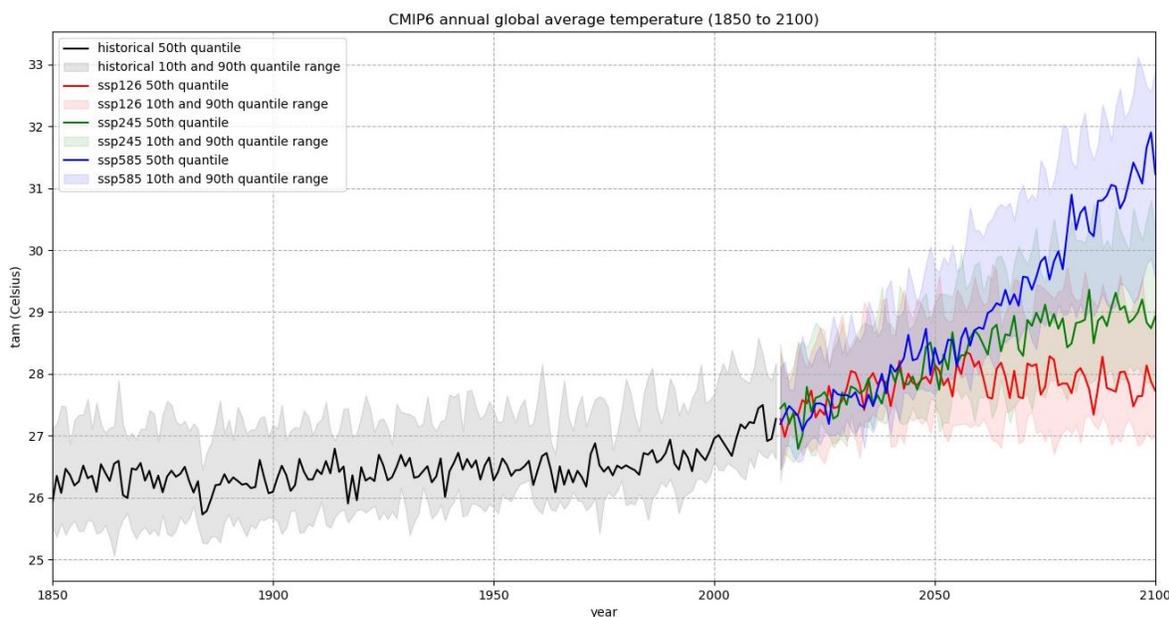


RELATÓRIO FINAL

Novos Cenários Climáticos para Guiné-Bissau (2016-2045, 2041-2070 e 2071-2100)



Consultor:
Instituto Nacional de Meteorologia da Guiné-Bissau (INM-GB)

INM-GB@2024

FICHA TÉCNICA

Participaram neste trabalho uma equipa de Consultores, composto por Experts Agro-Climatologistas, especializados na Modelização Climática do Instituto Nacional de Meteorologia da Guiné-Bissau (INM-GB), sob a orientação e supervisão do Coordenador do Projeto **GNB/PNUE GFL/2328-2724-BBBB36-2212 QUARTA COMUNICAÇÃO NACIONAL:**

1. ORIENTAÇÃO / SUPERVISÃO

MSc. João LONA TCHEDNÁ

2. EQUIPA DE MODELAÇÃO CLIMÁTICA

Eng.º Cherno Luis Mendes – Expert Agrometeorologista /Esp. Mod. Climática

Eng^a. Feliciano Mendonça – Expert Agro-Climatologista /Espc. Mod. Climática

Este trabalho foi possível graças o apoio e assistência técnica do Centro Regional AGRHYMET (CRA) – Centro Climático Regional da Africa Ocidental e Sahel (CCROS) de Niamey/Níger, pelo **Dr. Ibrah SEIDOU SANDA** – Expert na Modelização Climática.

A elaboração destes Cenários Climáticos foi financiada pelo **PROJECTO GNB/PNUE GFL/2328-2724-BBBB36-2212 QUARTA COMUNICAÇÃO NACIONAL.**

LISTA DE ABREVIACOES

CRA	Centro Regional AGRHYMET Coordinated Regional climate Downscaling Experiment/ Experiência
CORDEX	Ccoordenada de Redução do Clima Regional
CQNUMC	Convenção Quadro das Nações Unidas sobre as Mudanas Climáticas
CMIP6	Coupled Model Intercomparison Project Phase 6
INA	Instituto Nacional do Ambiente
FIT	Frente InTertropical
GEE	Gases Efeito de Estufa
INM-GB	Instituto Nacional de Meteorologia da Guiné-Bissau
IPCC	<i>Intergovernment Painel on Climate Change</i>
MRC	Modelo Regional do Clima
OMM	Organização Meteorológica Mundial
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
RCP	<i>Representative Concentration Pathways</i>
SSPs	Shared Socio-Economic Pathways/Trajectoria Socio-economicos Partilhadas

LISTA DAS FIGURAS	Pág.
Figura 1: Distribuição espacial da precipitação (em mm) média anual, 1991-2020.....	10
Gráfico 1: Tendência das precipitações à nível nacional de 1991-2020.....	10
Gráfico 2: Tendência das temperaturas médias à nível nacional de 1991-2020.....	11
Quadro 1 Matriz de modelos/variáveis climáticas globais utilizadas.....	14
Figura 2 Ilustração do processo de correção do BIAIS com a temperatura máxima diária em Bissau.....	16
Figure 3 Mudanças Projetadas na Precipitação Média Diária (em %), para o período (2016-2045): a) Cenário RCP4.5 (<i>baixas emissões</i>) e b) Cenário RCP8.5 (<i>altas emissões</i>)	17
Figure 4 Mudanças Projetadas na Temperatura Máxima Diária (°C), para o período (2016-2045): a) Cenário RCP4.5 (<i>baixas emissões</i>) e b) Cenário RCP8.5 (<i>altas emissões</i>)	18
Figure 5 Ciclo anual das médias mensais das temperaturas máximas diárias, para as três principais estações Bissau, Bafata e Bolama (1991-2020)..	30
Quadro 2 Resultado dos Modelos.....	31

Sumário

AGRADECIMENTOS.....	6
RESUMO.....	7
I – INTRODUÇÃO.....	8
II - CLIMA OBSERVADO – PERFIL CLIMÁTICO DA GUINÉ-BISSAU.....	8
2.1. Tendência das precipitações e das temperaturas médias à nível nacional de 1991-2020.....	10
2.1. Tendência das temperaturas médias à nível nacional de 1991-2020.....	11
III – DADOS E METODOLOGIA.....	12
IV – RESULTADOS – CLIMA PROJETADO.....	16
IV.1 – Precipitação.....	16
IV.2 - Temperatura máxima diária.....	18
4.1.1.- Temperatura mínima diária.....	19
V. CONCLUSÃO.....	20
VI . RECOMENDAÇÕES.....	22
ANEXOS.....	25
ANEXO 1: GRÁFICOS DOS CENÁRIOS CLIMAS PROJETADOS.....	26
Anexo 1.1. Média do conjunto de mudanças projetadas na precipitação (mm/mensal) - Bafata, Bissau e Bolama.....	26
Anexo 1.2. Mudanças projetadas na temperatura média diária máxima (°C) – Bafata, Bissau e Bolama.....	27
Anexo 1.3. Mudanças projetadas na temperatura média diária mínima (°C) – Bafata, Bissau e Bolama.....	28
ANEXO 2: Temperaturas máximas diárias observadas, para as três principais estações Bissau, Bafata e Bolama (1991-2020).....	29
ANEXO 3: Resultado dos Modelos.....	30
Referências.....	31

AGRADECIMENTOS

O Instituto Nacional de Meteorologia da Guiné-Bissau (INM-GB) agradece o Instituto Nacional do Ambiente (INA) / Coordenação do Projeto 4ª Comunicação Nacional, pelo financiamento concedido e que permitiu a realização deste exercício de elaboração de novos cenários de mudanças climáticas para Guiné-Bissau, para os horizontes 2016-2045, 2041-2070 e 2071-2100, respeitando os novos princípios de elaboração de cenários de emissões SSP (Shared Socio-Economic Pathways/Trajectoria Socio-economicos Partilhadas) utilizados pelo IPCC.

Os nossos sinceros agradecimentos ao Centro Regional AGRHYMET (CRA) – Centro Climático Regional da Africa Ocidental e Sahel (CCROS) de Niamey/Níger pelo apoio de assistência técnica que tem dado ao INM-GB, principalmente o **Dr. Ibrah SEIDOU SANDA**, Expert na Modelização Climática, pela assistência técnica dos técnicos e participação direta na análise técnica dos resultados de saída de modelos que foram utilizados na elaboração de novos cenários climáticos para Guiné-Bissau.

Agradecemos profundamente o MSc. João Lona Tchедna, Coordenador Nacional do Projeto Quarta Comunicação Nacional sobre as Mudanças Climáticas e Diretor Geral do Instituto Nacional do Ambiente (INA) pela assistência financeira que permitir a realização deste trabalho.

Gostaríamos de agradecer a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram de uma forma ou de outra para a realização desse trabalho.

RÉSUMÉ

Ce rapport présente une gamme de scénarios climatiques pour la Guinée-Bissau, basés sur le dernier projet d'intercomparaison de modèles globaux couplés version 6 (CMIP6). Le CMIP6 combine des scénarios d'émissions (RCP) et un large éventail d'hypothèses socio-économiques, les trajectoires socio-économiques partagées (SSP), pour forcer les modèles climatiques mondiaux. Un sous-ensemble sélectionné de l'ensemble de données du CMIP6 est analysé pour fournir des projections de scénarios climatiques pour trois horizons temporels de 30 ans, 2016-2045, 2041-2070 et 2071-2100. Les périodes de références et de simulation de contrôle sont 1961-1990 et 1991-2020. Le rapport se concentrera principalement sur l'évolution projetée des moyennes mensuelles précipitations cumulées, des températures minimales et maximales journalières sur les trois principales stations de Guinée-Bissau.

RESUMO

Este relatório apresenta uma série de cenários climáticos para a Guiné-Bissau, com base na última versão 6 do Coupled Global Model Intercomparison Project (CMIP6). O CMIP6 combina cenários de emissões (RCP) e uma vasta gama de pressupostos socioeconómicos, Caminhos Socioeconómicos Partilhados (SSP), para forçar modelos climáticos globais. Um subconjunto selecionado do conjunto de dados CMIP6 é analisado para fornecer projeções de cenários climáticos para três horizontes temporais de 30 anos, 2016-2045, 2041-2070 e 2071-2100. Os períodos de referências e simulação de controlo são 1961-1990 e 1991-2020. O relatório incidirá principalmente na evolução projetada da precipitação média mensal acumulada e das temperaturas mínimas e máximas diárias nas três principais estações da Guiné-Bissau.

I – INTRODUÇÃO

O continente africano é citado como sendo o mais vulnerável do mundo aos efeitos nocivos das alterações climáticas. Esta vulnerabilidade é agravada pelo baixo desenvolvimento socioeconómico e pela muito baixa capacidade de adaptação. A Guiné-Bissau também enfrentará um impacto significativo ligado às alterações climáticas, exigindo, a curto e médio prazo, medidas de adaptação para reduzir os riscos associados, quer globalmente quer individualmente, no planeamento de atividades económicas e investimentos futuros.

O objetivo deste estudo é gerar cenários atualizados de alterações climáticas para a Guiné-Bissau para os três horizontes temporais 2016-2045, 2041-2070 e 2071-2100 com base nos resultados do CMIP6 (Eyring et al. 2016). Utilizamos resultados de 31 modelos globais forçados por 3 combinações de cenários/trajetórias de emissões socioeconômicas compartilhadas: SSP12.6, SSP24.5 e SSP58.5. O resultado dá uma estimativa da magnitude da possível evolução do clima futuro na Guiné-Bissau, mas também das incertezas associadas.

Este relatório apresenta os resultados preliminares da consultoria realizada pelo Instituto Nacional de Meteorologia da Guiné-Bissau (INM-GB) para o 4º Projeto Nacional de Comunicação da Guiné-Bissau na implementação da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas (UNFCCC).

II - CLIMA OBSERVADO – PERFIL CLIMÁTICO DA GUINÉ-BISSAU

Para este estudo, o Instituto Nacional de Meteorologia da Guiné-Bissau (INM-GB), atualizou inicialmente o perfil climático da Guiné-Bissau, com base no último período climatológico normal (1991-2020) tal como definido pela Organização Meteorológica Mundial (OMM), que resume o atual clima de referência da Guiné-Bissau (INM-GB 2023).

O território da Guiné-Bissau está localizado na zona da Frente Intertropical (FIT), sob a influência das monções (ar quente e húmido vindo do Oceano Atlântico) durante a estação chuvosa e do harmattan (ar quente e seco vindo do Sahara) durante a estação seca.

Do ponto de vista da temperatura, podemos identificar claramente quatro períodos do ano:

- 1 – Período frio: dezembro, janeiro e fevereiro;
- 2 – Primeiro período quente: março, abril e maio;
- 3 – Segundo período frio: junho, julho, agosto e setembro; e
- 4 – Segundo período quente: outubro e novembro.

As temperaturas variam entre 20,6°C e 39,7°C (média mensal: 30,2°C) em abril e maio, pouco antes da estação chuvosa, entre 21,7°C e 31,8°C (média mensal: 27,8°C) em Agosto e Setembro e entre 16,4°C e 39,0°C (média mensal: 27,7°C) em Dezembro a Março (INM-GB 2023).

Em termos de precipitação, o ano pode ser dividido em duas estações distintas:

- A estação seca: Dezembro a Maio; e
- Época chuvosa: junho a novembro.

A precipitação média anual na Guiné-Bissau, durante o período de estudo (1991-2020), apresenta uma grande variabilidade espacial, com valores observados variando entre 830,0 mm e 1505,3 mm na parte centro e norte do país, nomeadamente nas regiões de Cacheu, Biombo, Oio. Os valores registados variam de 1289,7 a 1871,7 mm nas regiões de Bafatá e Gabu, e de 1661,5 a 2005,2 mm nas regiões de Quinara e Bolama/Bijagós.

ISOIETAS DE VALORES NORMAIS: 1991-2020

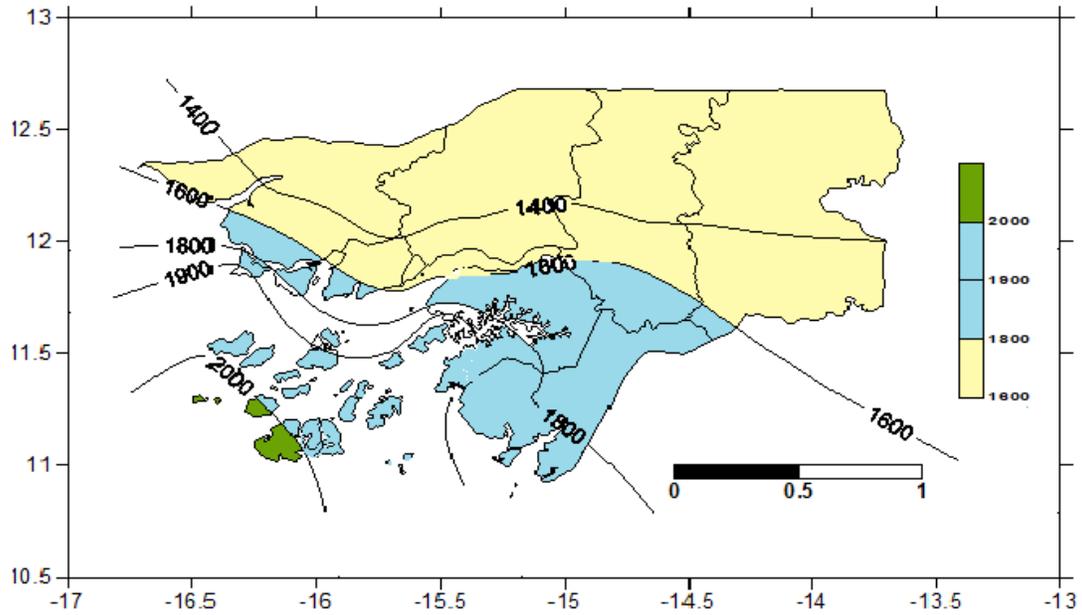


Figura 1: Distribuição espacial da precipitação (em mm) média anual, 1991-2020.

2.1. Anomalias das precipitações e das temperaturas médias à nível nacional de 1991-2020

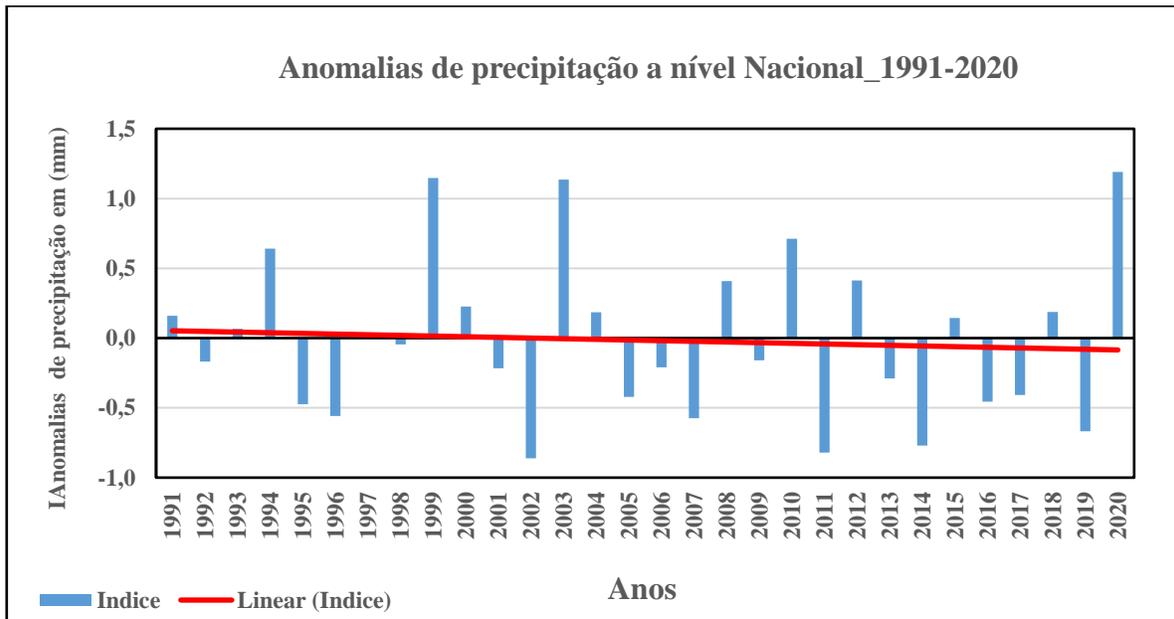


Gráfico 1: Anomalias das precipitações à nível nacional de 1991-2020

O gráfico de tendência da precipitação a nível nacional mostra uma diminuição embora tenha sido registada em grandes quantidades em alguns anos, por exemplo em 1999, 2003 e 2020, como indica o gráfico, onde os picos das anomalias das precipitações são superiores em relação aos restantes anos. Como resultado, o impacto foi maior em algumas áreas devido ao excesso da água nos campos agrícolas e às inundações. O ano 2000 é considerado o ano de maior precipitação e o seu impacto fez-se sentir em todos os sectores, especialmente no sector agrícola/Pecuária, onde dificultou as actividades agrícolas nas bolanhas e contribuiu na redução do rendimento agrícola.

2.1. Anomalias de temperaturas médias à nível nacional de 1991-2020

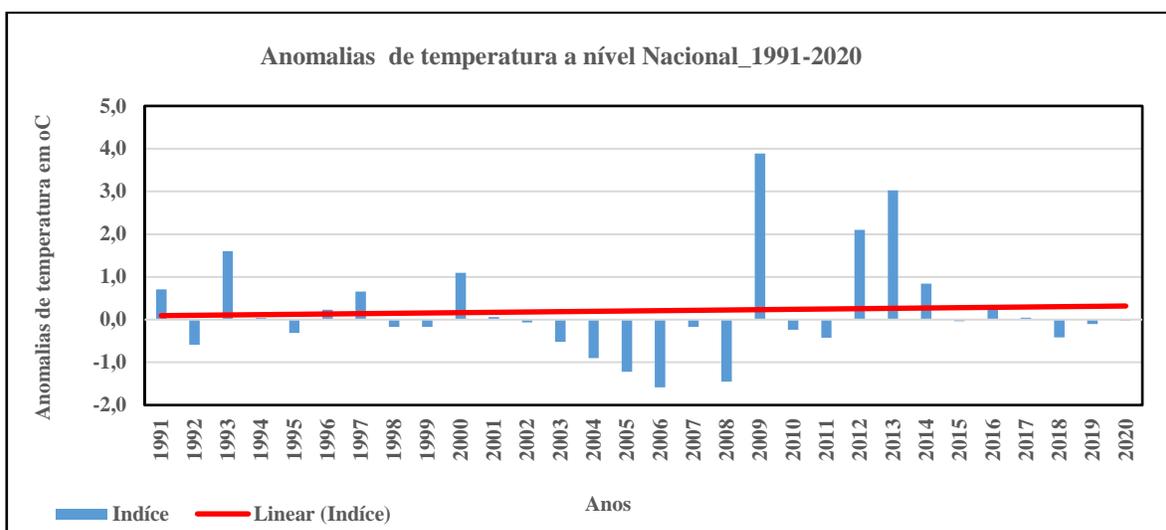


Gráfico 2: Anomalias de temperaturas médias à nível nacional de 1991-2020

O gráfico acima indicada, ilustra os anos em que as temperaturas foram mais elevadas: 2009, 2012 e 2013 respectivamente o que levou a frequência de episódios de ondas de calor sentidas nestes anos. O ano de 2009 é considerado o mais quente e o seu impacto fêz-se sentir em todos os sectores, principalmente na saúde, na agricultura/pecuária e no sector hídrico devido elevada indice de evaporação causada por altas temepaturas registadas nestes anos.

III – DADOS E METODOLOGIA

Para este estudo, os períodos futuros de interesse escolhidos são 2016-2045, 2041-2070 e 2071-2100, e os períodos de referências são 1961-1990 e 1991-2020. Os dados do INM-GB foram utilizados para atualizar o perfil climático e os períodos de referências (INM-GB 2023).

Um conjunto inicial de 31 modelos climáticos globais (Tabela 1) baseados em 3 combinações de percursos socioeconômicos/cenários de emissões partilhados: SSP12.6, SSP24.5 e SSP58.5. Descrevem possíveis climas futuros, todos considerados plausíveis com base na quantidade de Gases com Efeito de Estufa (GEE) emitidos nos próximos anos.

Global Climate Model		Institution	variables		
			pr	tasmax	tasmin
1	CanESM5	Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis (Canada)	1	1	1
2	ACCESS-CM2	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (Australia)	1	1	1
3	BCC-CSM2-MR	Beijing Climate Center (China)	x		1
4	CESM2	<u>National Center for Atmospheric Research</u> (USA)	x		
5	CMCC-CM2-SR5	Euro-Mediterranean Centre on Climate Change ()	1		
6	CMCC-ESM2	Euro-Mediterranean Centre on Climate Change ()	0	1	1
7	CNRM-CM6-1	Centre National de Recherches Météorologiques (France)	1	1	1
8	CNRM-CM6-1-HR	Centre National de Recherches Météorologiques (France)	1	1	1
9	CNRM-ESM2-1	Centre National de Recherches Météorologiques (France)	1	1	1
10	EC-Earth3-CC	EC-Earth consortium ()	1	1	1

11	EC-Earth3-Veg-LR	EC-Earth consortium ()	1		1
12	FGOALS-f3-L	Laboratory of Numerical Modeling for Atmospheric Sciences and Geophysical Fluid Dynamics, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences (China)	x		
13	FGOALS-g3	Laboratory of Numerical Modeling for Atmospheric Sciences and Geophysical Fluid Dynamics, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences (China)	0	1	1
14	GFDL-ESM4	Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (USA)	1	1	1
15	HADGEM3-GC31	Met Office Hadley Center (UK)	x		
16	IITM-ESM	Indian Institute of Tropical Meteorology Pune (India)	x		
17	INM-CM4-8	Institute for Numerical Mathematics (Russia)	1	1	1
18	INM-CM5-0	Institute for Numerical Mathematics (Russia)	1	1	1
19	IPSL-CM6A-LR	Institut Pierre-Simon Laplace (Russia)	1	1	1
20	KIOST-ESM	Korea Institute of Ocean Science and Technology (Korea)	1	1	1
21	MIROC6	Atmosphere and Ocean Research Institute, Centre for Climate System Research - National Institute for Environmental Studies (Japan)	1	1	1
22	MIROC-ES2L	Atmosphere and Ocean Research Institute, Centre for Climate System Research - National Institute for Environmental Studies (Japan)	x		
23	MPI-ESM1-2_lr	Max Planck Institute (Germany)	1		
24	MRI-ESM2-0	The Meteorological Research Institute (Japan)	1	1	1
25	NESM3	The Nanjing University of Information Science and Technology (China)	1	1	1

26	NorCPM1	The Norwegian Meteorological Institute (Norway)	x		
27	NorESM2_LM	The Norwegian Meteorological Institute (Norway)	x		
28	NorESM2_MM	The Norwegian Meteorological Institute (Norway)	1		
29	SAM0-UNICON	The Seoul National University (Korea)	x		
30	TaiESM1	Research Center for Environmental Changes (Taiwan)	x		
31	UKESM2_0_LL	Met Office Hadley Center (UK)	x		

Quadro 1 : Matriz de modelos/variáveis climáticas globais utilizadas

Os dados do modelo para precipitação diária e temperaturas máximas e mínimas são descarregados dos 3 cenários da base de dados online Copernicus Climate Data Store (Copernicus Climate Change Service 2021). Como todos os modelos são tendenciosos, um ajuste de polarização deve ser aplicado a todos os dados antes da utilização. Existem diversas técnicas de correção de BIAIS, desde o simples "método de mudança de delta", até métodos mais ou menos sofisticados (Linear Scaling, Quantile Delta Mapping, CDFt, Equidistant CDF Matching, etc.) que permitem corrigir outras estatísticas de modelos climáticos (Marron 2016).

Para este estudo, a abordagem “Linear Scaling” é aplicada às três variáveis selecionadas, com a média do pacote python “ibicus”, que implementa diversas técnicas de correção de BIAIS. (Marron 2016; Lange 2019). Esta abordagem visa corrigir um modelo climático ajustando a diferença entre a média das observações e a do modelo climático durante o período de referência, seja de forma aditiva ou multiplicativa.

O BIAIS do modelo atual é calculado e depois subtraído dos dados do modelo climático futuro (para dados como precipitação que não podem ser negativos, usamos a razão). Os dados incluem uma série temporal observada, uma série histórica simulada e uma série futura simulada.

Se x_{obs} for a série temporal observada, x_{hist} for a série histórica simulada e x_{fut} for a série futura simulada, o método Linear Scaling ajusta a série futura x_{fut} da seguinte forma:

$$x_{fut\ debiased} = x_{fut} - (\underline{x}_{hist} - \underline{x}_{obs})$$

e o método multiplicativo ajusta a série futura x_{fut} da seguinte forma:

$$x_{fut\ debiased} = x_{fut} \cdot (\underline{x}_{obs} / \underline{x}_{hist})$$

Aqui, \bar{x} representa a média de todos os valores de x .

A escala multiplicativa é comumente usada para precipitação (pr), enquanto o método aditivo é preferido para temperatura (tasmin e tasmax). A escala aditiva equivale a uma simples correção do BIAIS médio, enquanto a escala multiplicativa ajusta tanto a média quanto a variância, mantendo sua proporção constante (Marron 2016).

Para avaliar o desempenho do método de ajuste de BIAIS, antes de aplicá-lo ao longo do período, os dados históricos são divididos em (dados do modelo e observações) um período de formação e um período de validação. Utilizando o período de formação, podemos então corrigir o BIAIS da série histórica ao longo do período de validação e compará-lo com observações do mesmo período. Este processo é ilustrado na Figura 3. Apenas os modelos nos quais a correção de BIAIS teve um bom desempenho durante o período de validação foram retidos para o restante do exercício.

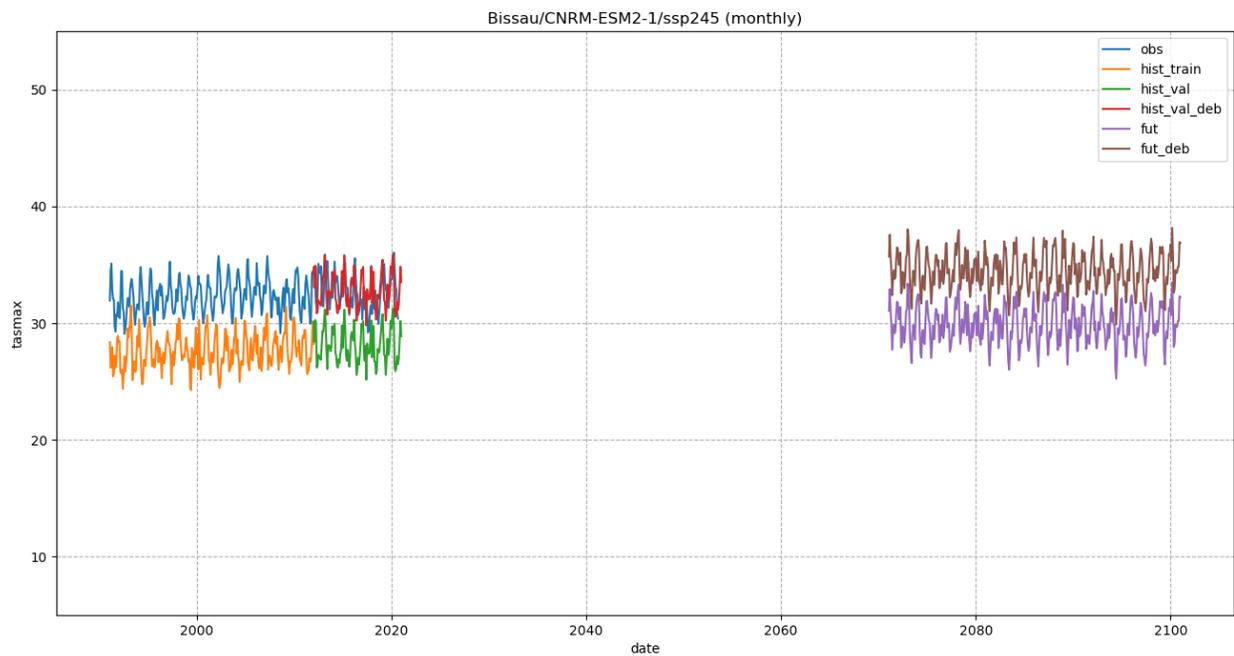


Figura 2: Ilustração do processo de correção do BIAIS com a temperatura máxima diária em Bissau.

Nesta figura, o modelo é CNRM-ESM2-1 de acordo com o cenário SSP24.5. A figura mostra as observações durante o período da linha de base (curva azul), a série temporal do modelo histórico para o período de formação (curva laranja), a série temporal do modelo durante o período de validação (curva verde) e a série temporal corrigida para BIAIS ao longo do período de validação (curva vermelha). As séries temporais brutas (curva lilás) e corrigidas pelo BIAIS do modelo (curva castanha) também são mostradas.

IV – RESULTADOS – CLIMA PROJETADO

Os resultados fornecidos pelos modelos selecionados fornecem uma estimativa da possível evolução do clima em Guiné-Bissau de acordo com os três cenários SSP12.6, SSP24.5 e SSP58.5. As alterações em comparação com o período de referência são apresentadas na forma de gráficos, que fornecem uma indicação visual da posição de todos modelos em relação ao período de referência (1991-2020). Esses gráficos também tornam possível apreciar o grau de concordância entre as projeções dos diferentes modelos.

IV.1 – Precipitação

Precipitação Média Diária (em %) 2016-2045

Para o **Cenário RCP4.5** (*baixas emissões*), a média do conjunto dos modelos utilizados nas simulações projetam ligeiro aumento da precipitação média diária, na ordem de **+3%** [+2% à +5%] quase em todo o território nacional, com a exceção da parte Sudoeste do Arquipélago dos Bijagós, onde se espera um aumento que poderá situar entre +5% à +10%. Para o **Cenário RCP8.5** (*altas emissões*) espera-se uma situação climatologicamente idêntica à Normal (sem variações significativas em relação ao período de referência: 1961-1990), com a exceção da parte Sudoeste do Arquipélago dos Bijagós e parte Sul da Região de Tombali (Sector de Cacine) onde espera-se um ligeiro aumento na ordem de **+2%** à **+5%**.

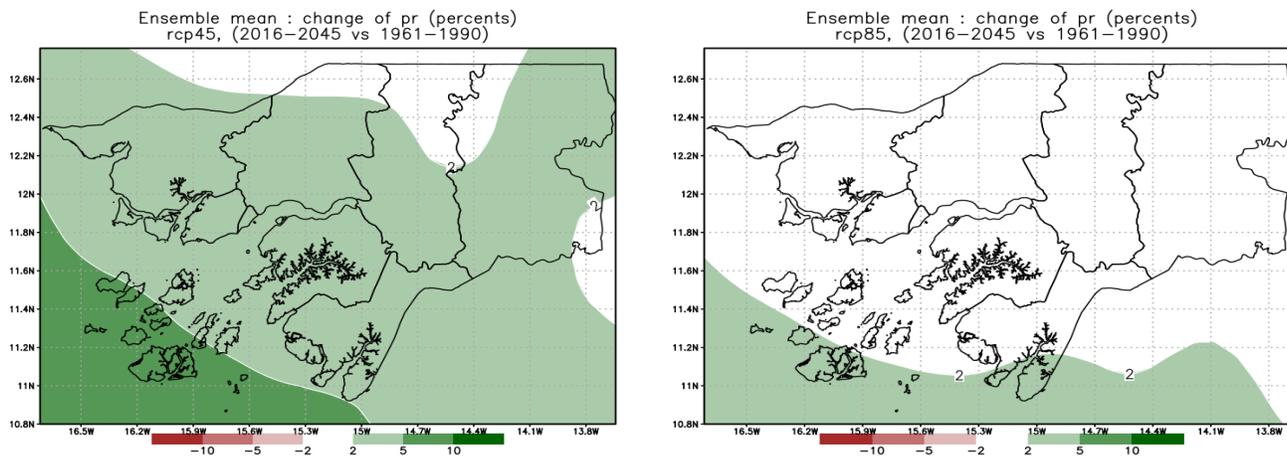


Figura 3: Mudanças Projetadas na Precipitação Média Diária (em %), para o período (2016-2045): a) Cenário RCP4.5 (*baixas emissões*) e b) Cenário RCP8.5 (*altas emissões*)

Precipitação Média Diária (em %) 2041-2070 e 2071-2100

A média geral de todas as projeções climáticas indica um aumento provável na acumulação mensal de precipitação durante a estação chuvosa (maio a novembro) para os três cenários e os dois horizontes temporal 2041-2070 e 2071-2100 (ver quadro 2 em apêndice).

No entanto, há um grande desacordo entre os modelos tomados individualmente, daí a persistência da grande incerteza sobre a evolução futura da precipitação. O desacordo entre os modelos é acentuado pelo método de multiplicação durante os meses com baixa chuva (dezembro a abril).

Na hipótese do cenário SSP12.6, cúmulo de precipitação aumentará em +10% (Bafata), +16% (Bolama e Bissau), no horizonte 2041-2070 e +8% (Bafata), +13% (Bolama e Bissau) no horizonte 2071-2100 em comparação com o período de referência.

No caso do cenário de emissões SSP24.5 (baixas emissões), cúmulo de precipitação aumentará em +2% (Bafata), +5% (Bolama e Bissau), no horizonte 2041-2070 e +1% (Bafata) a +15% (Bolama e Bissau) no horizonte 2071-2100 em comparação com o período de referência.

No caso do cenário de emissões SSP8.5 (altas emissões), cúmulo de precipitação aumentará em +3% (Bafata), +15% (Bolama e Bissau), no horizonte 2041-2070 e -1% (Bafata) a +17% (Bolama e Bissau) no horizonte 2071-2100 em comparação com o período de referência.

IV.2 - Temperatura máxima diária

Temperatura máxima diária (2016-2045)

Para temperatura máxima diária, a média dos modelos regionais do clima utilizados apontam para um aumento na ordem de **+1.2°C** [+0.8°C à +1.7°C] no litoral (Bissau e Bolama) até **+1.4°C** [+1.0°C à +1.6°C] no interior e zona leste, segundo o Cenário **RCP4.5** (*baixas emissões*), para o período 2016-2045 em relação à Normal 1961-1990. Um aumento de **+1.3°C** [+0.9°C à 2.0°C] no litoral, até **+1.5°C** [+1.2°C à 2.1°C] no interior, segundo o Cenário **RCP8.5** (*Altas emissões*), para o período 2016-2045 em relação à Normal 1961-1990 (ver a figura 4).

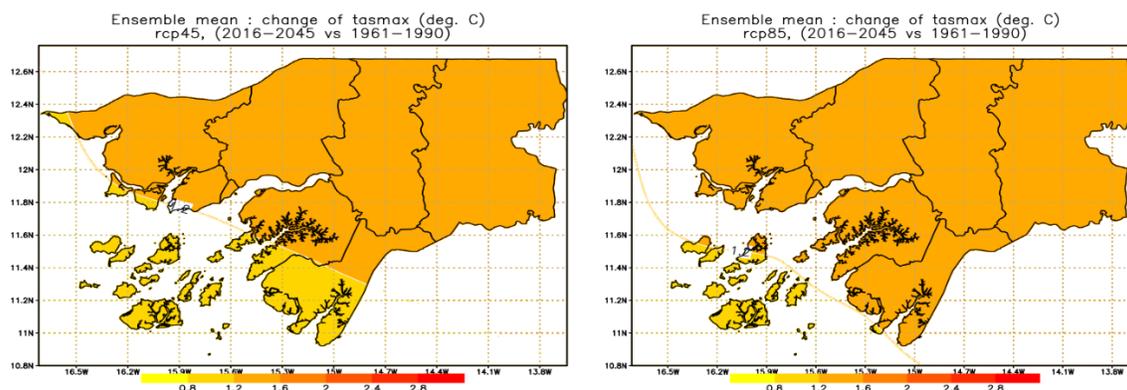


Figura 4: Mudanças Projetadas na Temperatura Máxima Diária (°C), para o período (2016-2045): a) Cenário RCP4.5 (*baixas emissões*) e b) Cenário RCP8.5 (*altas emissões*).

Temperatura máxima diária (2041-2070 e 2071-2100)

A média geral das temperaturas máximas diárias aumenta significativamente de acordo com todos os cenários e para os dois horizontes temporais escolhidos (2041-2070 e 2071-2100) (Quadro 2 no apêndice).

No caso do cenário SSP12.6, as temperaturas máximas diárias aumentarão em média de +0,9 °C (Bafata), +0,8 °C (Bolama e Bissau) no horizonte 2041-2070 e +1,0 °C (Bafata), +0,8 °C (Bolama e Bissau) no horizonte 2071-2100 em comparação com o período de referência.

Na hipótese do cenário de emissões SSP24.5 (baixas emissões), as temperaturas máximas diárias aumentarão em média de +1,4 °C (Bafata), +1,2 °C (Bolama e Bissau) no horizonte 2041-2070 e +1,9 °C (Bafata), +1,6 °C (Bolama e Bissau) no horizonte 2071-2100 em comparação com o período de referência.

Na hipótese do cenário de emissões SSP8.5 (altas emissões), as temperaturas máximas diárias aumentarão em média de +2,1 °C (Bafata), +1,7 °C (Bolama e Bissau) no horizonte 2041-2070 e +3,9 °C (Bafata) +3,2 °C (Bolama e Bissau) no horizonte 2071-2100 em comparação com o período de referência.

4.1.1.- Temperatura mínima diária

As projeções sobrepostas médias da temperatura mínima diária mostram um aumento significativo de acordo com os três cenários e para os dois horizontes de tempo escolhidos (2016-2045 e 2041-2070 e 2071-2100) (Quadro 2 em apêndice).

No caso do cenário SSP12.6, as temperaturas mínimas diárias aumentarão em média de +1,0 °C (Bafata), +1,0 °C (Bolama e Bissau) no horizonte 2041-2070 e +0,9 °C (Bafata), +0,8 °C (Bolama e Bissau) no horizonte 2071-2100 em comparação com o período de referência.

No caso do cenário de emissões SSP24.5 (baixas emissões), as temperaturas mínimas diárias aumentarão em média de +1,5 °C (Bafata), +1,4 °C (Bolama e Bissau) no horizonte 2041-2070 e +2 °C (Bafata) +1,8 °C (Bolama e Bissau) no horizonte 2071-2100 em comparação com o período de referência.

No caso do cenário de emissões SSP8.5 (altas emissões), as temperaturas mínimas diárias aumentarão em média de +2,2 °C (Bafata), +1,9 °C (Bolama e Bissau), no horizonte 2041 - 2070 e +4,1 °C (Bafata), +3,4 °C (Bolama e Bissau) no horizonte 2071-2100 em comparação com o período de referência.

V. CONCLUSÃO

Essas novas projeções, com base na mais recente experiência de modelos globais intercomprimidos (CMIP6), indicam claramente que o clima de Guiné-Bissau passará por mudanças significativas de acordo com os três horizontes de tempo selecionados para este estudo, 2016-2045, 2041-2070 e 2071-2100.

Em relação à precipitação, as projeções médias do geral indicam um aumento na ordem de 0 a 15%, de acordo com os três cenários (SSP12.6, SSP24.5 e SSP58.5) considerados neste estudo. No entanto, deve-se ter em mente que os modelos adotados individualmente divergem muito entre eles e, portanto, sempre há grande incerteza sobre a evolução futura da precipitação. Esses resultados não trazem as mudanças muito prováveis na frequência e gravidade de eventos extremos (chuvas extremas, sequências secas etc.).

No entanto, para temperaturas mínimas e máximas, não há dúvida sobre seu aumento futuro. Todos os modelos concordam com esse ponto. Os modelos apenas divergem a provável amplitude desse aumento.

No horizonte 2016-2045, as temperaturas máximas diárias em média apontam para um aumento na ordem de **+1.2°C** [+0.8°C à +1.7°C] no litoral (Bissau e Bolama) até **+1.4°C** [+1.0°C à +1.6°C] no interior e zona leste, segundo o Cenário **RCP4.5** (*baixas emissões*), em relação à Normal 1961-1990. Um aumento de **+1.3°C** [+0.9°C à 2.0°C] no litoral, até **+1.5°C** [+1.2°C à 2.1°C] no interior, segundo o Cenário **RCP8.5** (*Altas emissões*), para o mesmo período em relação à Normal 1961-1990.

No horizonte 2041-2070, as temperaturas máximas diárias aumentarão de +0,8 °C para +0,9 °C (SSP12.6), de +1,2 °C para +1,4 °C (SSP24.5) e de +1,7 °C a +2,1 °C (SSP58.5). No horizonte 2071 - 2100, as temperaturas máximas diárias aumentarão de +0,8 °C para +1,0 °C (SSP12.6), +1,6 °C para +1,9 °C (SSP24.5) e de +3,2 °C a +3,9 °C (SSP58.5).

No horizonte 2041-2070, as temperaturas mínimas diárias aumentarão em +1,0 °C (SSP12.6), +1,4 °C a +1,5 °C (SSP24.5) e +1,9 °C a +2,2 °C (SSP58.5). No horizonte 2071-2100, as temperaturas mínimas diárias aumentarão de +0,8 °C para +0,9 °C (SSP12.6), de +1,8 °C para +2 °C (SSP24.5) e de +3,4 °C a +4,1 °C (SSP58.5).

As conclusões deste estudo são o resultado da análise dos dados dos modelos que foram obtidos. Esses dados representam apenas uma amostra de todos os dados disponíveis. O volume desses dados é tal que é impossível baixar tudo e analisar -los. Para essa restrição, é necessário adicionar a incerteza inerente aos modelos climáticos e também a qualidade dos dados de observação que foram utilizados. Apesar dessas limitações, o estudo torna possível ter uma ideia do clima futuro que deve ser esperado na Guiné Bissau e antecipar as medidas de adaptação a serem tomadas para mitigar os efeitos negativos dessas mudanças.

VI . RECOMENDAÇÕES

Com o resultado de estudo de novos Cenários Climáticos projetado para Guiné-Bissau nos horizontes 2016-2045, 2041-2070 e 2071-2100, terão impactos nos recursos hídricos, na agricultura/Pecuária, na energia, na biodiversidade, nas zonas costeiras, na saúde da população, na pesca, no turismo, etc. Estas alterações levarão a uma intensificação e maior frequência de episódios de ondas de calor, irregularidade de precipitação, particularmente no início e final da estação chuvosa, maior frequência de episódios de seca e cheias, afetando todo o tecido socioeconómico do país.

Portanto, para uma planificação que integra as medidas de mitigação e adaptação as mudanças climáticas recomendam-se o uso destes cenários climáticos para as pesquisas e estudos dos impactos nos principais sectores socioeconómico do País, para assegurar um desenvolvimento sustentável. Contudo, os estudos sobre os cenários de mudança climática são por natureza, provisórios, estando limitados pelas incertezas nos cenários de Emissões de Gases com Efeito de Estufa (GEE) e pelas deficiências dos próprios modelos climáticos.

No sector da agricultura com o resultado desses cenários climáticos traz impacto oposto devido às Alterações climáticas na agricultura. Por isso é pertinente a elaboração da carta de zonagem agroclimática, para permitir o melhor uso de tipos de solos e implantação de técnicas para aumentar os rendimentos das plantas forrageiras e culturas, através da escolha de variedades de alto rendimento que são adaptadas às condições climáticas locais, e bons períodos de semeio e fornecimento de fertilizantes (adubo orgânico e fertilizante mineral e também culturas tolerantes as altas temperaturas).

Os agricultores devem ajustar o período de plantio à colheita de acordo com as condições atuais do clima, usando as informações disponíveis, de previsões sazonais e climáticas, avisos e alertas agrometeorológicas, calendários culturais e respeitando sempre as recomendações saídas dos fóruns. Fortalecer a vigilância dos gafanhotos em áreas com riscos e manter vigilância contra outras pragas.

Para o sector da pecuária, a água é um dos recursos naturais mais importantes, o que faz dele um dos principais recursos do sector pecuário, por isso os criadores de gados devem ter maior

atenção durante os períodos de seca ou longo período da seca que pode atrasar o retorno dos transumantes, prolongar a época de escassez para os animais e causar conflitos entre criadores de gados e agricultores.

No sector da saúde, as alterações climáticas aumentam o risco do surgimento de novas pandemias e doenças infecciosas. Face ao resultado de estudo de novos Cenários Climáticos projetado para Guiné-Bissau nos horizontes 2016-2045, 2041-2070 e 2071-2100 é necessário uma vigilância epidemiológico de acordo com as condições atuais do clima, usando as informações disponíveis, de previsões sazonais e climáticas, avisos e alertas meteorológicas sobre a possibilidade proliferação de certas doenças epidémicas.

No sector de recursos hídricos, as águas subterrâneas sendo a fonte de água doce e a principal fonte de água potável para a população do país, muito vulnerável devido à irregularidade das precipitações. Enquanto as altas temperaturas podem desencadear a diminuição do caudal dos rios e a intrusão salina. A redução da precipitação poderá levar à redução continuada da reserva hídrica e do caudal dos principais rios, à acentuação do défice hídrico registado nos meses secos. É pertinente criar infraestruturas de armazenamento de água durante a época chuvosa para ser utilizada quando necessário para reduzir a vulnerabilidade face as irregularidades das chuvas.

O uso dos cenários climáticos, para estudo de impacto, neste sector, deve permitir melhor tomada de decisões e estabelecer planos, estratégias e estudos dos recursos em água existentes, e a sua utilização nas diferentes atividades económicas.

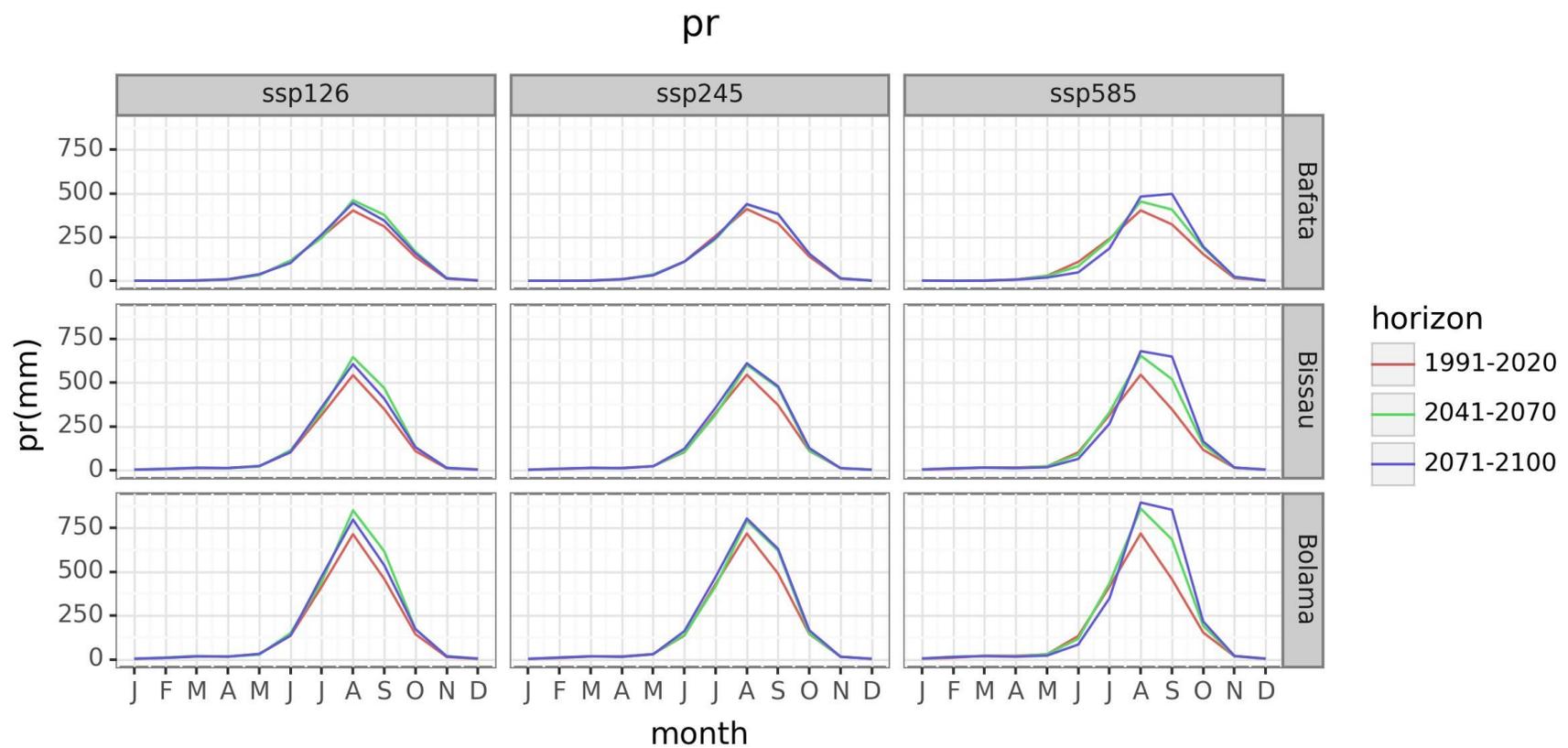
Na zona costeira, a Guiné-Bissau tem aproximadamente 270 km de costa, onde se concentram quase 80% da população e das atividades económicas. Dois terços da área terrestre da Guiné-Bissau estão a menos de 50 m acima do nível do mar, com o ponto mais alto a 298 m, as "Colinas do Boé". Dada a baixa altitude do país acima do nível do mar, existe um risco claro de que a Guiné-Bissau perca grande parte do seu território, incluindo costas de mangais e ilhas, devido à subida do nível do mar. Além disso, a erosão costeira, ambas induzidas pelas alterações climáticas e causada por atividades antropogénicas, é outra ameaça significativa à zona costeira do país.

Os novos cenários climáticos projetados para a Guiné-Bissau resultam de novos cenários de emissões dos gases com efeito estufa (SSPs), que incorporam uma nova abordagem dos fatores que influenciam o balanço radiativo, e também resultam de Modelos Climáticos Globais com mais alta resolução espacial e temporal e melhor representação dos eventos extremos para estudo de impactos nos vários sectores. Os resultados destes cenários encontram-se disponíveis na base de dados do Instituto Nacional da Meteorologia.

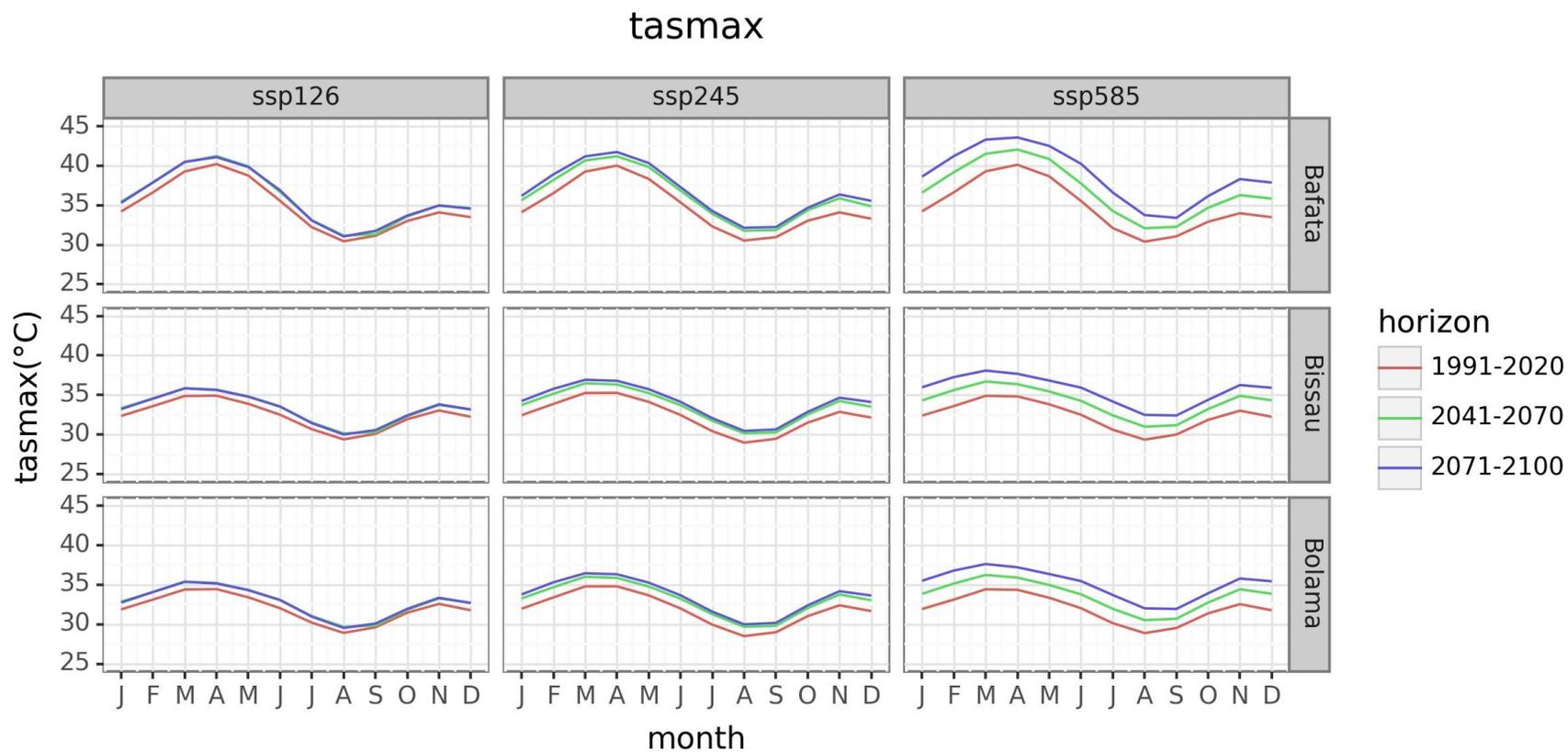
ANEXOS

ANEXO 1: GRÁFICOS DOS CENÁRIOS CLIMAS PROJETADOS

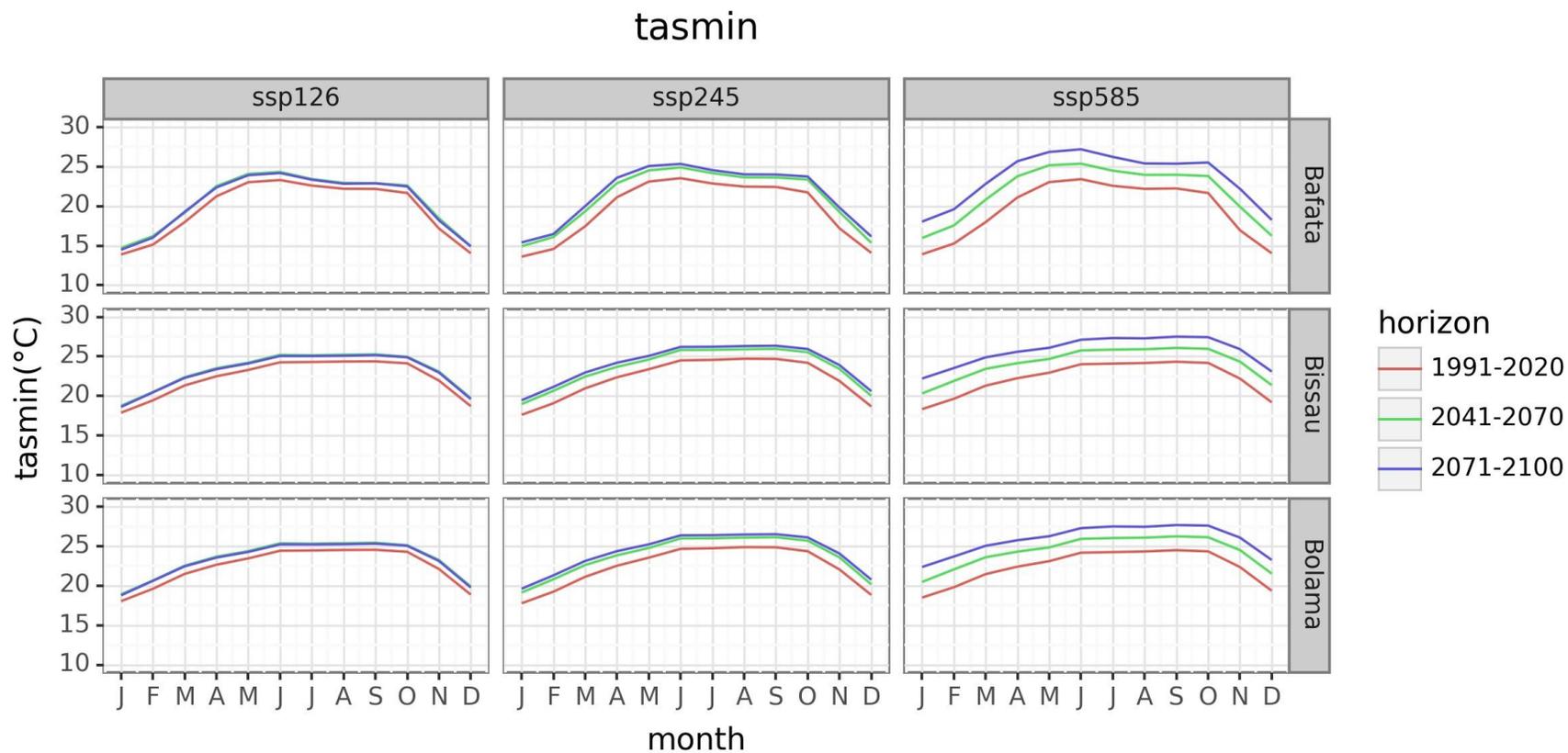
Anexo 1.1. Média do conjunto de mudanças projetadas na precipitação (mm/mensal) - Bafata, Bissau e Bolama



Anexo 1.2. Mudanças projetadas na temperatura média diária máxima (°C) – Bafata, Bissau e Bolama



Anexo 1.3. Mudanças projetadas na temperatura média diária mínima (°C) – Bafata, Bissau e Bolama



ANEXO 2: Temperaturas máximas diárias observadas, para as três principais estações Bissau, Bafata e Bolama (1991-2020).

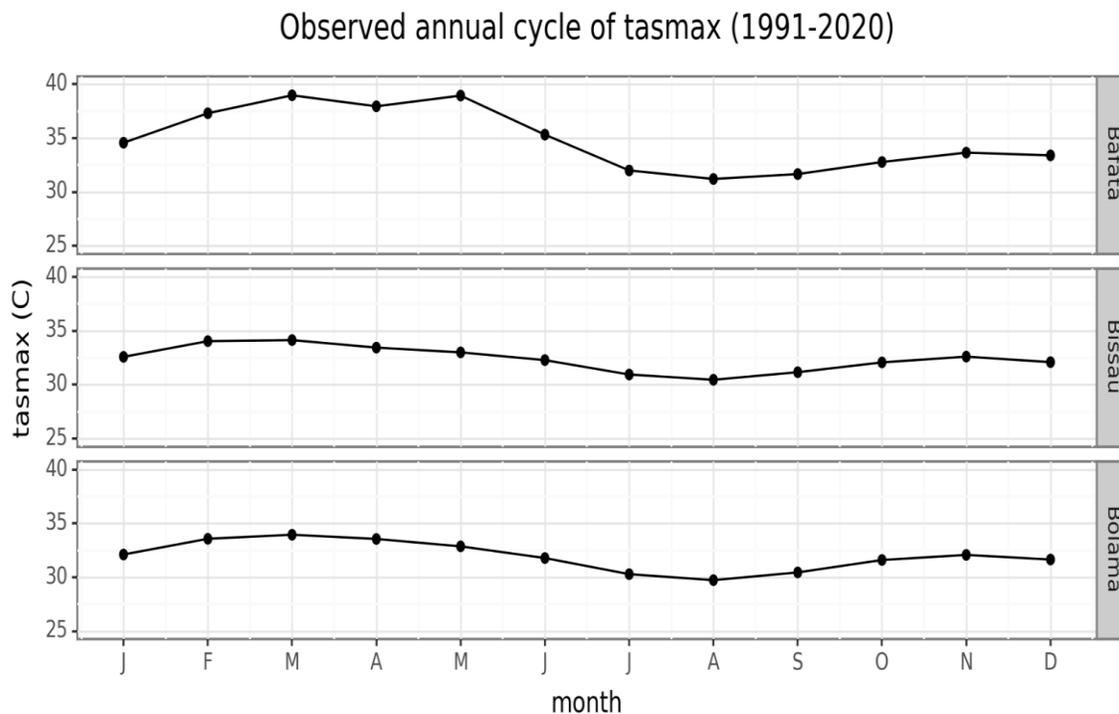


Figura 5: Ciclo anual das médias mensais das temperaturas máximas diárias, para as três principais estações Bissau, Bafata e Bolama (1991-2020).

ANEXO 3: Resultado dos Modelos

Station	Scénario	Horizon	Changement precipitation	Changement tasmax	Changement tasmin
Bafata	SSP126	2041-2070	10%	0.9	1.0
Bafata	SSP126	2071-2100	8%	1.0	0.9
Bafata	SSP245	2041-2070	2%	1.4	1.5
Bafata	SSP245	2071-2100	1%	1.9	2.0
Bafata	SSP585	2041-2070	3%	2.1	2.2
Bafata	SSP585	2071-2100	-1%	3.9	4.1
Bissau	SSP126	2041-2070	16%	0.8	1.0
Bissau	SSP126	2071-2100	13%	0.8	0.8
Bissau	SSP245	2041-2070	5%	1.2	1.4
Bissau	SSP245	2071-2100	15%	1.6	1.8
Bissau	SSP585	2041-2070	15%	1.7	1.9
Bissau	SSP585	2071-2100	17%	3.2	3.4
Bolama	SSP126	2041-2070	16%	0.8	1.0
Bolama	SSP126	2071-2100	13%	0.8	0.8
Bolama	SSP245	2041-2070	5%	1.2	1.4
Bolama	SSP245	2071-2100	15%	1.6	1.8
Bolama	SSP585	2041-2070	15%	1.7	1.9
Bolama	SSP585	2071-2100	17%	3.2	3.4

Quadro 2: Resultado dos Modelos

Referências

- Copernicus Climate Change Service. 2021. « CMIP6 climate projections ». <https://doi.org/10.24381/cds.c866074c>.
- Diaz-Nieto, Jacqueline, et Robert L. Wilby. 2005. « A Comparison of Statistical Downscaling and Climate Change Factor Methods: Impacts on Low Flows in the River Thames, United Kingdom ». *Climatic Change* 69 (2): 245-68. <https://doi.org/10.1007/s10584-005-1157-6>.
- Eyring, Veronika, Sandrine Bony, Gerald A Meehl, Catherine A Senior, Bjorn Stevens, Ronald J Stouffer, et Karl E Taylor. 2016. « Overview of the Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) experimental design and organization ». *Geoscientific Model Development* 9 (5): 1937-58.
- Hay, L. E., R. L. Wilby, et G. H. Leavesley. 2000. « A Comparison of Delta Change and Downscaled GCM Scenarios for Three Mountainous Basins in the United States ». *Journal of the American Water Resources Association* 36 (2): 387-97. <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.2000.tb04276.x>.
- INM-GB. 2023. « Perfil Climático - Guiné-Bissau (1991-2020) ».
- Lange, Stefan. 2019. « Trend-Preserving Bias Adjustment and Statistical Downscaling with ISIMIP3BASD (v1.0) ». *Geoscientific Model Development* 12 (7): 3055-70. <https://doi.org/10.5194/gmd-12-3055-2019>.
- Maraun, Douglas. 2016. « Bias Correcting Climate Change Simulations - a Critical Review ». *Current Climate Change Reports* 2 (4): 211-20. <https://doi.org/10.1007/s40641-016-0050-x>.