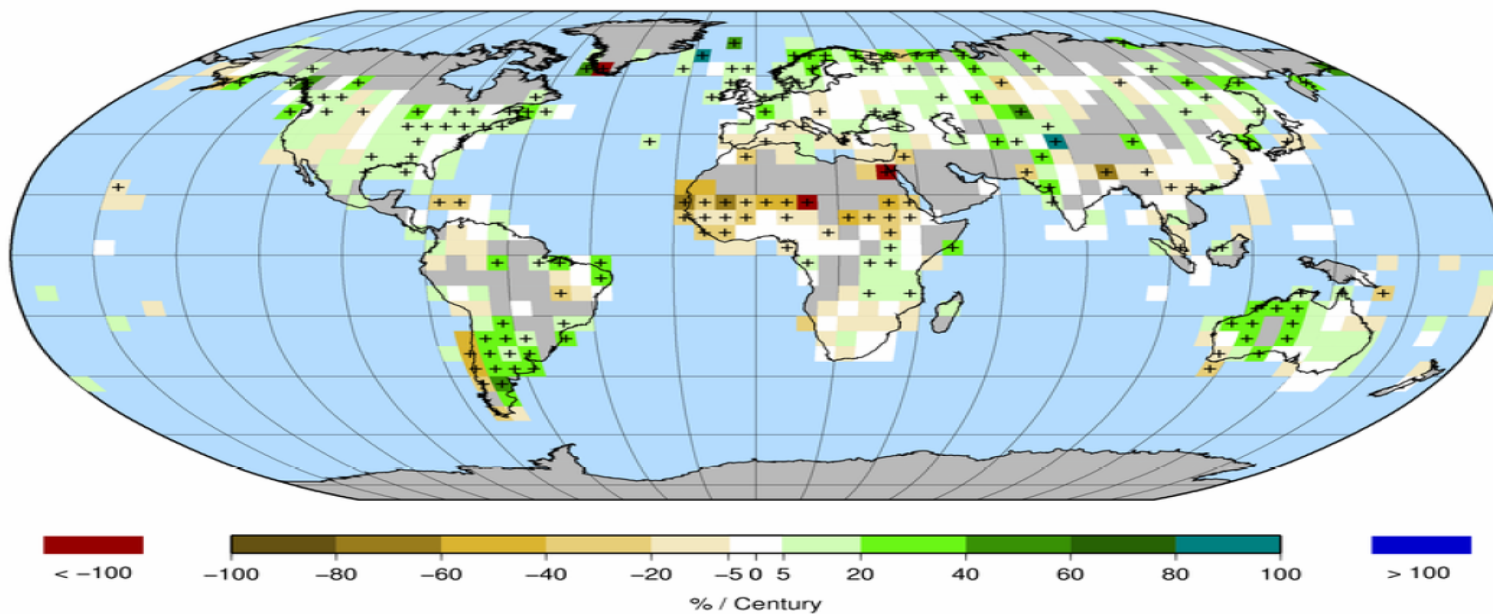


Annual

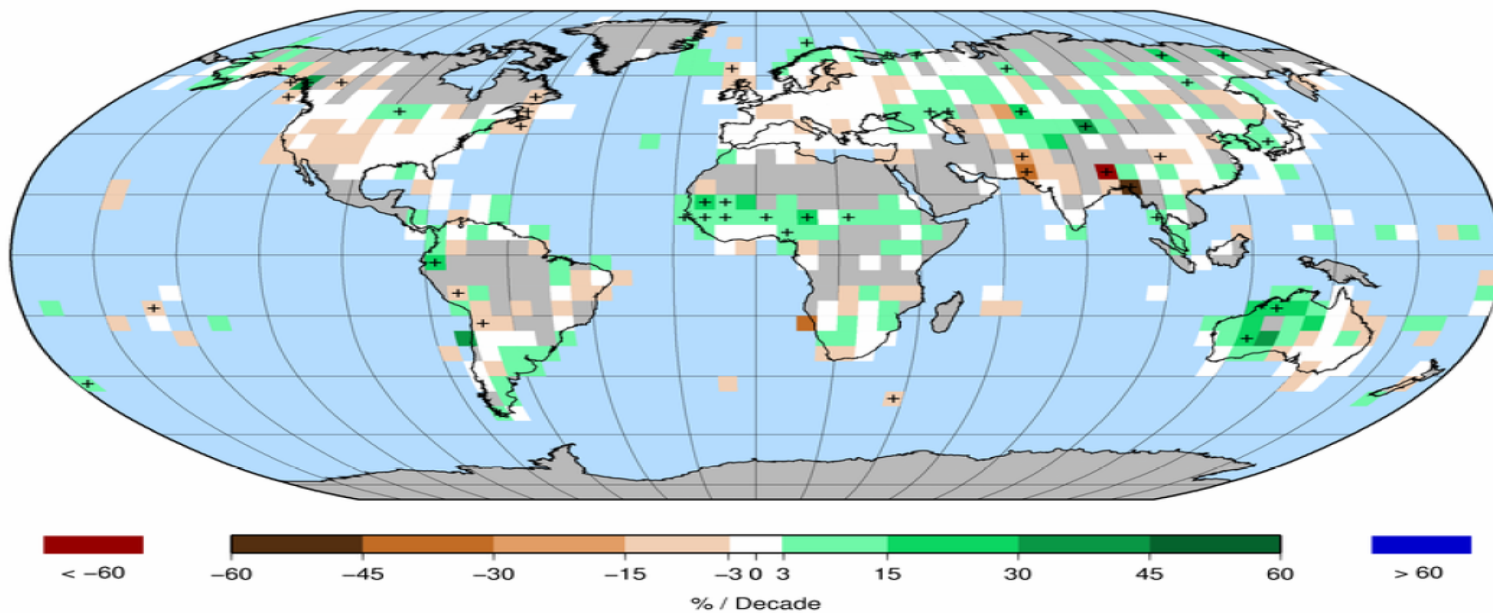
Trend 1979 to 2005



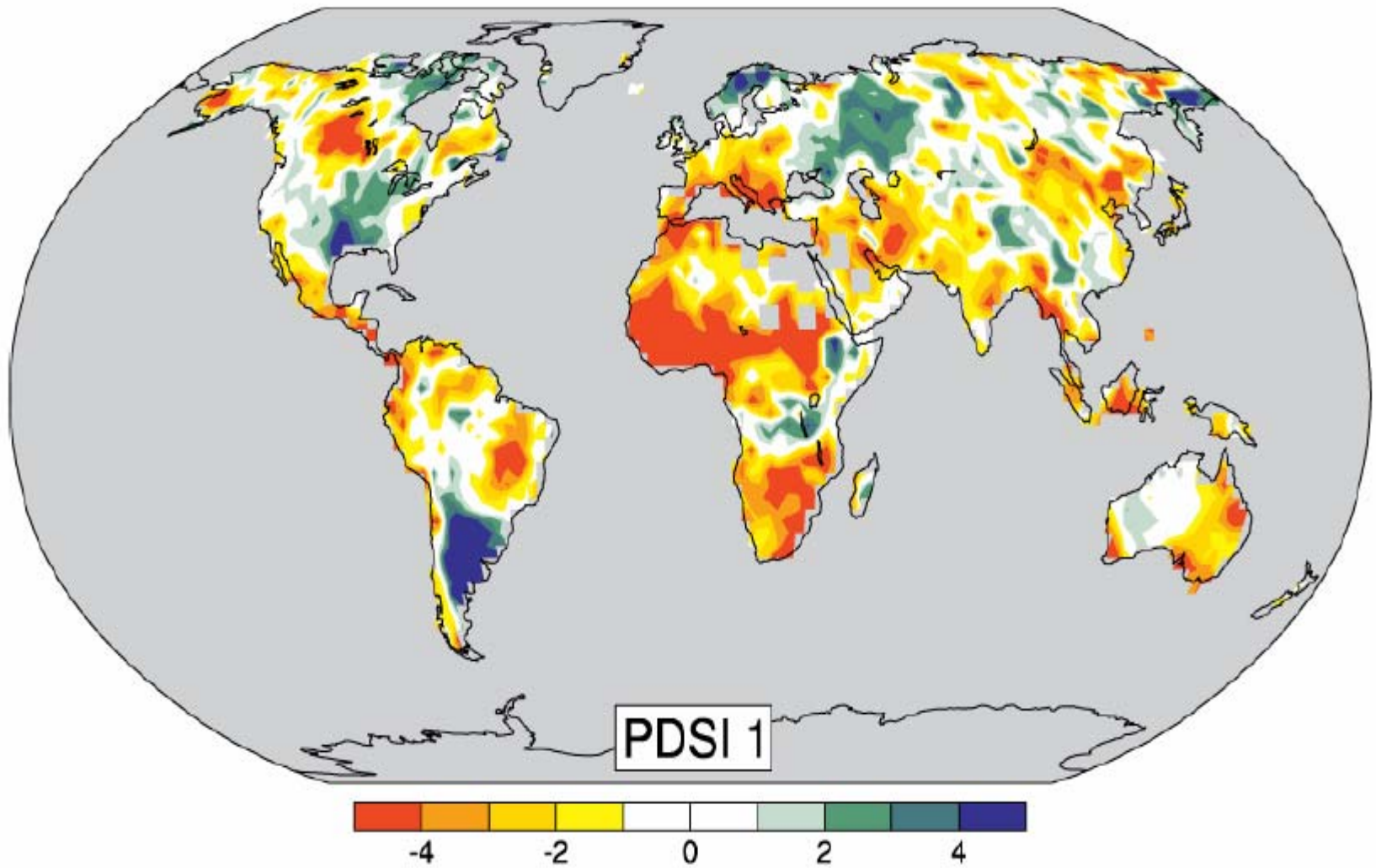
Trend in Annual PRCP, 1901 to 2005



Trend in Annual PRCP, 1979 to 2005



Indice de seca de Palmer 1900-2002



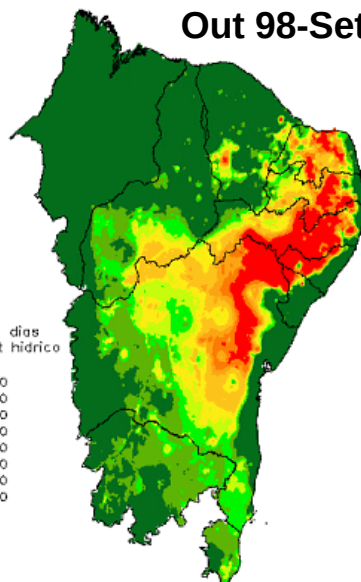
Dias com déficit no trimestre chuvoso FMAM

SUDENE - CPTEC - INPE
Número de dias com deficit no trimestre chuvoso
Período 02101998-30091999

Out 98-Set 99

Numero de dias
com deficit hidrico

0 - 10
10 - 20
20 - 30
30 - 40
40 - 50
50 - 60
60 - 70
70 - 80
80 - 90

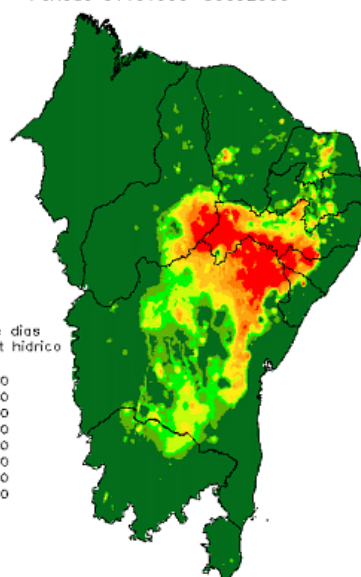


Fontes de dados: CMCD/INPE-INMET-FUNCEME/CE-LMRS/PB-EMPARN/RN-DMRH/PE-SRH/BA-NMRH/AL-SEAAB/PI-SRH/SE-CEMIG/SINGE/MG-SEAQ/ES

SUDENE - CPTEC - INPE
Número de dias com deficit no trimestre chuvoso
Período 01101999-30092000

Numero de dias
com deficit hidrico

0 - 10
10 - 20
20 - 30
30 - 40
40 - 50
50 - 60
60 - 70
70 - 80
80 - 90

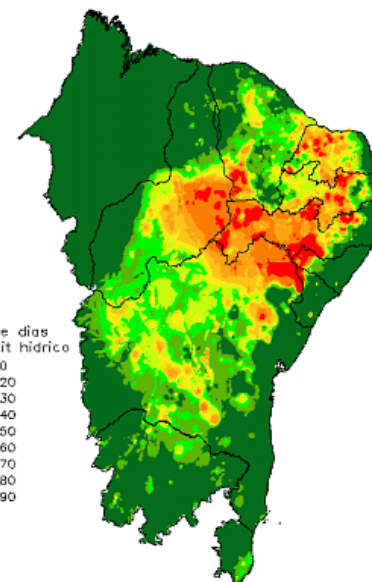


Fontes de dados: CMCD/INPE-INMET-FUNCEME/CE-LMRS/PB-EMPARN/RN-DMRH/PE-SRH/BA-NMRH/AL-SEAAB/PI-SRH/SE-CEMIG/SINGE/MG-SEAQ/ES

SUDENE - CPTEC - INPE
Número de dias com deficit no trimestre chuvoso
Período 01102000-30092001

Numero de dias
com deficit hidrico

0 - 10
10 - 20
20 - 30
30 - 40
40 - 50
50 - 60
60 - 70
70 - 80
80 - 90

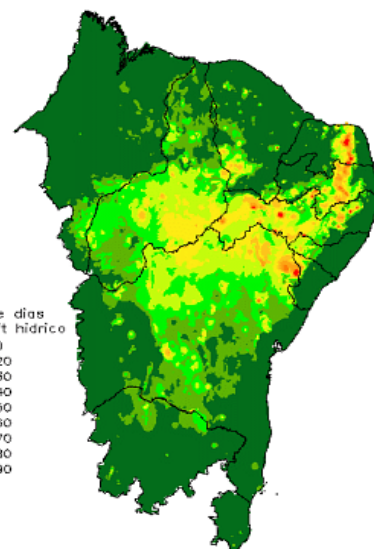


Fontes de dados: CMCD/INPE-INMET-FUNCEME/CE-LMRS/PB-EMPARN/RN-DMRH/PE-SRH/BA-NMRH/AL-SEAAB/PI-SRH/SE-CEMIG/SINGE/MG-SEAQ/ES

SUDENE - CPTEC - INPE
Número de dias com deficit no trimestre chuvoso
Período 01102001-30092002

Numero de dias
com deficit hidrico

0 - 10
10 - 20
20 - 30
30 - 40
40 - 50
50 - 60
60 - 70
70 - 80
80 - 90



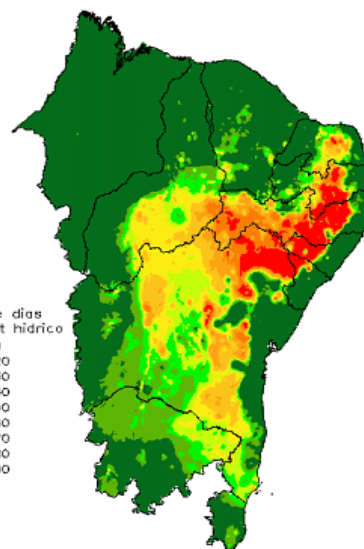
Fontes de dados: CMCD/INPE-INMET-FUNCEME/CE-LMRS/PB-EMPARN/RN-DMRH/PE-SRH/BA-NMRH/AL-SEAAB/PI-SRH/SE-CEMIG/SINGE/MG-SEAQ/ES

© CPTEC/INPE

SUDENE - CPTEC - INPE
Número de dias com deficit no trimestre chuvoso
Período 01102002-30092003

Numero de dias
com deficit hidrico

0 - 10
10 - 20
20 - 30
30 - 40
40 - 50
50 - 60
60 - 70
70 - 80
80 - 90



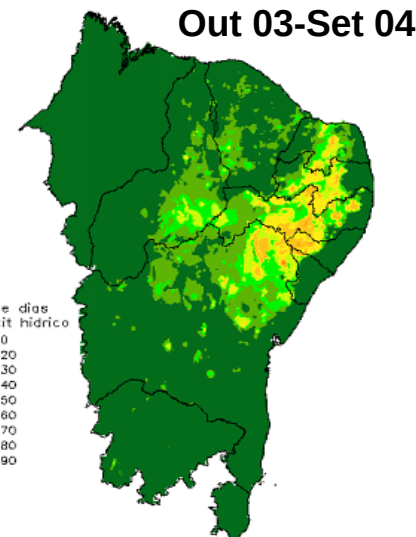
Fontes de dados: CMCD/INPE-INMET-FUNCEME/CE-LMRS/PB-EMPARN/RN-DMRH/PE-SRH/BA-NMRH/AL-SEAAB/PI-SRH/SE-CEMIG/SINGE/MG-SEAQ/ES

© CPTEC/INPE

SUDENE - CPTEC - INPE
Número de dias com deficit no trimestre chuvoso
Período 01102003-30092004

Numero de dias
com deficit hidrico

0 - 10
10 - 20
20 - 30
30 - 40
40 - 50
50 - 60
60 - 70
70 - 80
80 - 90

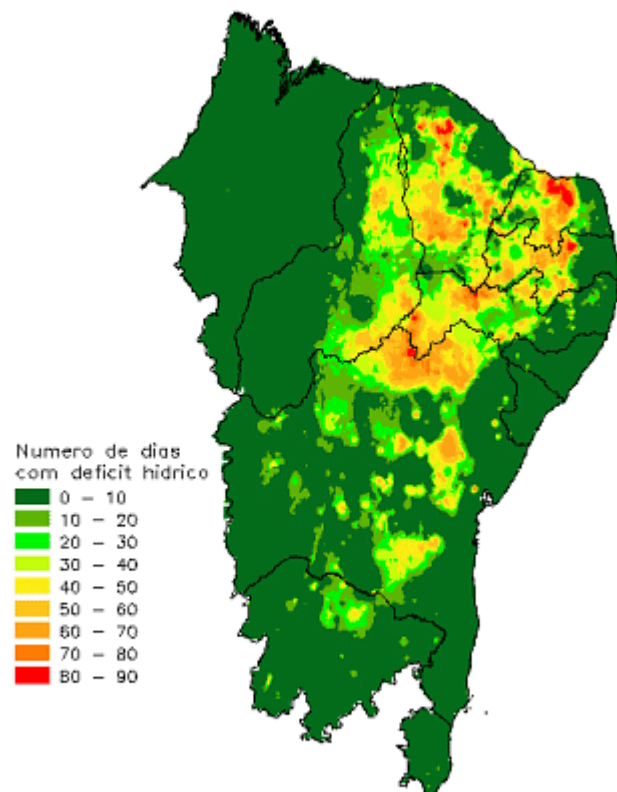


Fontes de dados: CMCD/INPE-INMET-FUNCEME/CE-LMRS/PB-EMPARN/RN-ITP/PE-SRH/BA-NMRH/AL-SEAAB/PI-CMRH/SE-CEMIG/SINGE/MG-SEAQ/ES

© CPTEC/INPE

Out 03-Set 04

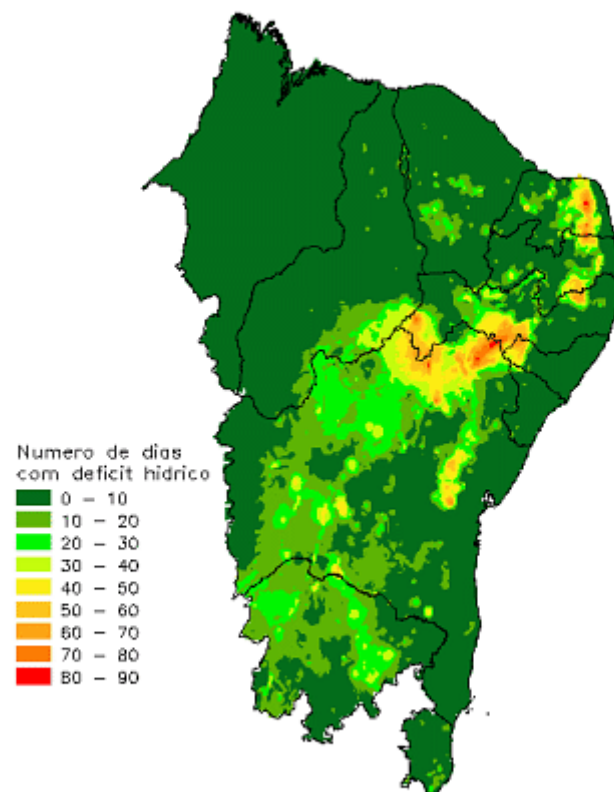
SUDENE - CPTEC - INPE
Numero de dias com deficit no trimestre chuvoso
Periodo 01102004-30092005



Fontes de dados: CMCD/INPE-INMET-FUNCEME/CE-LMRS/PB-EMPARN/RN-ITEP/PE
SRH/BA-NMRH/AL-SEAAB/PI-CMRH/SE-CEMIG/SINGE/MG-SEAG/ES

© CPTEC/INPE

SUDENE - CPTEC - INPE
Numero de dias com deficit no trimestre chuvoso
Periodo 01102005-15122006



Fontes de dados: CMCD/INPE-INMET-FUNCEME/CE-LMRS/PB-EMPARN/RN-ITEP/PE
SRH/BA-NMRH/AL-SEAAB/PI-CMRH/SE-CEMIG/SINGE/MG-SEAG/ES

© CPTEC/INPE

Segundo os Relatorios dos GT 1 e 2 do IPCC (2007):

- 1. O semi-árido nordestino será uma das regiões brasileiras mais afetadas pelas mudanças climáticas globais.**
- 2. A área, já carente em recursos hídricos, econômicos e sociais, parece ameaçada por mais uma má notícia: os estudos revelam que, no processo de aquecimento global, não só choverá menos e as secas serão mais intensas, mas há outro perigo - alguns indicadores apontam que o processo de aquecimento global também significará uma redução no nível de água dos reservatórios subterrâneos.**
- 3. A redução de água nos aquíferos nordestinos pode chegar a 70% até o ano 2050**
- 4. No Nordeste, a região mais vulnerável, do ponto de vista social, à mudança de clima, seria o interior, conhecida como semi-árido, ou simplesmente o “sertão”. Reduções de chuva aparecem na maioria dos modelos globais do IPCC AR4, assim como um aquecimento que pode chegar até 3-4°C para a segunda metade do século XXI. Isso acarreta reduções de até 15-20% nas vazões do rio São Francisco.**

Recursos de água e gerenciamento

- 1. Para meados do Século XXI, as vazões de rios e disponibilidade de água podem aumentar entre 10-40% em altas latitudes e em algumas áreas tropicais, assim como podem se reduzir entre 10-30% em áreas áridas e semi-áridas. Algumas de estas regiões já apresentam problemas de disponibilidade de água atualmente. Mudanças poder ser mais intensas a nível sazonal.**
- 2. Regiões áridas e semi-áridas são particularmente vulneráveis aos impactos de mudanças de clima na disponibilidade de água. Muitas de essas áreas (Bacia do Mediterrâneo, oeste de EUA, África do Sul e o Nordeste do Brasil) vai experimentar reduções sistemáticas na disponibilidade de recursos de água consequência da mudança climáticas. Além de isso, os níveis de recarga dos aquíferos na região serão menores, em áreas que atualmente já experimentam problemas de falta de água.**
- 3. Medidas de adaptação e processos para avaliar o risco A falta de água estão sendo desenvolvidos em alguns países, os que tem reconhecido as mudanças hidrológicas (ainda que com algum grau de incerteza).**

Segundo o Relatório do Clima do Brasil (PROBIO-GOF UK-INPE):

No cenário climático pessimista, as temperaturas aumentariam de 2 °C a 4 °C e as chuvas de reduziriam entre 15-20% no Nordeste até o final do século XXI. No cenário otimista, o aquecimento seria entre 1-3 °C e a chuva ficaria entre 10-15% menor que no presente.

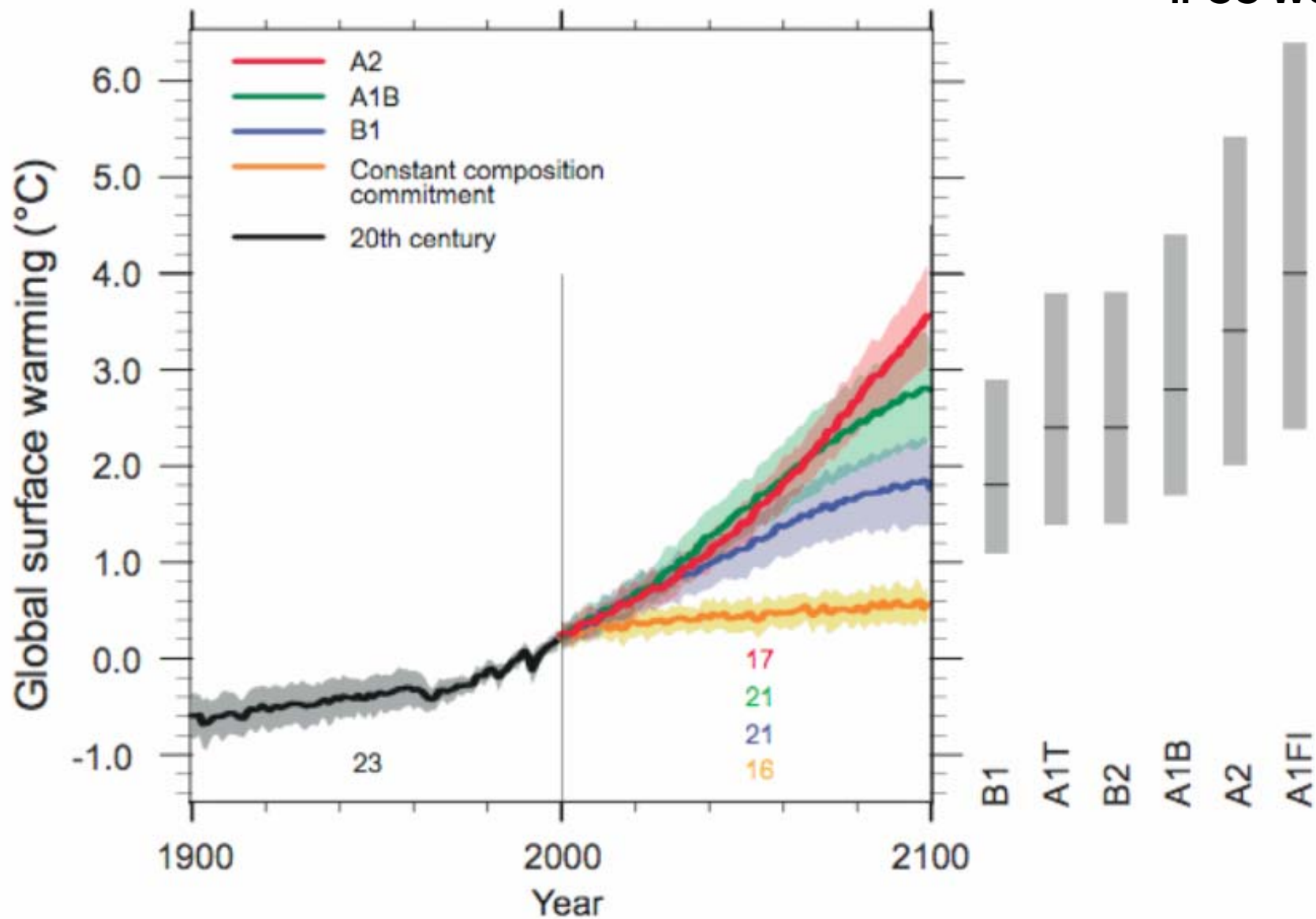
Essas mudanças no clima do Nordeste no futuro podem ter os seguintes impactos:

- A caatinga pode dar lugar a uma vegetação mais típica de zonas áridas, com predominância de cactáceas. O desmatamento da Amazônia também afetará a região.
- Um aumento de 3°C ou mais na temperatura média deixaria ainda mais secos os locais que hoje têm maior déficit hídrico no semi-árido.
- A produção agrícola de subsistência de grandes áreas pode se tornar inviável, colocando a própria sobrevivência do homem em risco.
- O alto potencial para evaporação do Nordeste, combinado com o aumento de temperatura, causaria diminuição da água de lagos, açudes e reservatórios.
- O semi-árido nordestino ficará vulnerável a chuvas torrenciais e concentradas em curto espaço de tempo, resultando em enchentes e graves impactos sócio-ambientais. Porém, e mais importante, espera-se uma maior frequência de dias secos consecutivos e de ondas de calor decorrente do aumento na frequência de veranicos.
- Com a degradação do solo, aumentará a migração para as cidades costeiras, agravando ainda mais os problemas urbanos.

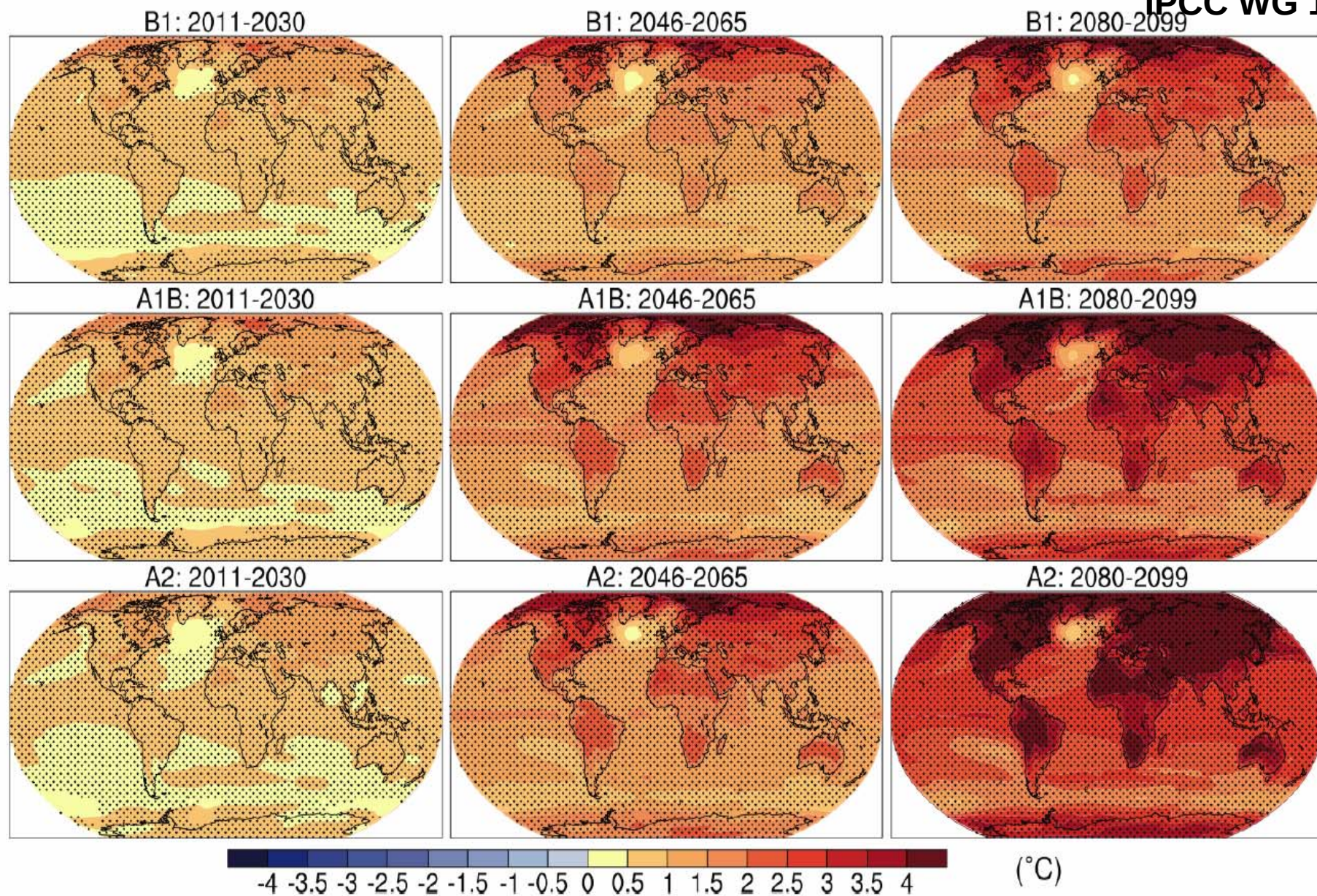


No que concerne à população, aqueles com menos recursos e que têm menor capacidade de se adaptar são os mais vulneráveis. O estudo desenvolvido pelo Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República em 2005 (NAE 2005 a, b) sugere que o Nordeste é a região mais vulnerável a mudanças climáticas. O semi-árido Nordestino que apresenta curta, porém crucialmente importante estação chuvosa no clima do presente, poderia, num clima mais quente no futuro, transformar-se em região árida. Isto pode afetar a agricultura de subsistência regional, a disponibilidade de água e a saúde da população, obrigando as populações a migrar, e gerando ondas de "refugiados ambientais do clima" para as grandes cidades da região ou para outras regiões, aumentando os problemas sociais já presentes nas grandes cidades.

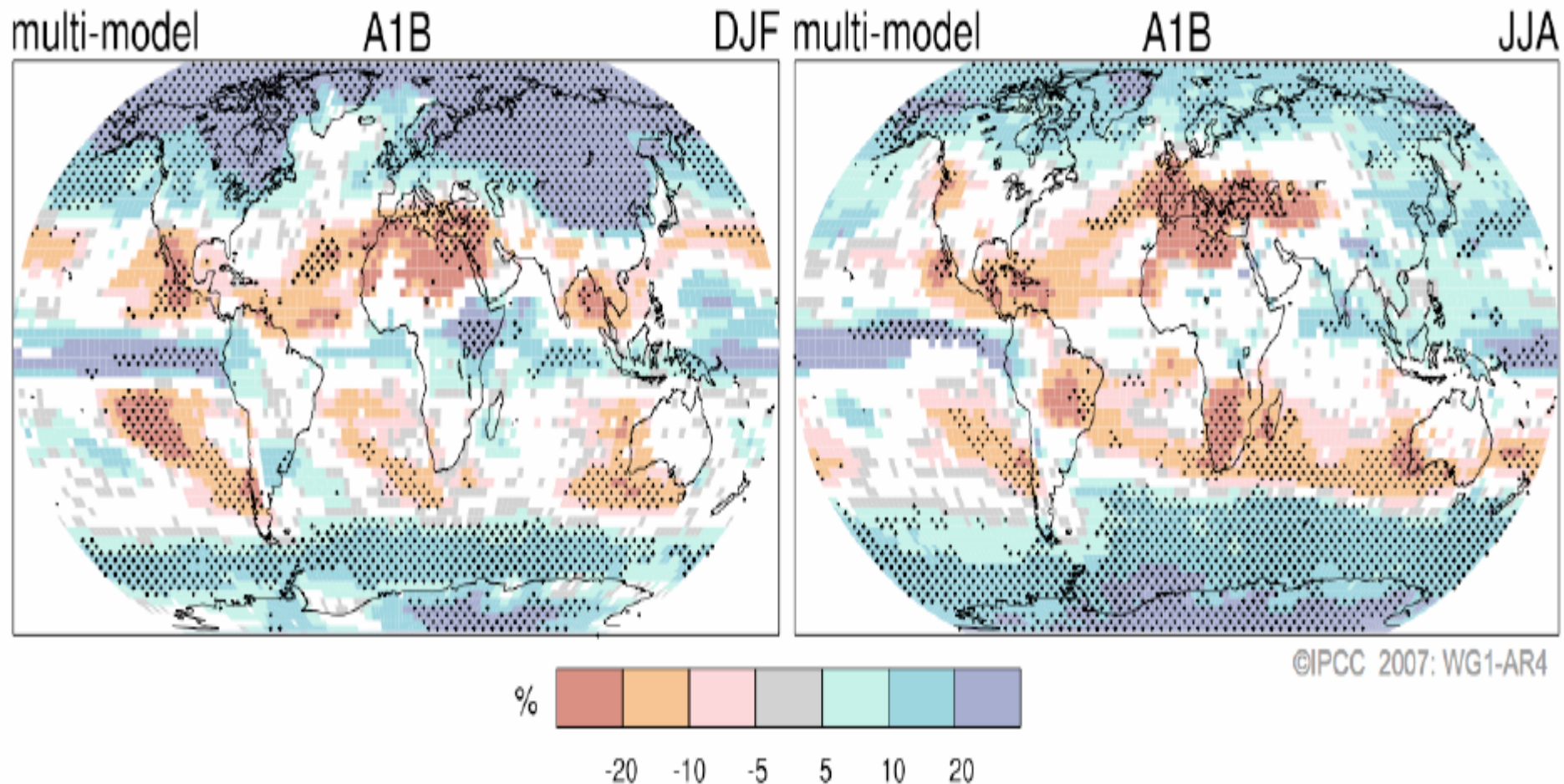
Mudanças climáticas no Brasil ameaçam intensificar as dificuldades de acesso à água. A combinação das alterações do clima, na forma de falta de chuva ou pouca chuva acompanhada de altas temperaturas e altas taxas de evaporação, e com competição por recursos hídricos, pode levar a uma crise potencialmente catastrófica, sendo os mais vulneráveis os agricultores pobres, como os agricultores de subsistência na área do semi-árido do Nordeste ("polígono da seca"), região semi-árida de 940 mil km² que abrange nove Estados do Nordeste e enfrenta um problema crônico de falta de água.



Escenários de emissão (sócio econômicos) usados pelo IPCC AR4 para projeções de clima futuro.

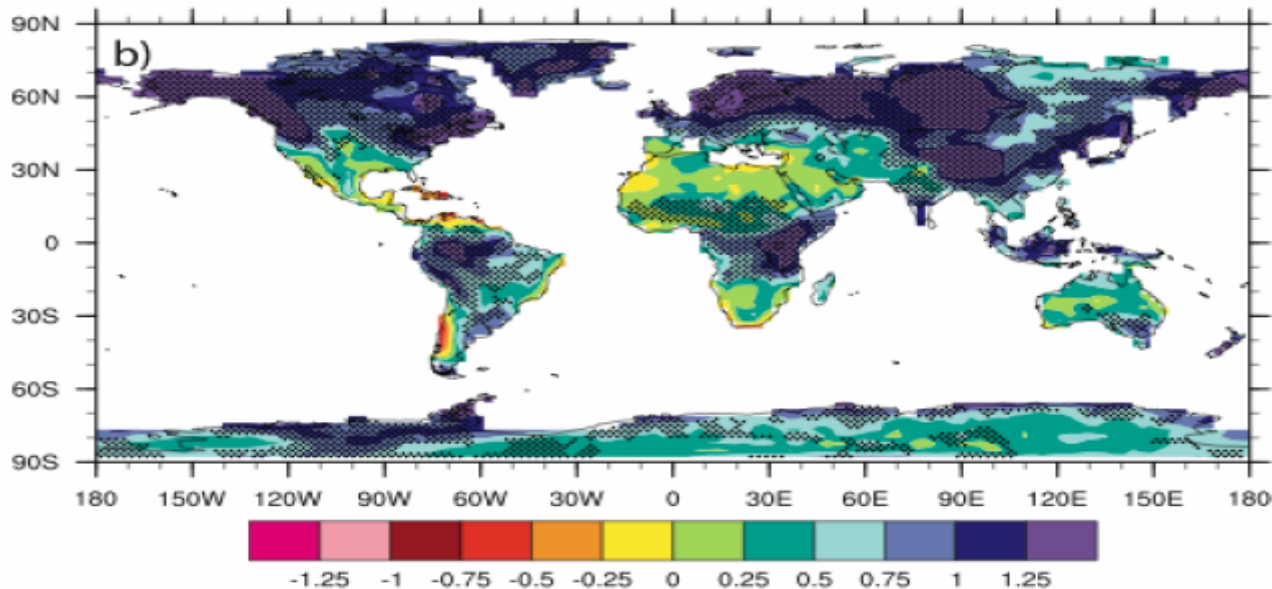


Projected Patterns of Precipitation Changes



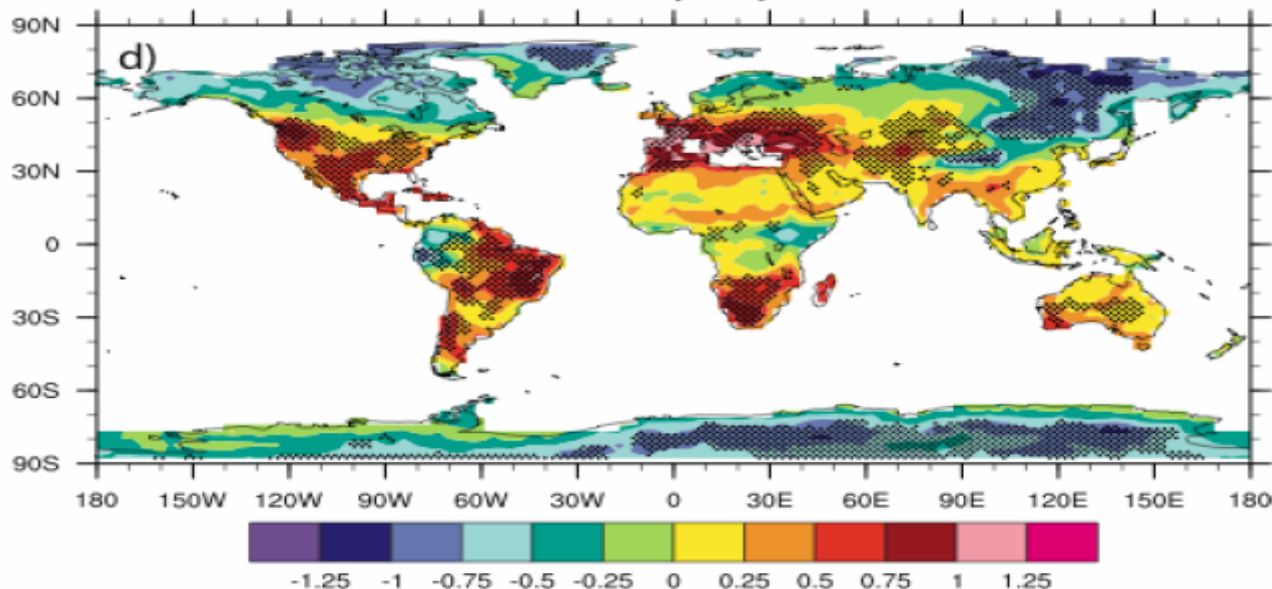
**Mudanças da precipitação (%) para o período de 2090–2099, relativo a 1980–1999.
Media de vários modelos e IPCC AR4.**

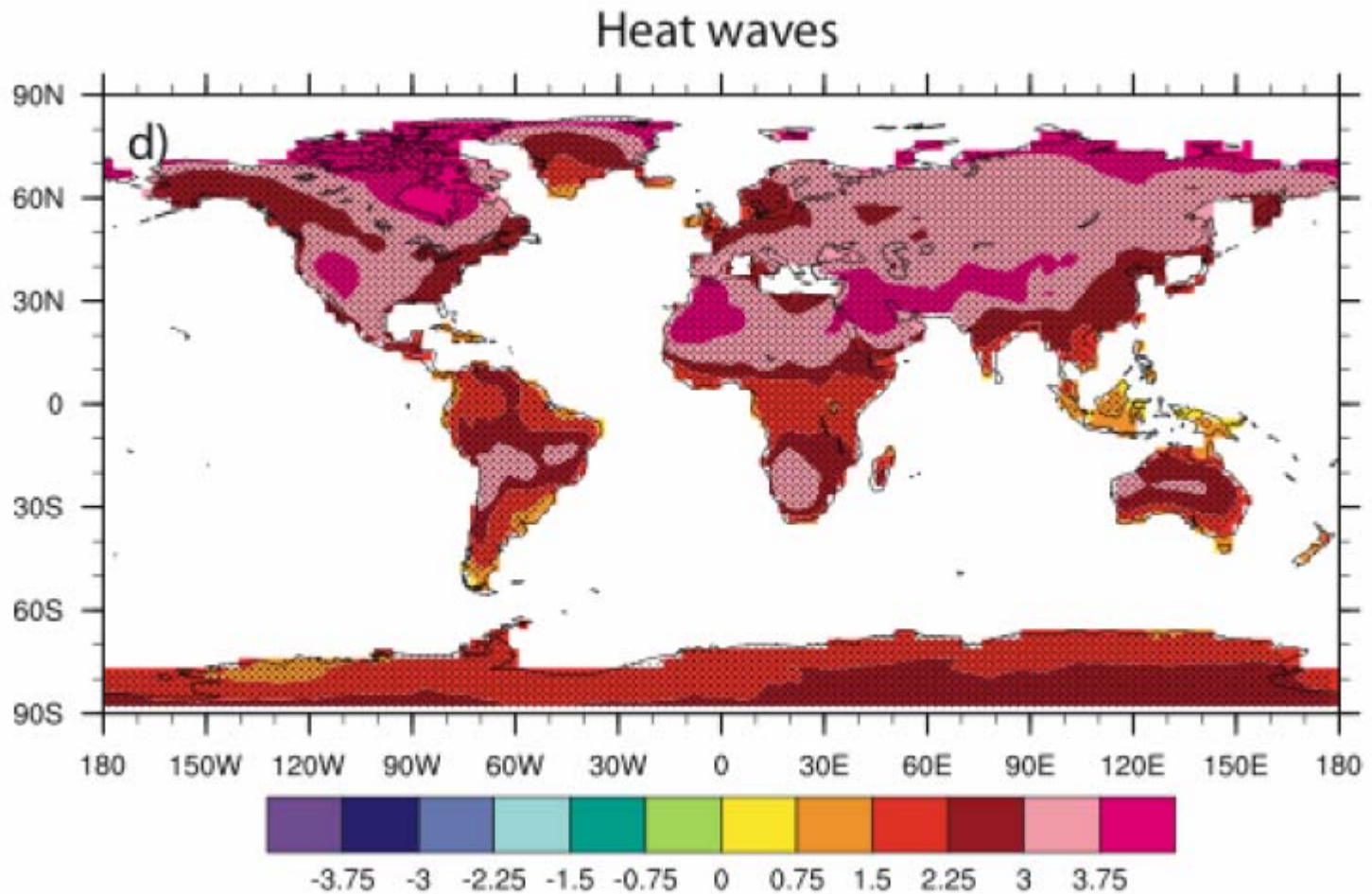
Precipitation intensity



Mudanças em índices de extremos de precipitação (chuvas intensas e veranicos ou períodos secos) projetadas para o ano de 2080–2099 em relação a 1980–1999 para o cenário A1B.

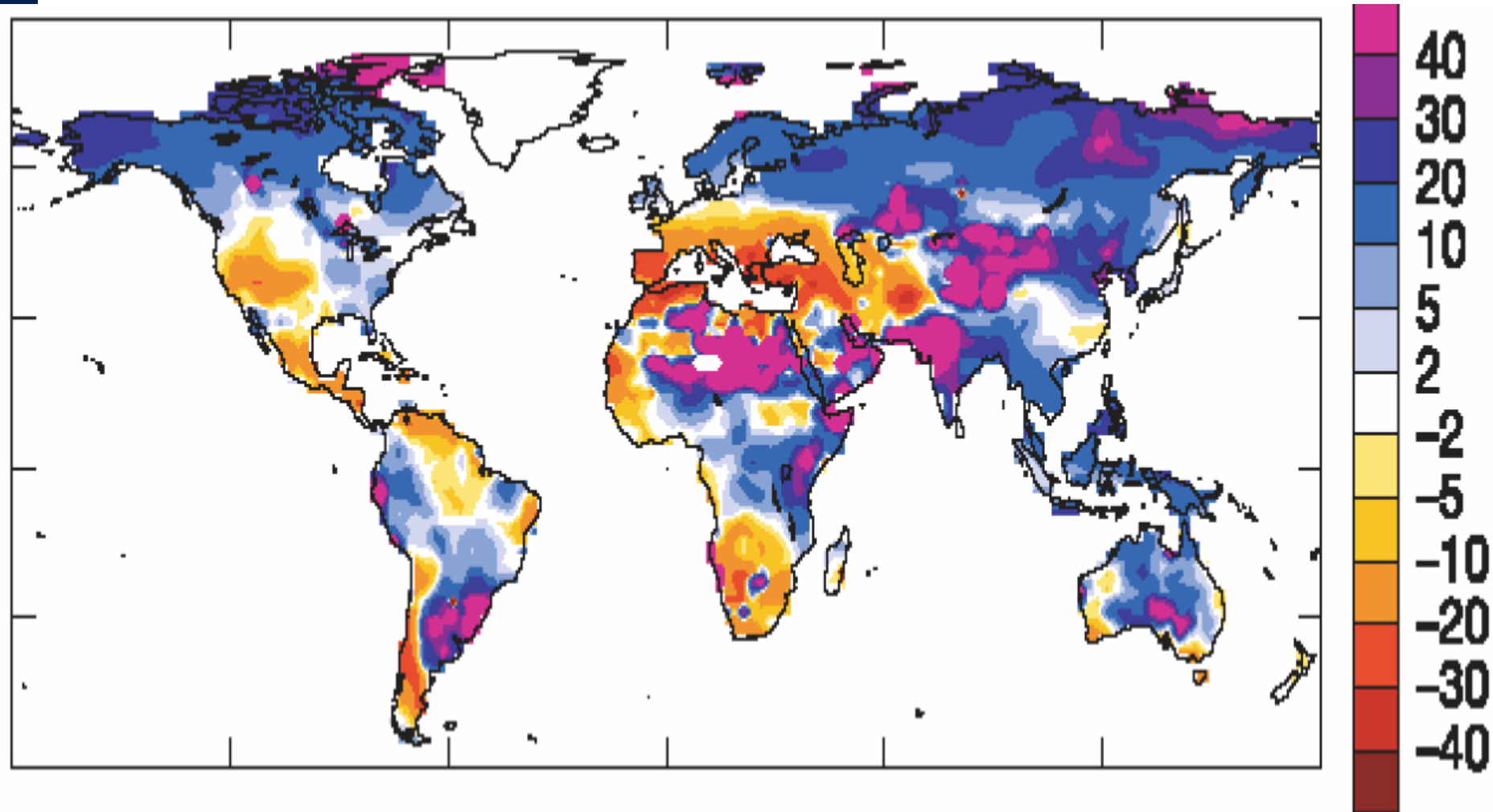
Dry days

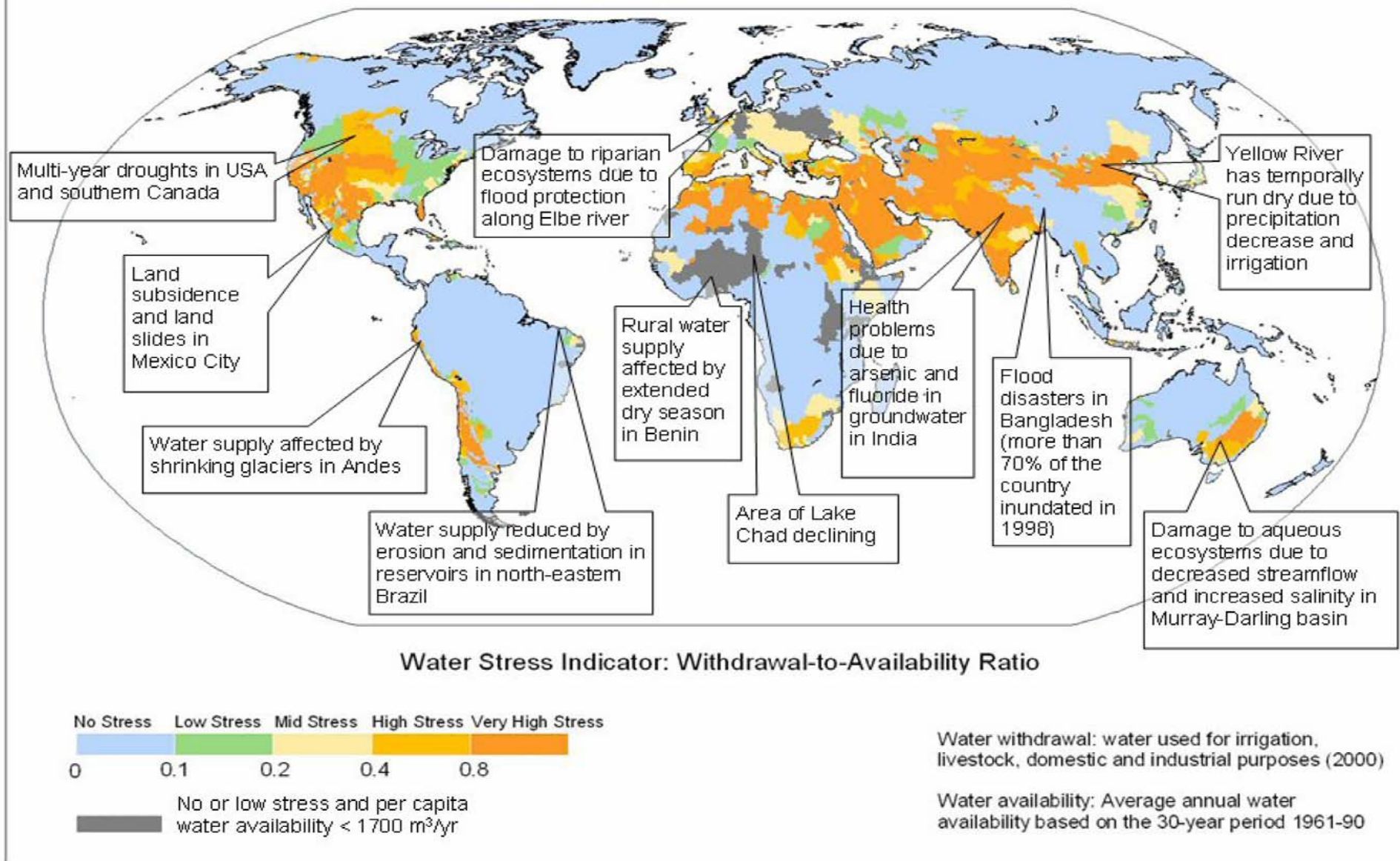




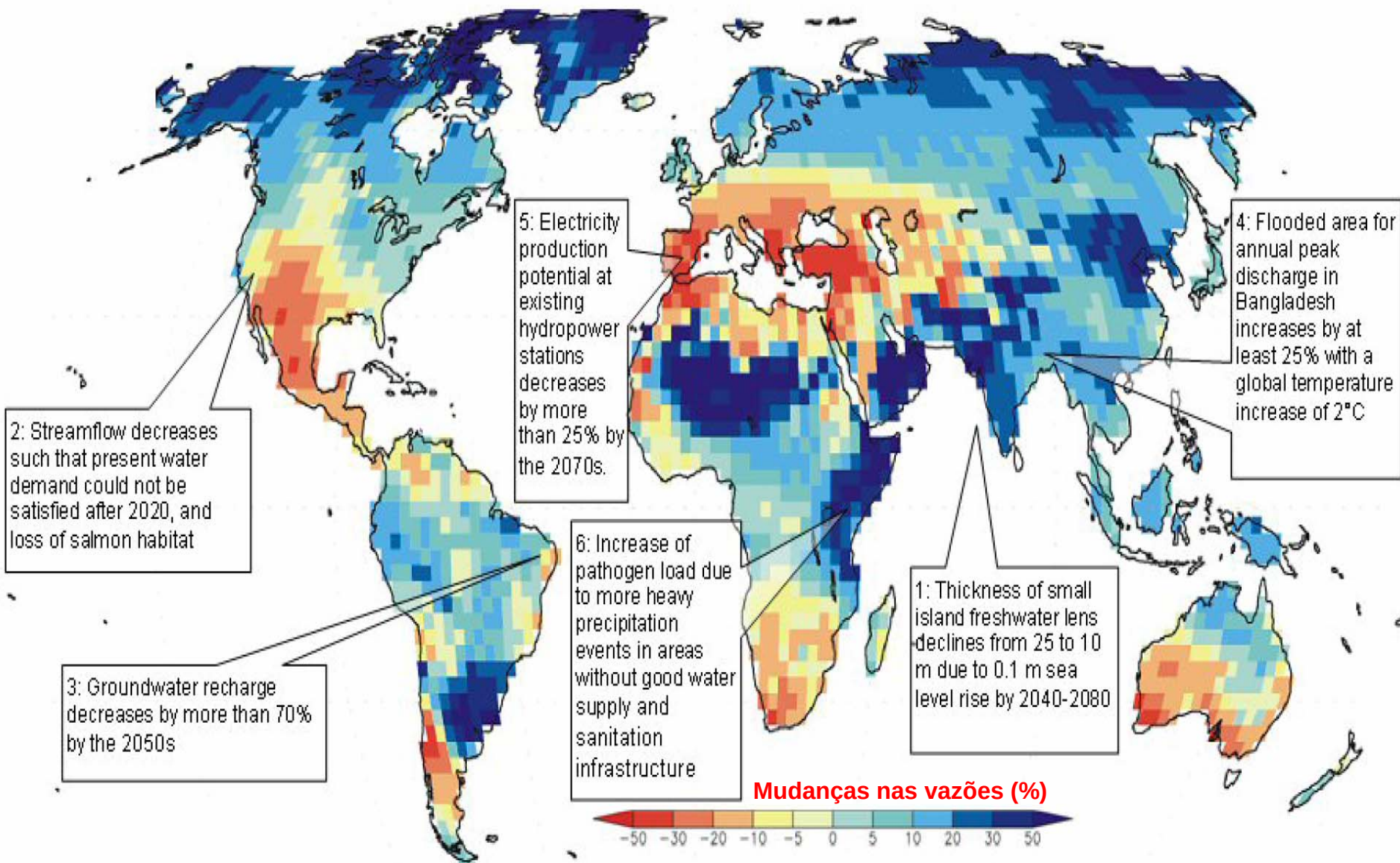
Mudanças em índices de extremos de ondas de calor projetadas para o ano de 2080–2099 em relação a 1980–1999 para o cenário A1B.

Projeções de mudanças em vazões de rios ate 2050 [media de 12 modelos de IPCC AR4, cenário A1B]





Exemplos de vulnerabilidades atuais de recursos de água e seu gerenciamento. No fundo aparece o mapa de stress hídrico baseado na versão de 2006 do modelo WaterGAP (Alcamo et al., 2003a).

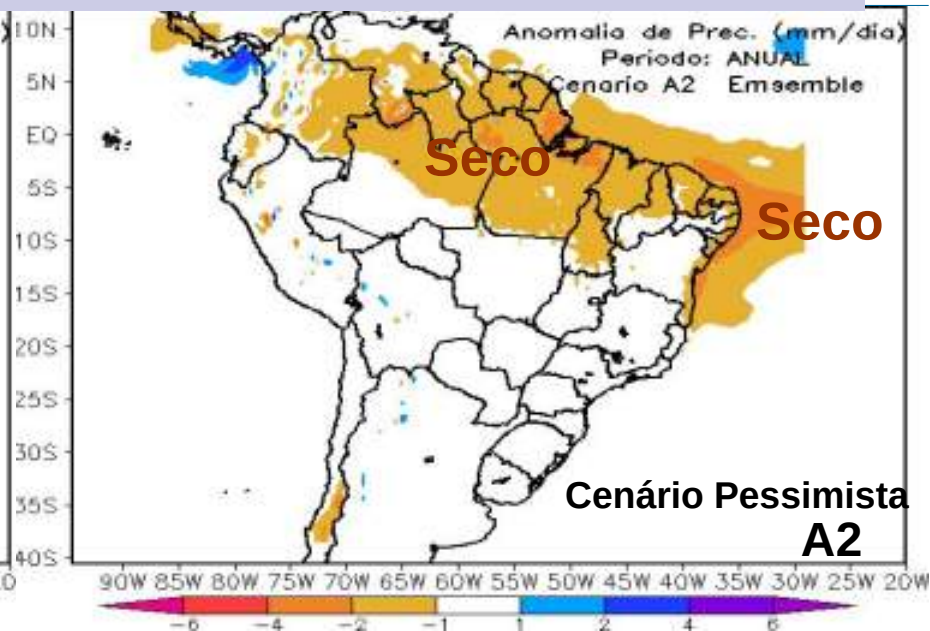
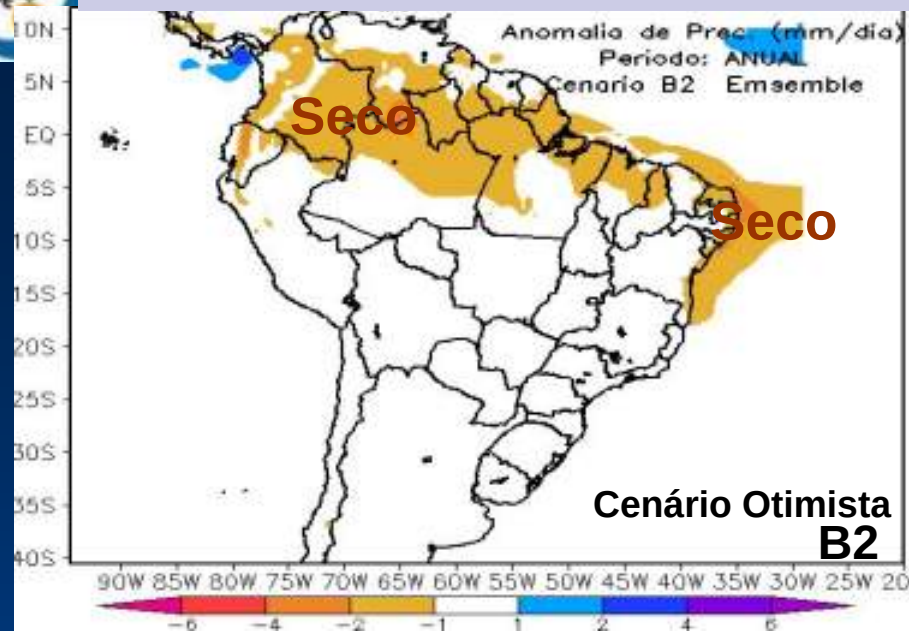


Mapa ilustrativo de impactos da futura mudança de clima em recursos de água potável, que pode afetar o desenvolvimento sustentável nas regiões afetadas. Mapa de fundo apresenta mudanças nas vazões a nível global para o período 2081-2100 em relação ao presente 1981-2000, para o cenário A1B (Nohara et al., 2006).

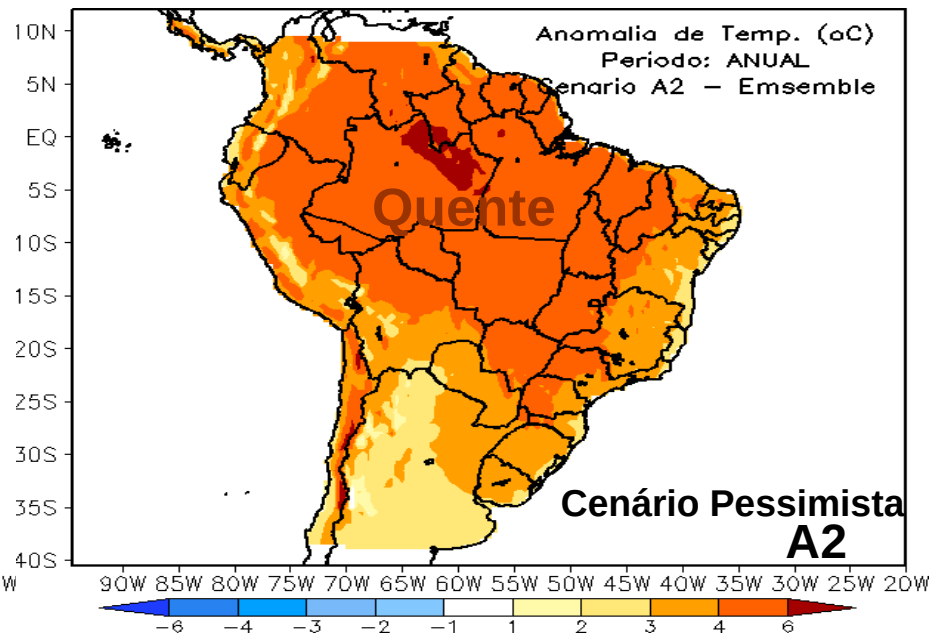
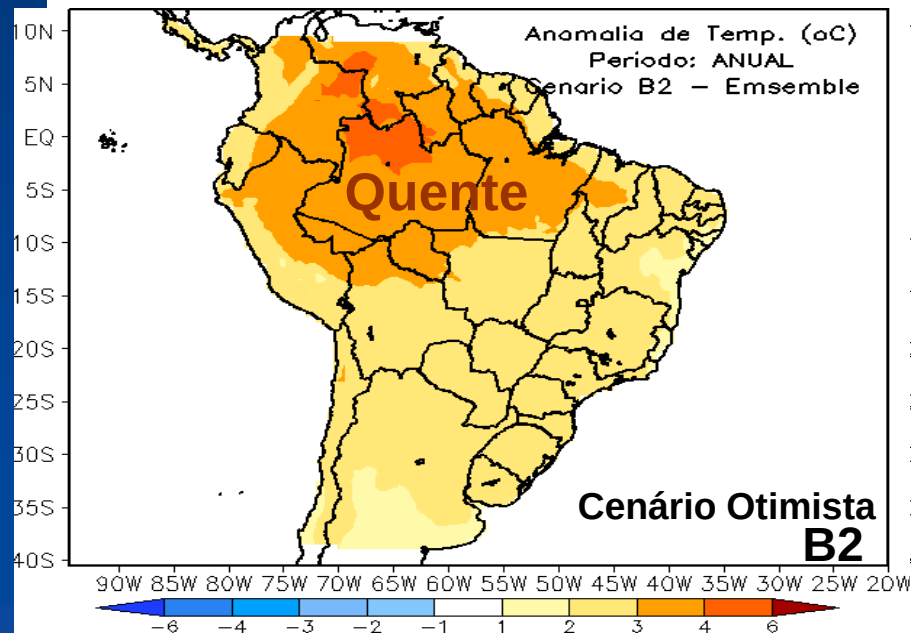


Vulnerabilidade Relativa de deltas costeiros indicada pela população que potencialmente seria deslocada pelos níveis de elevação do nível do mar ate 2050 (Extrema > 1 mill; Alta =1 mill - 50,000; medium 50,000 – 5000) Ericson et al. 2006)

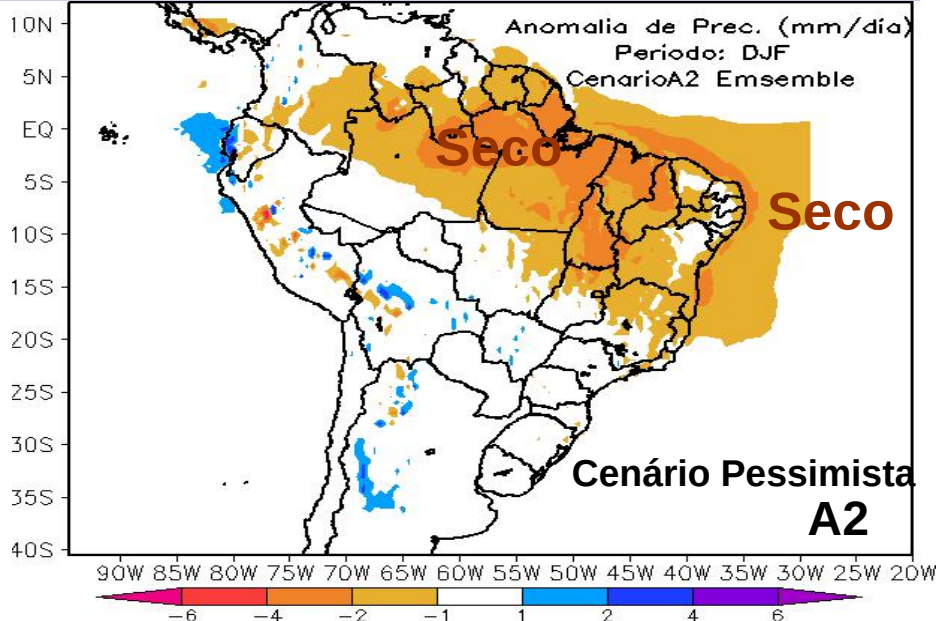
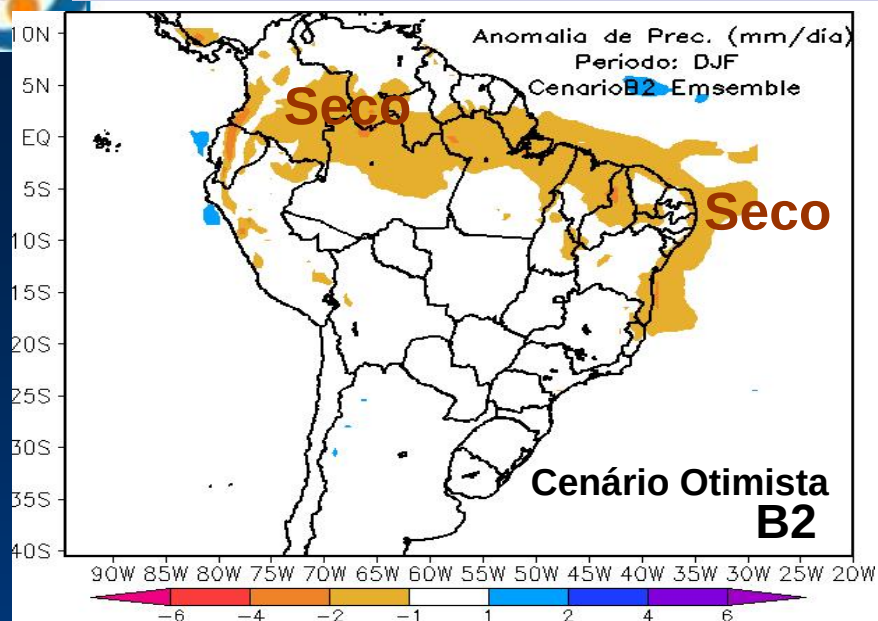
Anomalias de chuva anual [(2071-2100)- (1961-90)] em mm/dia



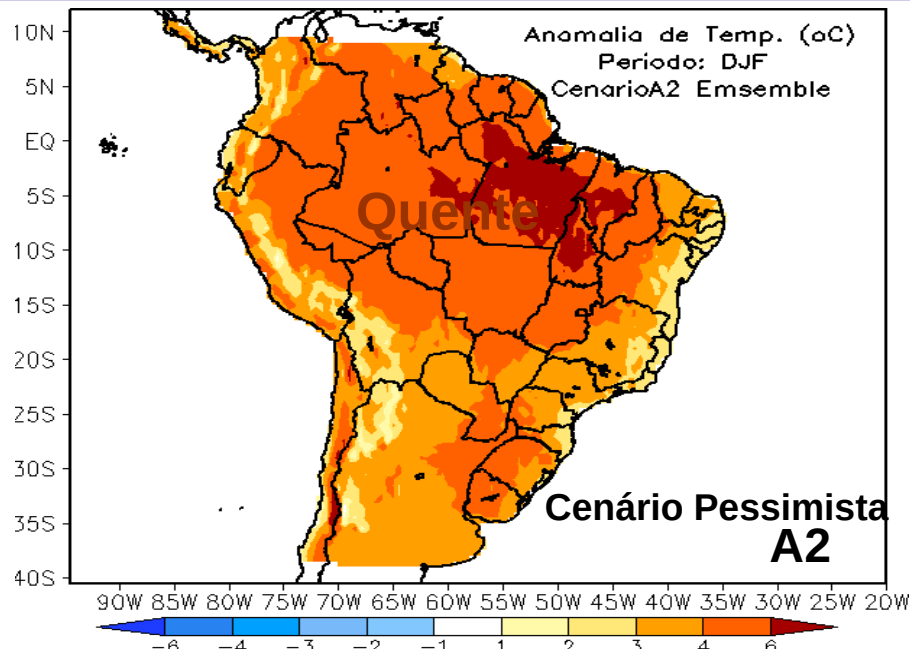
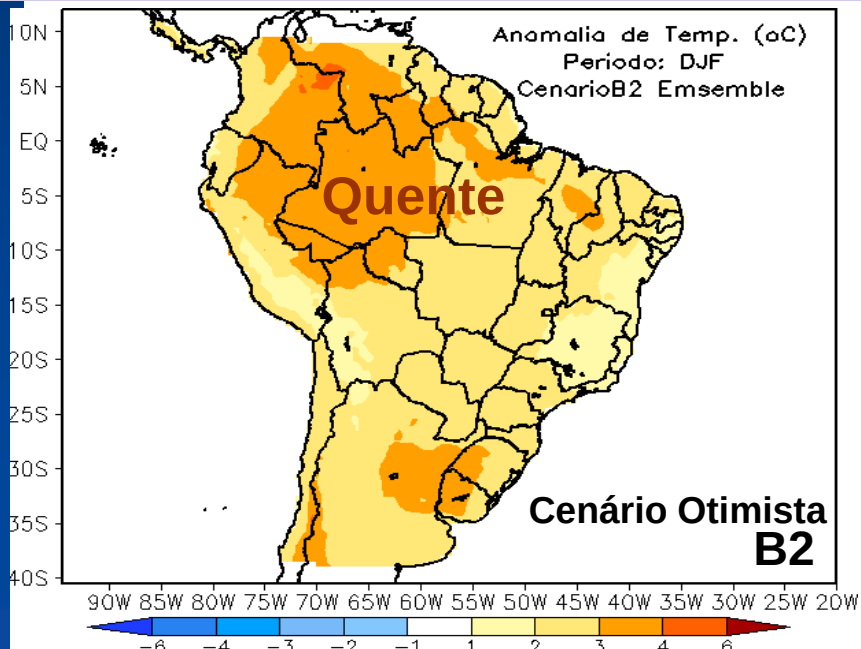
Anomalias da temperatura anual [(2071-2100)- (1961-90)] em °C



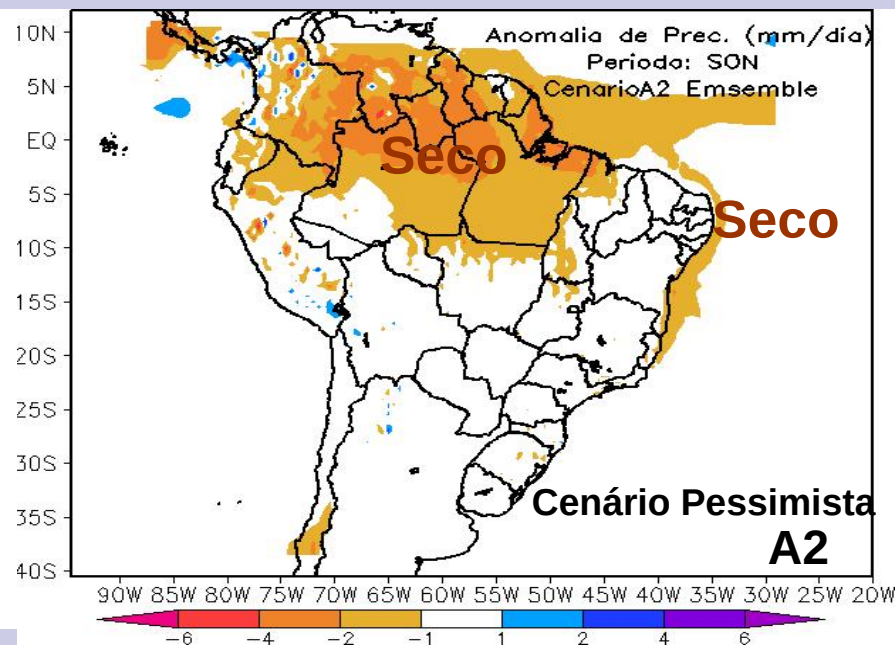
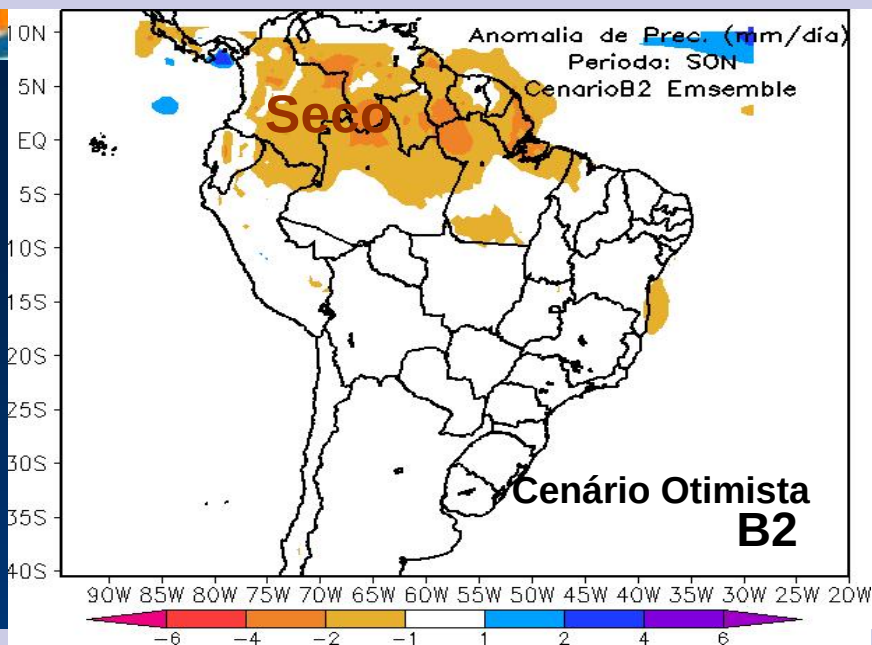
Anomalias de chuva verão DJF [(2071-2100)- (1961-90)] em mm/dia



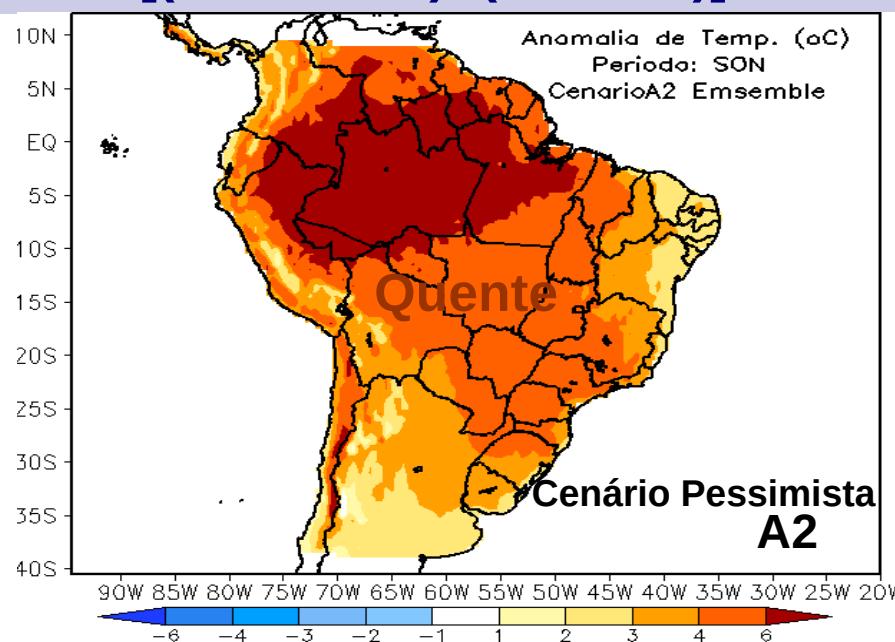
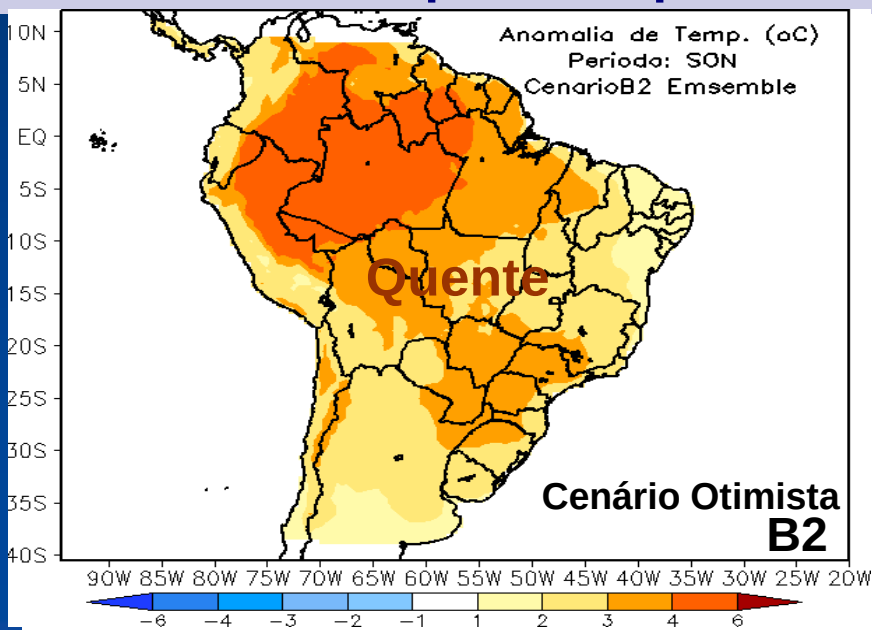
Anomalias da temperatura verão DJF [(2071-2100)- (1961-90)] em °C



Anomalias de chuva primavera SON [(2071-2100)- (1961-90)] em mm/dia



Anomalias da temperatura primavera SON [(2071-2100)- (1961-90)] em °C

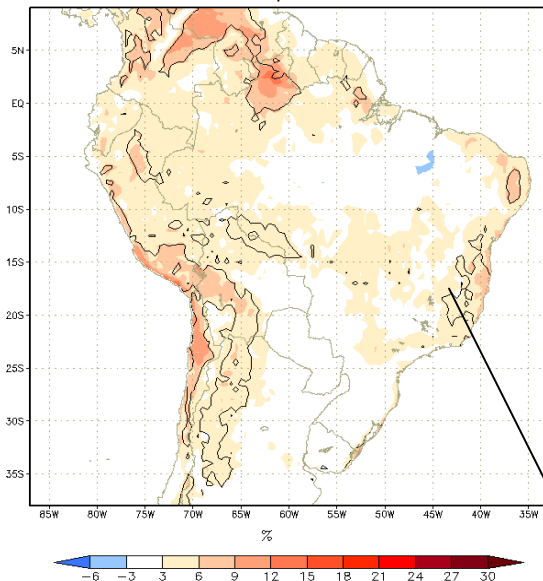


Índice TN90 (Noites quentes) presente (1961-90) 3 futuro (2071-2100)

HadRM3

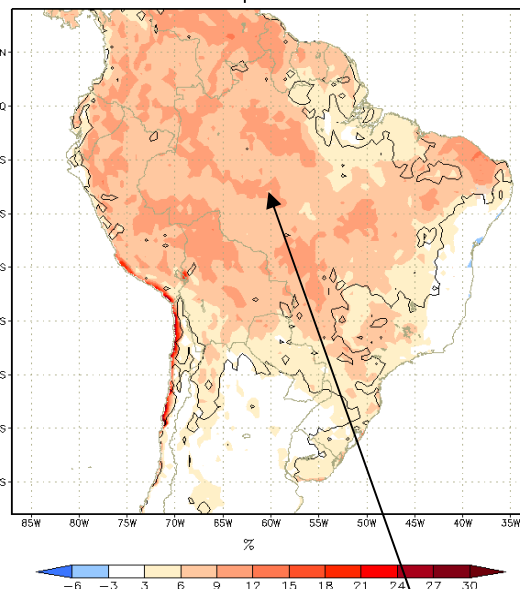
1961-90

PRECIS TN90p - BASELINE



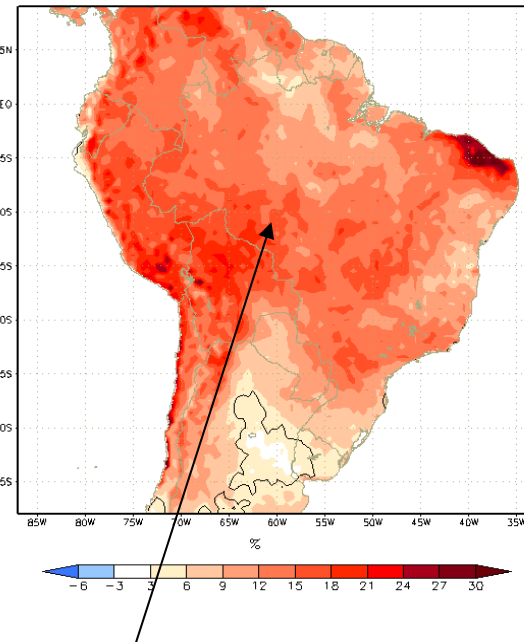
2071-2100, B2

PRECIS TN90p - CENARIO B2



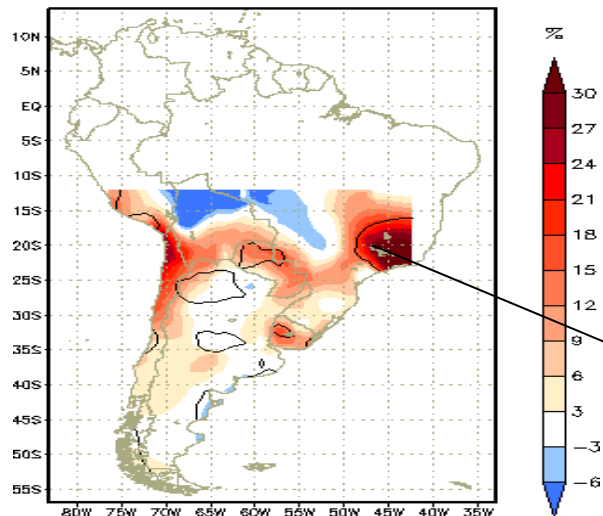
2071-2100, A2

PRECIS TN90p - CENARIO A2



OBSV

Observacoes TN90P



Aumento na frequência de
noites quentes até 2100

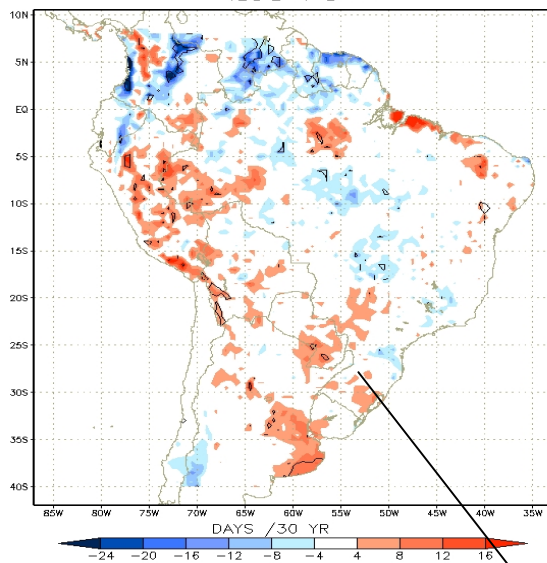
Aumento na frequência de
noites quentes entre 1961-
2000

Índice R10 (chuvas intensas) presente (1961-90) e futuro (2071-2100)

HadRM3

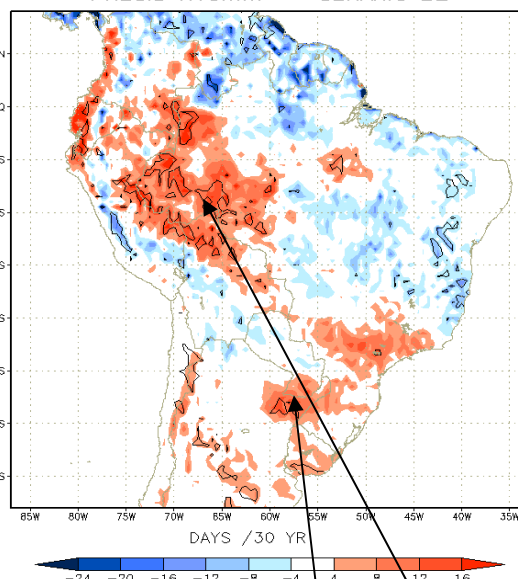
1961-90

PRECIS R10mm



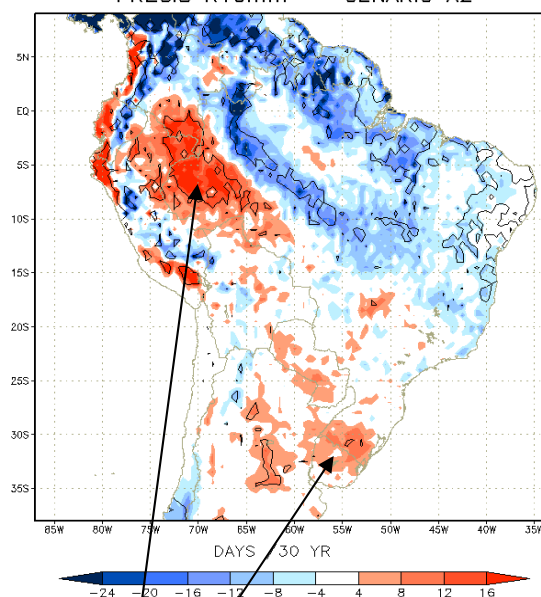
2071-2100, B2

PRECIS R10mm - CENARIO B2



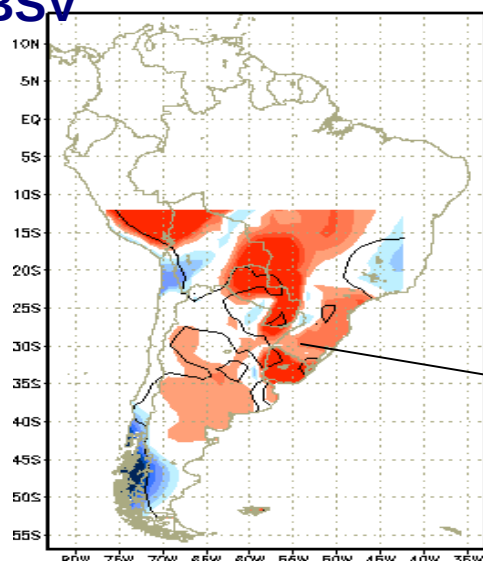
2071-2100, A2

PRECIS R10mm - CENARIO A2

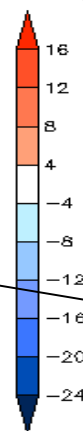


OBSV

Observacoes R10mm



DAYS

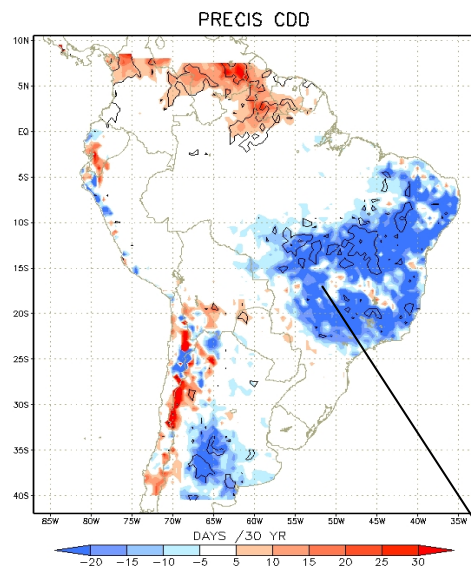


Aumento na frequência de chuvas intensas até 2100

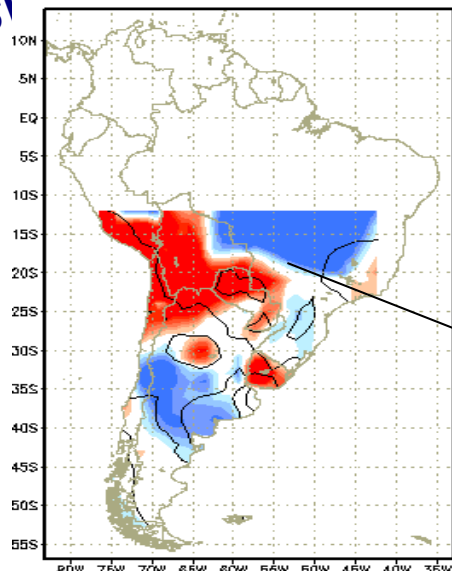
Aumento na frequência de chuvas intensas (acima de 10 mm) entre 1961-2000

Índice CDD (dias secos consecutivos) presente (1961-90) e futuro (2071-2100)

HadRM3 1961-90

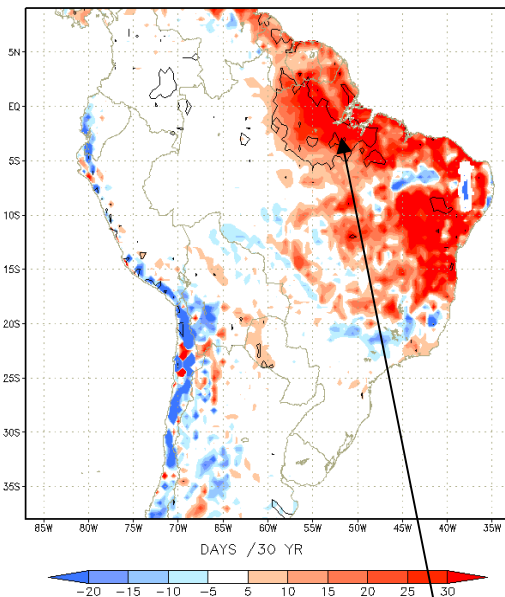


Observações CDD



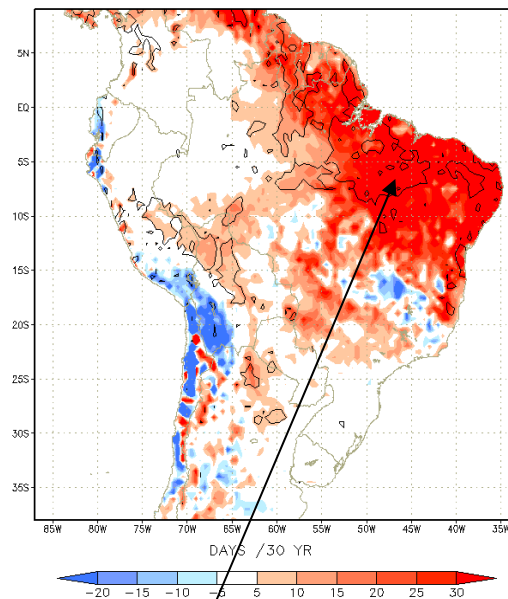
2071-2100, B2

PRECIS CDD - CENÁRIO B2



2071-2100, A2

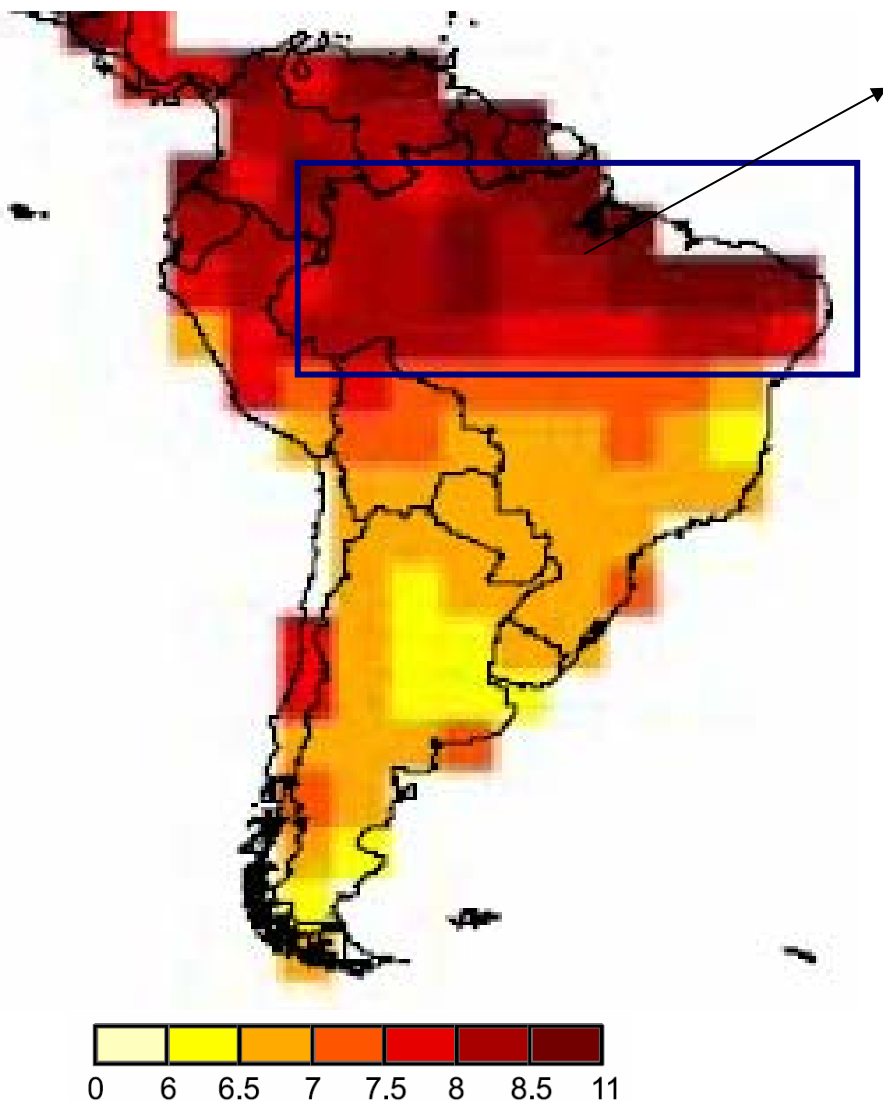
PRECIS CDD - CENÁRIO A2



Aumento na frequência de dias secos consecutivos até 2100

Redução na frequência de dias secos consecutivos entre 1961-2000

Valores agregados do Índice de Mudanças Climáticas CCI na América do Sul, período 2071-2100 em relação a 1961-90. Escala de cor do índice aparece na parte inferior do mapa. Fonte: Baettig et al. (2007).

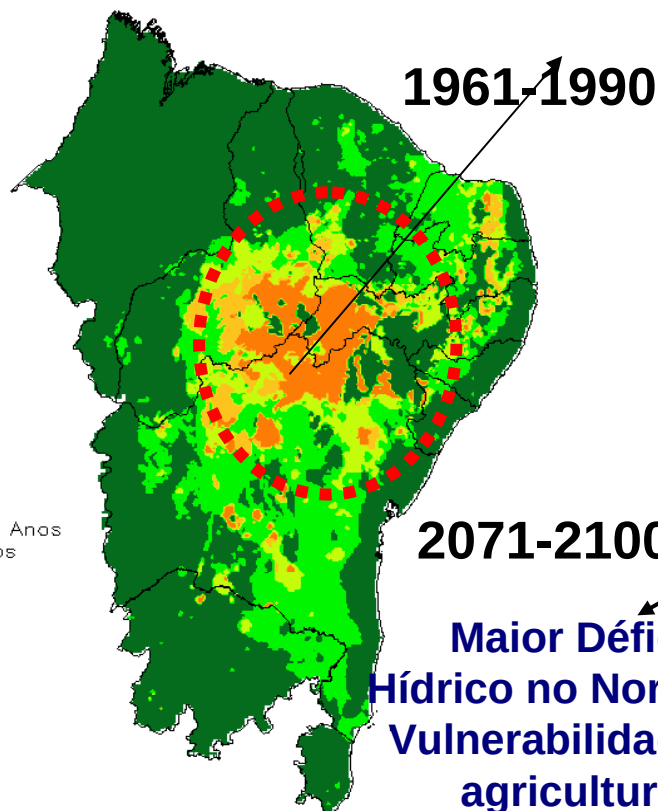


Regiões mais vulneráveis a mudança de clima

Os resultados deste estudo para América do Sul indicam que as mudanças climáticas mais intensas para o final do Século XXI, relativo ao clima atual, vão acontecer na região tropical, especificamente Amazônia e Nordeste do Brasil, com valores de CCI variando entre 7.5 a 11 na Amazônia do oeste e no sertão nordestino. Estas duas regiões constituem o que poderia ser chamado de “climatic change hot spots” e representam as regiões mais vulneráveis do Brasil às mudanças de clima.

Impactos Severos nos Recursos Hídricos do Nordeste. Tendência a “aridização” da região semi-árida do Nordeste até final do Século XXI

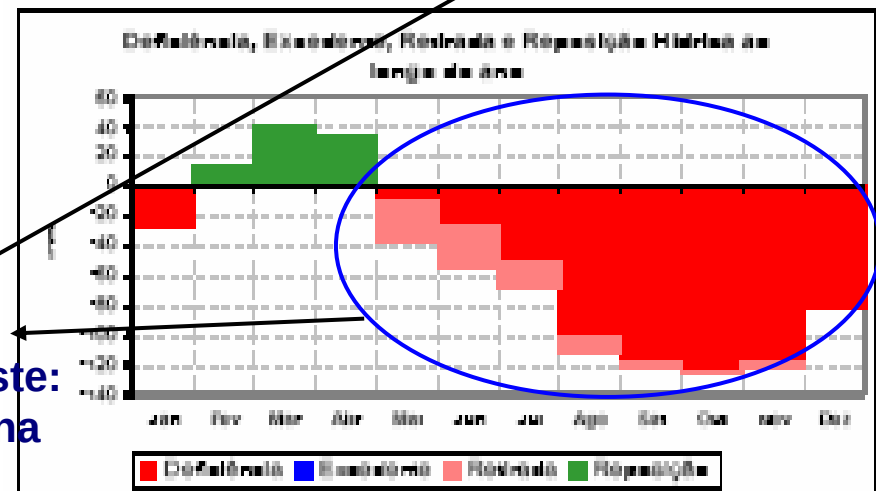
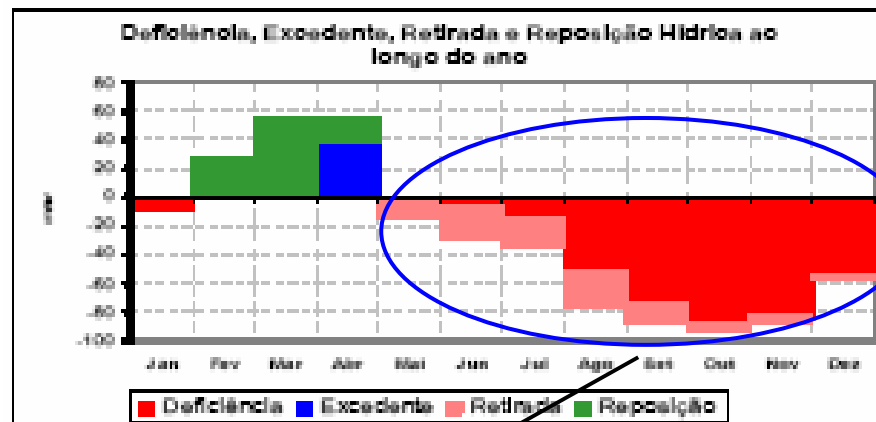
Relavante ao:
PROGRAMA NACIONAL DE
COMBATE À DESERTIFICAÇÃO E
MITIGAÇÃO DOS EFEITOS DE
SECA (PAN-Brasil)



Numero de Anos Consecutivos

- 1 Ano
- 2 Anos
- 3 Anos
- 4 Anos
- 5 Anos

Balanço Hídrico-Nordeste



Os pesquisadores trabalham com dois cenários para as mudanças climáticas no Brasil, na segunda metade do século. O primeiro foi chamado de A2 e é o mais pessimista. Ele prevê emissões maiores e uma elevação global de temperatura de 5,8 graus Celsius (esse valor varia de acordo com a região do mundo). O outro cenário chama-se B2 e é mais otimista, com emissões menores e uma elevação de 1,4 grau.

Norte

A2 Aumento de 4,8 graus Celsius, com redução de 15% a 20% do volume de chuvas e atrasos na estação chuvosa. Uma mudança assim afetaria a biodiversidade e deixaria o nível dos rios mais baixo. Mudanças na Amazônia influenciam o transporte de umidade para as regiões Sul e Sudeste, com consequências para a saúde e a geração de energia hidrelétrica

B2 elevação de 3 a 5 graus Celsius e redução de 5% a 15% nas chuvas. O impacto não é muito diferente daquele previsto pelo cenário A2.

Centro Oeste

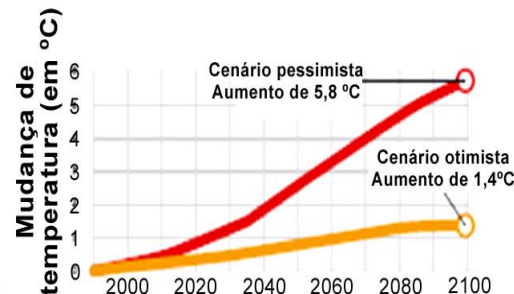
A2 De 3 a 6 graus Celsius mais quente. Redução de biodiversidade do Pantanal e do Cerrado, e impacto na agricultura.

B2 De 2 a 4 graus mais quente. Redução de biodiversidade do Pantanal e do Cerrado, e impacto na agricultura.

Sudeste

A2 3 a 6 graus Celsius mais quente. Extremos de chuva, seca e temperatura. Impacto na agricultura, na saúde da população e na geração de energia.

B2 De 2 a 3 graus mais quente. Consequências semelhantes às do outro cenário



Nordeste

A2 2 a 4 graus Celsius mais quente e de 15% a 20% mais seco. Diminuição do nível dos açudes. Impactos na agricultura de subsistência e na saúde. Perda de biodiversidade da Caatinga.

B2 Elevação de 1 a 3 graus Celsius. redução de até 15% do volume de chuvas. Diminuição do nível dos açudes. Impactos na agricultura de subsistência e na saúde. Perda de biodiversidade da Caatinga.

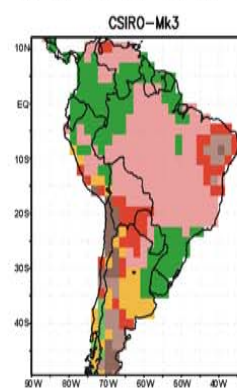
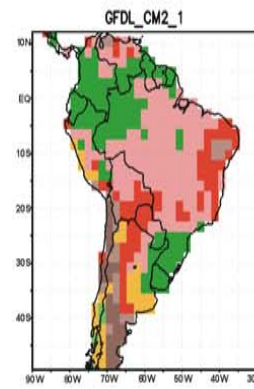
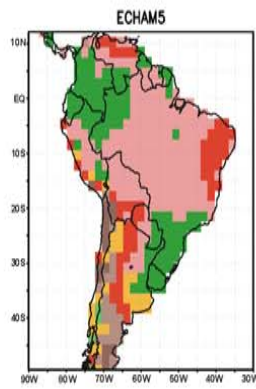
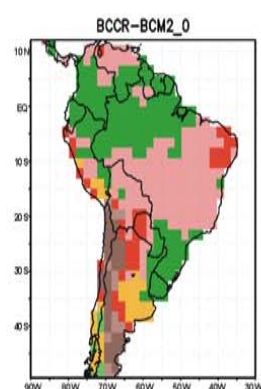
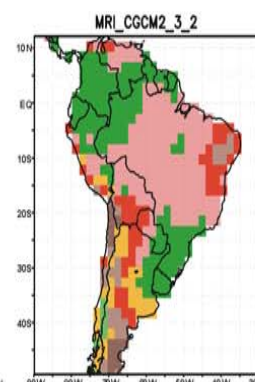
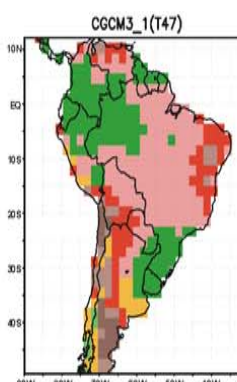
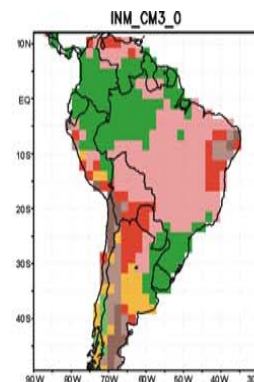
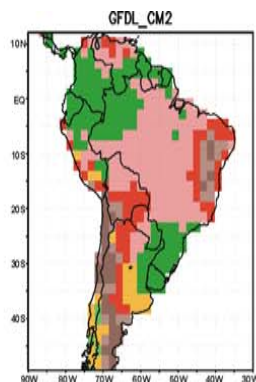
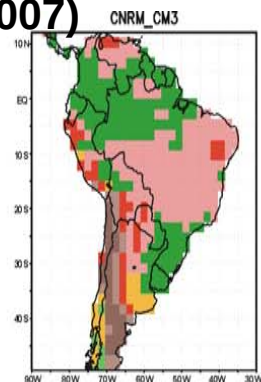
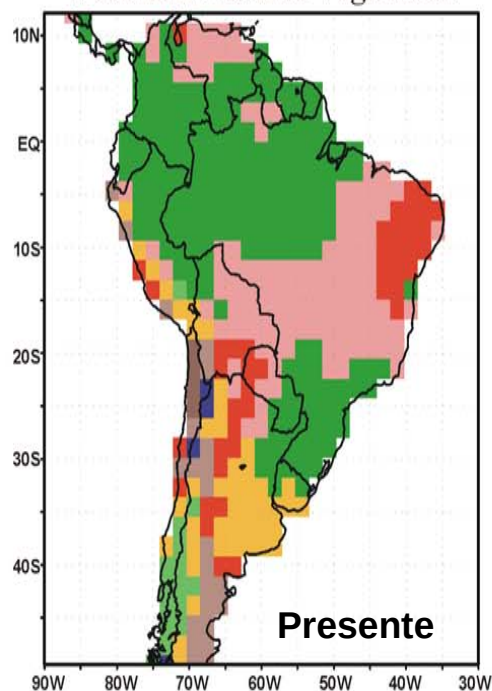
Sul

A2 A temperatura pode subir de 2 a 4 graus. O clima pode se tornar de 5% a 10% mais chuvoso, mas a alta evaporação devido ao calor pode afetar o balanço hídrico. Mais extremos de chuva e temperatura. Impacto na saúde da população, na agricultura e na geração de energia.

B2 Elevação de 1 a 3 graus Celsius na temperatura. Aumento de até 5% no volume de chuvas. As consequências são parecidas com a do cenário A2, embora a intensidade possa variar.

Impactos da mudança de clima na vegetação natural da America do Sul . Projeções de cenários de biomas para 2090-2100, derivados de 15 modelos de IPCC para o cenários A2 (Salazar et al. 2007)

Potential Natural Vegetation



- 1. Tropical Forest
- 2. Temperate Forest
- 6. Savanna
- 7. Grasslands
- 8. Caatinga
- 9. Semi-desert
- 10. Tundra
- 11. Desert

