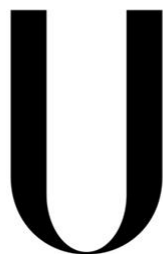


Universidade de Lisboa  
Instituto de Geografia e Ordenamento do Território



LISBOA

UNIVERSIDADE  
DE LISBOA



**Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau e sua influência na produção do arroz de mangal**

Orlando Mendes

Orientador: Prof. Doutor Marcelo Henrique Carapito Martinho Fragoso

Tese especialmente elaborada para obtenção do grau de Doutor em Geografia,  
especialidade de Geografia Física

2025



Universidade de Lisboa  
Instituto de Geografia e Ordenamento do Território



**Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau e sua influência na produção do arroz de mangal**

Orlando Mendes

Orientador: Prof. Doutor Marcelo Henrique Carapito Martinho Fragoso

Tese especialmente elaborada para obtenção do grau de Doutor em Geografia, especialidade de Geografia Física

Júri:

Presidente: Doutor Mário Adriano Ferreira Vale, Professor Catedrático e Presidente do Conselho Científico do Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa

Vogais:

- Doutor José Alexandre Varanda Andrade, Professor Auxiliar da Escola de Ciências e Tecnologia da Universidade de Évora;
- Doutora Maria José Leitão Barroso Roxo, Professora Catedrática da Faculdade de Ciências Sociais e Humanas da Universidade Nova de Lisboa;
- Doutora Sílvia Catarina Peixeira Carvalho, Investigadora Auxiliar Convidada do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa;
- Doutor António Manuel Saraiva Lopes, Professor Associado do Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa;
- Doutor Marcelo Henrique Carapito Martinho Fragoso, Professor Associado do Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa (Orientador)

Trabalho financiado pela Comissão Europeia no âmbito da iniciativa DeSIRA  
(FOOD/2019/412-700, DeSIRA\_GB)

## DECLARAÇÃO DE AUTORIA ORIGINAL

Eu **Orlando Mendes**, declaro que a tese de doutoramento intitulada *Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau e sua influência na produção do arroz de mangal*, é o resultado da minha investigação pessoal e independente. O conteúdo é original e todas as fontes consultadas estão devidamente mencionadas na bibliografia ou outras listagens de fontes documentais, tal como todas as citações diretas ou indiretas têm devida indicação ao longo do trabalho segundo as normas académicas.

**Resumo:**

Esta tese analisa de forma abrangente a influência das condições agroclimáticas nas regiões costeiras da Guiné-Bissau sobre a produção do arroz de mangal, cultura essencial para a segurança alimentar do país. A investigação evidencia alterações significativas nos padrões climáticos, incluindo a redução de dias chuvosos, aumento das temperaturas médias e maior irregularidade na estação das chuvas. A variabilidade espacial e temporal da precipitação, observada entre 1960 e 2020, e os extremos registados em 2020, como inundações intensas, refletem os impactos concretos das alterações climáticas na agricultura costeira.

O estudo propõe um calendário agrícola adaptado, considerando a divisão do país em duas regiões agroclimáticas (Norte/Centro e Sul/Ilhas), com vista à otimização das práticas de cultivo. A perceção dos agricultores locais confirma os impactos negativos sobre as culturas, em especial nas variedades de ciclo longo, agravados pela fragilidade das infraestruturas agrícolas e ausência de apoio institucional.

A monitorização atual, através de dez estações meteorológicas nas regiões de Cacheu, Oio e Tombali, forneceu dados essenciais sobre precipitação, temperatura, radiação solar e vento, confirmando condições desafiantes, mas ainda propícias ao cultivo. A modelização com o sistema DSSAT demonstrou grande eficácia na simulação do rendimento e ciclo fenológico de duas variedades de arroz. As projeções futuras (RCP4.5 e RCP8.5) apontam para um agravamento do stress térmico e hídrico, com reduções significativas na produtividade, sobretudo na variedade Edjur.

Os resultados reforçam a importância da adoção de variedades resilientes, da integração de ferramentas preditivas no planeamento agrícola e da incorporação das alterações climáticas nas políticas públicas. A investigação contribui, assim, para a definição de estratégias de adaptação que promovam a sustentabilidade da orizicultura de mangal.

**Palavras-chave:** Clima costeiro; Arroz de mangal; Variabilidade climática; Calendário agrícola; Guiné-Bissau

**Abstract:**

This thesis provides a comprehensive analysis of the agroclimatic conditions in the coastal regions of Guinea-Bissau and their influence on mangrove rice production, a crop essential for national food security. The research highlights significant climate changes, including a reduction in rainy days, rising average temperatures, and increasing irregularity of the rainy season. Spatial and temporal variability in precipitation from 1960 to 2020, along with extreme events like the 2020 floods, demonstrate climate change's impact on coastal agriculture.

Based on regional agroclimatic analysis, the study proposes an optimized agricultural calendar to improve crop planning. Farmers' perceptions confirm the negative effects on long-cycle varieties, worsened by weak infrastructure and limited institutional support.

Current climate monitoring through ten meteorological stations in Cacheu, Oio and Tombali provided key data on precipitation, temperature, solar radiation and wind. Despite ongoing challenges, conditions remain generally suitable for rice cultivation. Simulations using the DSSAT model effectively replicated the phenological development and yield of two rice varieties. Future climate projections under RCP4.5 and RCP8.5 scenarios suggest increasing heat and water stress, particularly affecting the Edjur variety.

The findings highlight the need to adopt resilient varieties, integrate predictive tools into agricultural planning, and incorporate climate change considerations into public policies. This research offers strategic guidance for climate-resilient rice farming in Guinea-Bissau.

**Key-words:** coastal climate; mangrove rice; climate variability; agricultural calendar; Guinea-Bissau

## Résumé

Cette thèse présente une analyse approfondie des conditions agroclimatiques des régions côtières de la Guinée-Bissau et de leur influence sur la production du riz de mangrove, culture essentielle à la sécurité alimentaire du pays. L'étude met en évidence des changements climatiques significatifs, tels que la réduction du nombre de jours de pluie, l'augmentation des températures moyennes et l'irrégularité croissante de la saison des pluies. La variabilité spatiale et temporelle des précipitations entre 1960 et 2020, ainsi que les événements extrêmes comme les inondations de 2020, illustrent les effets concrets du changement climatique sur l'agriculture côtière.

Un calendrier agricole optimisé est proposé, basé sur la division du pays en deux zones agroclimatiques (Nord/Centre et Sud/Îles), afin d'améliorer la planification culturale. Les perceptions des agriculteurs confirment les impacts négatifs sur les variétés à cycle long, aggravés par des infrastructures déficientes et un soutien institutionnel limité.

Le suivi climatique actuel, assuré par dix stations météorologiques installées à Cacheu, Oio et Tombali, a permis de collecter des données essentielles sur les précipitations, les températures, la radiation solaire et le vent. Malgré les contraintes, les conditions restent globalement favorables à la culture du riz. La modélisation avec le système DSSAT s'est révélée efficace pour simuler le rendement et le cycle phénologique de deux variétés de riz. Les scénarios climatiques futurs (RCP4.5 et RCP8.5) prévoient un stress thermique et hydrique accru, avec une baisse significative de la productivité, notamment pour la variété Edjur.

Les résultats soulignent l'importance de promouvoir des variétés résilientes, d'intégrer des outils prédictifs à la planification agricole et de prendre en compte le changement climatique dans les politiques publiques.

**Mots-clés:** climat côtier; riz de mangrove; variabilité climatique; calendrier agricole; Guinée-Bissau

### Dedicatória

À minha mãe, **Amélia Mendes**, que me acompanhou com dedicação, coragem e amor ao longo de quatro anos desta jornada académica. A sua partida antes da conclusão desta tese deixou uma dor profunda, pois desejava profundamente que estivesse aqui para ver este momento e segurar o meu diploma — fruto de um esforço que sempre partilhámos. Esta conquista é, em grande parte, sua.

Ao meu pai, **Capitão Mendes**, cuja ausência há catorze anos não apagou a presença que deixou em mim — nos valores, na força e no exemplo que me transmitiu. À minha família, que sempre acreditou em mim, aos professores que me orientaram, aos amigos e colegas que caminharam comigo nesta etapa exigente, expresso a minha mais sincera gratidão. O vosso apoio tornou possível a realização deste trabalho.

Dirijo ainda esta dedicatória, com sincero apreço e gratidão, a um grupo de pessoas muito especiais que estiveram ao meu lado em diferentes fases deste percurso académico: Bernardo Mendes, Olívia António Mendes, Jesus Pantufa Mendes, Paulino C. Mendes, João Farã Upá, Júlio Aissato Farã Upá, Maxuel C. Mendes, Silvéria da Silva, Fátima C. Mendes, Luísa C. Mendes, Florinda C. Mendes, Lamar Mendes, Aissato Farã Upá e Rucana N'tchami. A vossa presença constante, o vosso apoio incondicional, a amizade sincera e as palavras encorajadoras foram essenciais para que eu mantivesse a motivação, mesmo nos momentos mais exigentes. Esta conquista é também vossa, e para sempre partilhada convosco.

## Agradecimentos

A concretização deste doutoramento constituiu um percurso longo, exigente e profundamente transformador, marcado por inúmeros desafios, aprendizagens e, acima de tudo, pela presença de pessoas extraordinárias que me acompanharam nas mais diversas fases desta caminhada. A todos os que, de alguma forma, contribuíram para esta conquista, deixo a expressão do meu mais profundo e sincero agradecimento.

Ao meu orientador, Professor Marcelo Fragoso, manifesto o meu reconhecimento e gratidão pela orientação científica de excelência, pela paciência, pela disponibilidade permanente e pelo estímulo intelectual que me proporcionaram um crescimento sólido enquanto investigador. A sua confiança foi decisiva para a consolidação deste trabalho.

Aos docentes e investigadores do IGOT — Professores António Saraiva Lopes, Mário Vale, José Luís Zêzere, Ezequiel Correia, Carla Mora, Nuno Costa e Jorge Malheiros — agradeço o valioso contributo que prestaram ao longo deste percurso, seja nas aulas curriculares, na partilha de conhecimento, nas críticas construtivas ou da inspiração que transmitiram. A vossa experiência e saber foram fundamentais para o desenvolvimento desta tese.

À Professora Doutora Marina Temudo, coordenadora do projeto Malmon-Desira, expresso a minha sincera gratidão pela liderança empenhada, pela visão estratégica e pelo acompanhamento atento que criaram as condições indispensáveis para a realização das diferentes etapas da investigação.

Ao Centro Regional AGRHYMET, agradeço pela colaboração institucional e pelo acolhimento durante o estágio de três meses dedicado à utilização do modelo DSSAT, realizado sob a supervisão do Professor Doutor Seydou Traoré. O ambiente de trabalho colaborativo e o acompanhamento prestado foram determinantes para a qualidade desta etapa do trabalho.

À União Europeia, no âmbito da iniciativa DeSIRA, que financiou a bolsa de investigação, deixo o meu profundo reconhecimento pelo apoio e confiança sem os quais este projeto não teria sido possível.

À minha esposa, pela constante compreensão, pelo amor inabalável e pelo apoio incansável nos momentos de maior exigência. O teu incentivo e paciência foram fundamentais para que nunca perdesse o rumo, mesmo nas fases de maior adversidade.

Aos meus filhos — Bernardo O. Mendes, Paulina O. Mendes e Feliciano O. Mendes — que tantas vezes sentiram a minha ausência, mas que, com a sua alegria e amor, me deram forças renovadas para continuar. São a razão maior do que procuro construir e deixar como legado.

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

Aos meus irmãos e irmãs, agradeço pela amizade, pelo apoio constante e pelas palavras de encorajamento, mesmo quando a distância nos separava fisicamente.

Ao meu padrinho, figura de referência em tantas etapas da minha vida, agradeço o apoio moral, o incentivo silencioso, mas sempre presente, e a confiança que nunca deixou de depositar em mim.

Aos meus amigos do IGOT — Tiago Silva, Bernardo Costa, Diogo Silva, Ana Gonçalves, Márcia Matias, Xin Su, Sara Larrabure, Miguel Geraldés e Raquel Fernandes — agradeço pelo apoio emocional, pelas conversas descontraídas e motivadoras e por acreditarem, desde o início, na minha capacidade de chegar até ao fim.

Aos colegas de doutoramento no âmbito do projeto Malmon DeSIRA — Gabriel Garbanzo, Matilda Merkohasanaj, Merlin Leunda, Arame N'Dieye, Joseph Sandoval, Viriato Cossa, Pieter-Jan Keleman e Filipa Zacarias — e aos colegas de pós-doutoramento — Alexandre Badiane, Daniesse Kasanoski, Jules Basse e Ibrahima Diba — agradeço pela camaradagem, pelas horas de trabalho partilhado, pelas discussões científicas, pelas saídas de campo e pelo companheirismo. Sem vós, este percurso teria sido bastante mais solitário e difícil.

Aos colegas do Instituto Nacional de Meteorologia da Guiné-Bissau, na pessoa do Dr. Fernando Baial Sambú, bem como a todo o corpo técnico e administrativo — Cherno Luís Mendes, Malam da Silva, Feliciano Mendonça, Fátima N. Vieira, Francisco Dias, Francisco Gomes, Baptista Biaguê, Justino da Costa, Zair Djú, Fernando Dju, Eunélia da Silva, Gualdina Fernandes, Luís Cá, Leopoldina Cassamá, Miram Sampaio, Moisés Monteiro, Éco Té, Altina Gomes, Fernanda da Silva, Isabel Cardoso, Néné Cassamá, Denílson da Silva, — agradeço a compreensão face às exigências deste doutoramento e por terem mantido um ambiente de trabalho solidário, profissional e motivador.

Por fim, deixo uma palavra de agradecimento a todos os que, direta ou indiretamente, contribuíram para que este trabalho fosse possível, mesmo que os seus nomes não estejam aqui mencionados. Cada gesto, palavra, partilha e apoio tiveram o seu lugar e valor neste percurso.

A todos, o meu mais sincero obrigado.

## Siglas e abreviaturas

AgMIP	Agricultural Model Intercomparison and Improvement Project (sigla inglesa)
CDO	Climate Data Operators ( sigla inglesa)
CILSS	Comité Inter-Estado de Luta contra a Seca no Shael
CH <sub>4</sub>	Metano
CHIRPS	Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data (sigla inglesa)
CMIP5	Coupled Model Intercomparison Project Phase 5 (sigla inglesa)
CRU TS	Climatic Research Unit Time-Series (sigla inglesa)
DeSIRA	Development Smart Innovation through Research in Agriculture (sigla inglesa)
DSSAT	<i>Decision Support System for Agrotechnology Transfer</i> (sigla inglesa)
DGGM	Direção Geral da Geologia e Mina
E	Este
ENSO	El Niño-Oscilação Sul
ETCCDMI	<i>Expert Team on Climate Change Detection and Indices</i> (sigla inglesa)
FAO	Programa Alimentar Mundial
FAOSTAT	Estatística do Programa Alimentar Mundial
FIT	Frente Intertropical
FIAC	falsos inícios da estação das chuvas
GEE	gases de efeito estufa
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat Institut (sigla francesa)
GB	Guiné-Bissau
GDD	Graus-Dia de Crescimento
GRDR	Groupe de recherche et de Réalisations pour le Développement Rural (sigla francesa)
IBAP	Instituto da Biodiversidade e das Áreas Protegidas
ICRISAT	L'Institut international de recherche sur les cultures des zones tropicales semi-arides (sigla francesa)
IGOT	Instituto de Geografia e Ordenamento do Território
INE	Instituto Nacional de Estatística
INM-GB	Instituto Nacional de Meteorologia da Guiné-Bissau
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (sigla inglesa)
IRD	Institut de Recherche pour le Développement (sigla francesa)
IRRI	Institut International de Recherche sur le Riz (sigla francesa)

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

LNEG	Laboratório Nacional de Energia e Geologia
LVIA	Association Internationale Volontaires Laïques
MDRA	Ministério de Desenvolvimento Rural e Agricultura
N	Norte
NASA	National Aeronautics and Space Administration (sigla inglesa)
NE	nordeste
OMM	Organização Meteorológica Mundial
ONGs	Organizações Não Governamentais
PAM	Programa Alimentar Mundial
PNC	Parque Nacional de Cantanhez
PNTC	Parque Natural dos Tarrafes do Rio Cacheu
PNUD	Programa de Nações Unidas para o Desenvolvimento
POWER	Prediction of Worldwide Energy Resources (sigla inglesa)
RCP	Representative Concentration Pathway (sigla inglesa)
S	Sul
SAB	Setor Autónomo de Bissau
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SNPC	Serviço Nacional de Proteção Civil
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences (sigla inglesa)
TAHMO	<i>Trans-African Hydro-Meteorological Observatory</i> ; tahmo.org)
TGB	Televisão da Guiné-Bissau
Tn	Temperatura mínima (Tn)
Tx	Temperatura máxima (Tx)
UNFCCC	Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre as Alterações Climáticas (sigla inglesa)
USAID	Agência dos Estados Unidos para o Desenvolvimento Internacional
USDA	United States Department of Agriculture
W	Oeste
WCMW	Centro Mundial de Seguimento da Conservação (sigla inglesa)
WFP	Agência dos Estados Unidos para o Desenvolvimento Internacional
WMO	World Meteorological Organization (sigla inglesa)
WRB	World Reference Base for Soil Resources (sigla inglesa)
WUR	Université de Wageninguen

## Preâmbulo

A presente tese foi desenvolvida com o objetivo de analisar, de forma integrada e multidisciplinar, a influência das condições agroclimáticas nas regiões costeiras da Guiné-Bissau sobre a produção do arroz de mangal, cultura de extrema relevância para a segurança alimentar nacional. A investigação insere-se num quadro científico estruturado que combina análise climatológica, perceção local, modelização agrometeorológica e propostas de adaptação agrícola, com ênfase na sustentabilidade e na resiliência dos sistemas produtivos face às alterações climáticas.

No decurso deste trabalho, optou-se por uma abordagem metodológica rigorosa, baseada em dados observacionais, simulações com o modelo DSSAT e projeções climáticas (cenários RCP4.5 e RCP8.5), complementada por estudos participativos com comunidades agrícolas. Esta estrutura permitiu não apenas a caracterização detalhada das alterações nos padrões de precipitação e temperatura entre 1960 e 2020 e 1981 e 2020, mas também a proposta de um calendário agrícola adaptado às especificidades regionais do país.

Esta tese não foi desenvolvida sob a forma da produção de uma coletânea estruturada de artigos de investigação. No entanto, como reflexo da solidez científica e da relevância dos resultados obtidos, três artigos já foram publicados em revistas internacionais com revisão por pares, e dois manuscritos adicionais encontram-se atualmente em fase de revisão. Estes artigos abordam, respetivamente, (i) Assessment of the Record-Breaking 2020 Rainfall in Guinea-Bissau and Impacts of Associated Floods (<https://doi.org/10.3390/geosciences13020025>), (ii) Recent changes in climate extremes in Guinea-Bissau (<https://doi.org/10.1080/19376812.2024.2359997>), (iii) Variability and trends of the rainy season in West Africa with a special focus on Guinea-Bissau (<https://doi.org/10.1007/s00704-025-05471-6>) e (iv-v) Monitorização do clima atual nas regiões costeiras (2022/2024): contributos para o conhecimento das condicionantes climáticas do arroz de mangal no Cacheu, Oio e Tombali, e as perceções camponesas das alterações climáticas na Guiné-Bissau.

A investigação aqui apresentada visa, assim, contribuir para a promoção de práticas agrícolas mais eficientes e a preservação da orizicultura de mangal como pilar da segurança alimentar guineense.

## Índice

Resumo:.....	i
Abstract: .....	ii
Résumé.....	iii
Dedicatória .....	iv
Agradecimentos .....	v
Siglas e abreviaturas .....	vii
Preâmbulo .....	ix
Índice.....	x
Lista de figuras .....	xvi
Lista de tabelas .....	xx
PARTE I.....	1
CONTEXTUALIZAÇÃO, ESTADO DA ARTE E ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO.....	1
INTRODUÇÃO.....	1
CAPÍTULO 1. CLIMA, ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS E A CULTURA DO ARROZ.....	9
1.1.    Conceitos de Clima e de Alterações Climáticas .....	9
1.1.1.    Clima .....	9
1.1.2.    Variabilidade climática .....	9
1.1.3.    Alterações climáticas, causas e consequências.....	10
1.1.4.    Alterações climáticas globais e seus impactos económicos .....	11
1.2.    O arroz.....	13
1.2.1.    A importância da cultura do arroz.....	13
1.2.2 O desafio do cultivo do arroz na Guiné-Bissau.....	14
1.2.2.    A planta do arroz.....	16
1.3.    Condicionantes climáticas para a cultura do arroz .....	23
1.3.1 Temperatura do ar .....	23
1.3.2 Precipitação.....	24
1.3.3 Luz solar .....	25
1.3.4. Vento .....	26
1.3.5. Humidade relativa .....	26
1.4.    Tipos de solo para a cultura do arroz .....	27
1.5.    Sistemas de cultivo do arroz .....	27
CAPÍTULO 2. O TERRITÓRIO DE ESTUDO .....	31

2.1	Clima .....	32
2.2	Relevo .....	36
2.2.1	Geologia .....	36
2.2.2	Geomorfologia.....	38
2.3	Solos do sistema produtivo de arroz de mangal em Guiné-Bissau.....	40
2.4	Hidrologia e recursos hídricos .....	41
2.5	Biogeografia .....	42
2.6	Agricultura da Guiné-Bissau.....	44
2.7	Aspetos geográficos das três regiões de estudo Malmon: Cacheu, Oio e Tombali	47
2.7.1.	Região de Cacheu .....	47
2.7.2.	Região de Oio.....	51
2.7.3.	Região de Tombali .....	52
PARTE II	.....	57
MATERIAIS E MÉTODOS	.....	57
CAPÍTULO 3. DADOS EXPLORADOS E INSTRUMENTAÇÃO UTILIZADA	.....	57
3.1.	Dados compilados de fontes institucionais .....	57
3.1.1.	Dados Meteorológicos – I.N. M. Guiné-Bissau .....	57
3.1.2.	Dados de Climate Hazards Group InfraRed Precipitation (CHIRPS).....	61
3.1.3	Dados de Climatic Research Unit Time-Series (CRU TS versão 4.08) .....	62
3.2	Dados recolhidos por instrumentação expressamente instalada (rede Malmon)...	63
3.2.1	Problemas pontuais ou temporários ocorridos na rede de monitorização meteorológica Malmon .....	65
3.3.	Dados obtidos por questionário individual.....	66
3.4.	Dados de input do modelo DSSAT (Decision Support System for Agrotechnology Transfer, módulo CERES-Rice).....	68
3.4.1	Dados climáticos NASA POWER .....	68
3.4.2	Dados do cultivo de arroz .....	70
3.4.3	Dados do solo .....	70
3.4.4	Parâmetros genéticos da variedade e sua calibração .....	71
3.4.5	Dados de produção .....	71
CAPÍTULO 4. METODOLOGIAS DE INVESTIGAÇÃO	.....	73
4.1.	Estruturação e controlo de qualidade dos dados meteorológicos.....	73
4.1.1	Séries climatológicas do Instituto Nacional de Meteorologia da Guiné-Bissau	73
4.1.2	Observações meteorológicas da rede Malmon .....	74
4.2	Cálculo de parâmetros climatológicos (dados INMGB) .....	74
4.3.	Avaliação de tendências em séries cronológicas .....	76

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

4.4. Análise de variabilidade interanual de precipitação e temperatura do ar.....	76
4.5 Cálculo do início, final e duração da estação chuvosa e definição dos períodos secos.....	77
4.5.1 Data de início da estação das chuvas.....	77
4.5.2 Data de fim da estação das chuvas.....	78
4.5.3 Duração da estação chuvosa.....	78
4.5.4 Períodos secos, probabilidade e risco da sua ocorrência após a sementeira ..	79
4.6 Aspectos metodológicos do inquérito aos camponeses sobre as suas perceções das alterações climáticas.....	79
4.6.1 Planeamento do inquérito e seleção dos entrevistados.....	79
4.6.2 Estruturação dos questionários aos camponeses.....	80
4.7. Caracterização agroclimática do período 2021-2024 nas áreas de intervenção do projeto Malmon.....	82
4.7.1 Processamento dos dados meteorológicos e cálculo de índices climáticos ...	82
4.8. Simulações da desenvolvimento e produção da cultura do arroz de magal baseada em cenários climáticos no futuro utilizando o modelo DSSAT.....	84
4.8.1 Seleção de Modelos Climáticos, Geração de Cenários Futuros e Simulação no DSSAT.....	85
4.8.2 Cálculos dos índices de anomalias futuras de precipitação e temperatura.....	87
4.9. Programas informáticos usados.....	88
4.10. Esquema metodológico.....	91
PARTE III.....	93
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	93
CAPÍTULO 5. A EVOLUÇÃO RECENTE DO CLIMA NA GUINÉ-BISSAU.....	93
5.1. Tendências climáticas recentes.....	93
5.1.1. Precipitação.....	93
5.1.2. Temperatura do ar.....	106
5.1.3. Discussão sobre as tendências temporais dos parâmetros da temperatura e da precipitação na Guiné-Bissau.....	114
5.2 Variabilidade interanual e tendências recentes da estação chuvosa.....	118
5.2.1 Considerações preliminares.....	118
5.2.2 Padrões de Início e Fim da Estação das Chuvas na África Ocidental.....	119
5.2.3 Duração da Estação das Chuvas na África Ocidental.....	121
5.2.4 Tendências do Início, Fim e Duração da Estação Chuvosa na África Ocidental.....	122
5.2.5 Caracterização do início, fim e duração da estação chuvosa na Guiné-Bissau.....	125
5.2.6 Tendências do Início, Fim e Duração da Estação Chuvosa na Guiné-Bissau ..	127

5.2.7 Avaliação sobre os falsos inícios da estação das chuvas (FIEC) e suas implicações para as atividades agrícolas na Guiné-Bissau .....	130
5.2.8 Discussão sobre as tendências evolutivas da estação das chuvas na África Ocidental e na Guiné-Bissau .....	132
5.2.9 Proposta de um calendário agrícola otimizado com base na avaliação de condicionantes críticos: falsos inícios das chuvas e períodos secos .....	134
5.3 O ano muito chuvoso de 2020 na Guiné-Bissau. Estudo de caso .....	141
5.3.1. Precipitação Anual de 2020: Padrões Espaciais e Anomalias .....	141
5.3.2. Precipitação Mensal de 2020: Padrões Espaciais e Anomalias .....	143
5.3.3. Precipitação Diária de 2020: Cronologia e Eventos Extremos .....	146
5.3.4. Impactos das Chuvas de 2020 na Agricultura, Infraestruturas e Habitação..	148
5.3.5. Discussão e Conclusões .....	152
5.4 Síntese conclusiva.....	154
<b>CAPÍTULO 6. PERCEÇÕES CAMPONESAS DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NA GUINÉ-BISSAU .....</b>	<b>157</b>
6.1. Análise das séries climatológicas de observação.....	157
6.1.1. Precipitação.....	157
6.1.2. Temperatura .....	159
6.2. Análise dos dados do inquérito .....	162
6.2.1. Características da população inquirida.....	162
6.2.2 Perceção dos camponeses sobre a variabilidade e alterações climáticas ....	162
6.2.3. Sinais indicativos do início e do fim da estação chuvosa.....	163
6.2.4. Previsão camponesa de uma boa época chuvosa .....	163
6.2.5. Sinais indicadores de boa época chuvosa .....	164
6.2.6. Comparação do começo da época das chuvas entre o passado e o presente .....	165
6.2.7. Fim da estação chuvosa no passado e no presente .....	165
6.2.8. Evolução das temperaturas diurnas e noturnas .....	166
6.2.9. Impacto de alterações climáticas na cultura do arroz de mangal .....	167
6.2.10. Impactos sobre os elementos do sistema de cultivo .....	170
6.2.10. Impactos socioeconómicos.....	172
6.2.11. Modos de aquisição de terras agrícolas .....	173
6.2.12. Estratégias e práticas de adaptação camponesa.....	174
6.2.13. Adaptação aos cenários climáticos futuros.....	175
6.3. Discussão .....	176
6.4. Conclusão.....	178

CAPÍTULO 7. MONITORIZAÇÃO DO CLIMA ATUAL NAS REGIÕES COSTEIRAS (2022/2024): CONTRIBUTOS PARA O CONHECIMENTO DAS CONDICIONANTES CLIMÁTICAS DO ARROZ DE MANGAL NO CACHEU, OIO E TOMBALI.....	181
7.1 Características climáticas gerais .....	181
7.1.1. Radiação Solar .....	184
7.1.2. Temperatura do ar .....	186
7.1.3. Humidade relativa média do ar .....	194
7.1.4. Precipitação.....	198
7.1.5. Vento .....	204
7.2 Condicionantes agroclimáticas para a cultura do arroz.....	208
7.2.1 Disponibilidades hídricas: características da estação chuvosa nos anos 2021 a 2024.....	208
7.2.2. Eventos hidroclimáticos extremos: eventos de chuvas excessivas e períodos secos críticos .....	210
7.2.3. Radiação solar durante a fase da floração.....	213
7.2.4. Graus-dia de crescimento .....	214
7.2.5. Stress por calor .....	216
7.2.6. Ventos fortes.....	217
<b>7.3 Discussão de resultados</b> .....	219
7.4. Conclusão e recomendações para a adaptação .....	222
Conclusão.....	222
Recomendações para a adaptação .....	224
CAPÍTULO 8. MODELAÇÃO DE PRODUÇÃO FUTURA DO ARROZ DE MANGAL BASEADA NOS CENARIOS CLIMATICOS FUTUROS.....	227
<b>8.1 Validação das Simulações: Rendimento e Duração do Ciclo</b> .....	227
8.2. Índices de anomalias Futuras de Precipitação e Temperatura .....	228
<b>8.2.1. Índice de anomalia Futura de Precipitação em Elalab para o cenário         RCP4.5 e RCP8.5</b> .....	228
<b>8.2.2. Índice de anomalias de temperatura máxima e mínima na estação de         Elalab</b> .....	230
8.2.3. Índice de Anomalia de precipitação futura em Cafine para o cenário RCP4.5 e RCP8.5.....	233
8.2.4. Índice de Anomalias de temperatura máxima e mínima na estação de Cafine .....	234
<b>8.3. Avaliação da duração do ciclo vegetativo das variedades Edjur (<i>O.     glaberrima</i>) e Caublak (<i>O. sativa</i>) sob diferentes cenários climáticos, horizontes     temporais e datas de sementeira</b> .....	237

8.3.1 Análise da produtividade futura da variedade de arroz Edur ( <i>Oryza glaberrima</i> ) com base em cinco modelos climáticos do AgMIP para o cenário RCP4.5 em dois horizontes temporais considerados .....	238
8.3.2 Análise da produtividade futura da variedade de arroz Edjur ( <i>Oryza glaberrima</i> ) com base em cinco modelos climáticos do AgMIP para o cenário RCP8.5 em dois horizontes temporais considerados .....	239
8.3.3 Análise da produtividade futura da variedade de arroz <i>Caublak</i> ( <i>Oryza sativa</i> ) com base em cinco modelos climáticos do AgMIP para o cenário RCP4.5 em dois horizontes temporais considerados.....	240
8.3.4 Análise da produtividade futura da variedade de arroz <i>Caublak</i> ( <i>Oryza sativa</i> ) com base em cinco modelos climáticos do AgMIP para o cenário RCP8.5 em dois horizontes temporais considerados.....	241
8.3.5 Resumo da evolução média do rendimento do arroz de mangal simulado por diferentes modelos climáticos, sob diferentes cenários climáticos, horizontes temporais e datas de sementeira .....	242
8.4 DISCUSSÃO .....	244
8.5 CONCLUSÃO .....	247
PARTE IV. CONCLUSÃO E PERSPETIVAS .....	249
Considerações Finais.....	252
Limitações do Estudo e Perspetivas para investigações Futuras .....	252
Limitações do Estudo .....	252
Perspetivas para Investigações Futuras.....	253
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	255
ANEXOS .....	283
ANEXO -I. QUESTIONÁRIO DA PESQUISA.....	283
ANEXO II. Diferentes modelos climáticas seleccionadas, suas origens e características .....	285
ANEXO -III. Direção do vento e distribuição da sua frequência, por diferentes classes de velocidade.....	286

## Lista de figuras

FIGURA 1. FASES DE DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DO ARROZ. FONTE (MOLDENHAUER ET AL., 2002) .....	17
FIGURA 2. MORFOLOGIA DA PLANTA DO ARROZ. FONTE: WOPEREIS ET AL., (2008). .....	21
FIGURA 3. DIQUES DE PROTEÇÃO OU DIQUE DE CINTURA. FONTE: IMAGEM À ESQUERDA (AUTOR); IMAGEM A DIREITA ( <a href="https://www.malmon-desira.com">HTTPS://WWW.MALMON-DESIRA.COM</a> ) .....	28
FIGURA 4. SUBDIVISÃO DA ÁREA AGRÍCOLA EM PARCELAS MENORES EM ELALAB. FONTES: IMAGEM ESQUERDA - <a href="https://www.malmon-desira.com">HTTPS://WWW.MALMON-DESIRA.COM</a> ; IMAGEM DIREITA: BISSAN NA BISSAN .....	28
FIGURA 5. LIXIVIAÇÃO DA PARCELA PELA ÁGUA ACUMULADA DA CHUVA. FONTES: IMAGEM ESQUERDA: EQUIPA DO MALMON ; IMAGEM DIREITA: BISSAN NA BISSAN .....	29
FIGURA 6. LAVOURA NA BOLANHA USANDO O ARADO PARA A CONSTRUÇÃO DE CAMALHÕES E VALETAS. FOTO: ANSUMANE DABO E EQUIPA MALMON .....	29
FIGURA 7. LANÇAMENTO DAS SEMENTES DE VIVEIRO (ESQUERDA), TRANSPLANTAÇÃO NO VIVEIRO (MEIO) E PLANTAÇÃO DO ARROZ NA BOLANHA (DIREITA). FONTE: EQUIPA DO PROJETO MALMON .....	29
FIGURA 8. O TERRITÓRIO DE ESTUDO E AS REGIÕES E ALDEIAS OBJETO DE INVESTIGAÇÃO NO PROJETO MALMON.....	32
FIGURA 9. CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DE KÖPPEN-GEIGER, SEGUNDO BECK ET AL. (2023) NA ÁFRICA OCIDENTAL E NA GUINÉ-BISSAU .....	33
FIGURA 10 . PRECIPITAÇÃO MÉDIA MENSAL E Nº MÉDIO DE DIAS DE PRECIPITAÇÃO (NÍVEL DE TOPO), GRÁFICOS TERMOPLUVIOMÉTRICOS (NÍVEL CENTRAL) E REGIME TÉRMICO MENSAL DE BAFATÁ, BISSAU/AEROPORTO E BOLAMA (DA ESQUERDA PARA A DIREITA). FONTE DOS DADOS: INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA DA GUINÉ-BISSAU .....	35
FIGURA 11. GEOLOGIA DA GUINÉ-BISSAU. FONTE: CARTA GEOLÓGICA DA GUINÉ-BISSAU, GEOPORTAL.LNEG.PT (ACEDIDO EM 15/11/2024) .....	37
FIGURA 12. CARTA HIPSOMÉTRICA DA GUINÉ-BISSAU. FONTE: (LNEG & DGGM, 2015) .....	38
FIGURA 13. CARTA GEOMORFOLÓGICA DA GUINÉ-BISSAU. FONTE: (LNEG & DGGM, 2015) .....	39
FIGURA 14. PRINCIPAIS BACIAS HIDROGRÁFICAS E RIOS DA GUINÉ-BISSAU. FONTE:(FAO, 2005) .....	41
FIGURA 15. ECORREGIÕES DA GUINÉ-BISSAU. FONTE DOS DADOS: <a href="https://opendata.rcmr.org/datasets/rcmr/afrika-ecoregions">HTTPS://OPENDATA.RCMRD.ORG/DATASETS/RCMR:AFRICA-ECOREGIONS</a> .....	43
FIGURA 16. ÁREA CULTIVADA (EM BAIXO, A AZUL, EM HECTARES), RENDIMENTO E A PRODUÇÃO NACIONAL DOS CEREAIS (EM CIMA, A VERMELHO, VALORES MILHARES DE TONELADAS) E AS IMPORTAÇÕES DE ALIMENTOS NO TOTAL DAS EXPORTAÇÕES DE BENS NO PAÍS (EM BAIXO, EM %.) .....	47
FIGURA 17. REDE METEOROLÓGICA DA GUINÉ EM 1957. FONTE: EXTRAÍDO DE GUIMARÃES (1959) .....	58
FIGURA 18. LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DAS ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS PRINCIPAIS E POSTOS PLUVIOMÉTRICOS DO PAÍS. ....	59
FIGURA 19. ÁREA ESTUDADA NO CONTINENTE AFRICANO ATRAVÉS DA EXPLORAÇÃO DO CONJUNTO DE DADOS CHIRPS 2.0.....	62
FIGURA 20. LOCALIZAÇÃO DAS 10 ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS INSTALADAS NO QUADRO DO PROJETO MALMON- DESIRA E ÁREA OCUPADA PELO MANGAL E A SUA ALTURA MÉDIA PONDERADA EM METROS SEGUNDO SIMARD ET AL. (2019). ....	64
FIGURA 21. INSTALAÇÃO DE ALGUMAS DAS ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS ATMOS 41 NAS LOCALIDADES DA ÁREA DE ESTUDO. ....	65
FIGURA 22. COMUNIDADES CAMPONESAS OBJETO DO INQUÉRITO SOBRE AS PERCEÇÕES DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS. ....	67
FIGURA 23- DEFINIÇÃO DO INÍCIO DA ESTAÇÃO DAS CHUVAS, SEGUNDO SIVAKUMAR (1988) E STERN (1981). ....	78
FIGURA 24. RESUMO METODOLÓGICO DAS SIMULAÇÕES DA PRODUÇÃO NO MODELO DSSAT .....	84
FIGURA 25. OS CINCO MODELOS (R, E, S, K, 2) ESCOLHIDOS DE ACORDO COM O CRITÉRIO AGMIP PARA O CENÁRIO RCP4.5 (ESQUERDA) E CINCO MODELOS (F, H, B, V, N), PARA O CENÁRIO RCP8.5 (DIREITA) DA ESTAÇÃO ELALAB. ....	87

FIGURA 26. CARACTERIZAÇÃO AGROCLIMÁTICA DAS REGIÕES COSTEIRAS DA GUINÉ-BISSAU. ESQUEMA METODOLÓGICO SIMPLIFICADO. ....	91
FIGURA 27. DIAGRAMAS DE CAIXAS DAS SÉRIES ANUAIS DE PRECIPITAÇÃO (1960-2020) DE BISSAU/OBSERVATÓRIO, BOLAMA E BAFATÁ.....	93
FIGURA 28. PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL (1981-2020) NA ÁFRICA OCIDENTAL, VALORES EM MM. FONTE DOS DADOS: CHIRPS, 2.0 .....	94
FIGURA 29. REPARTIÇÃO ESPACIAL DE PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL NA GUINÉ-BISSAU (1981-2020). ....	95
FIGURA 30. VARIABILIDADE INTERANUAL DA PRECIPITAÇÃO (1960-2020). A: BISSAU/OBSERVATÓRIO; B: BOLAMA; C: BAFATÁ. ....	96
FIGURA 31.. DIAGRAMA DE CAIXAS (MÍNIMO, PRIMEIRO QUARTIL-Q1, MEDIANA-Q2, TERCEIRO QUARTIL-Q3 E MÁXIMO) DAS SÉRIES DE PRECIPITAÇÃO MENSAL DE BISSAU/OBSERVATÓRIO (1960-2020). ....	98
FIGURA 32. DIAGRAMA DE CAIXAS (MÍNIMO, PRIMEIRO QUARTIL-Q1, MEDIANA-Q2, TERCEIRO QUARTIL-Q3 E MÁXIMO) DAS SÉRIES DE PRECIPITAÇÃO MENSAL DE BOLAMA (1960-2020).....	99
FIGURA 33. DIAGRAMA DE CAIXAS (MÍNIMO, PRIMEIRO QUARTIL-Q1, MEDIANA-Q2, TERCEIRO QUARTIL-Q3 E MÁXIMO) DAS SÉRIES DE PRECIPITAÇÃO MENSAL DE BAFATÁ (1960-2020) .....	101
FIGURA 34. REGIME MÉDIO DA PRECIPITAÇÃO (TOTAL EM LINHA E Nº DE DIAS DE PRECIPITAÇÃO EM BARRAS) EM BISSAU, BOLAMA E BAFATÁ.....	102
FIGURA 35. VARIABILIDADE INTERANUAL DOS ÍNDICES DE PRECIPITAÇÃO NA GUINÉ-BISSAU NO PERÍODO 1981 A 2020. (A: BISSAU/OBSERVATÓRIO; B: BOLAMA; C: BAFATÁ; PRCPTOT: SOMA ANUAL DA PRECIPITAÇÃO DIÁRIA $\geq 1,0$ MM; CDD: NÚMERO MÁXIMO ANUAL DE DIAS SECOS CONSECUTIVOS (QUANDO PRECIPITAÇÃO $< 1,0$ MM); RX5DAY: PRECIPITAÇÃO TOTAL MÁXIMA ANUAL DE 5 DIAS; SDII: PRECIPITAÇÃO TOTAL ANUAL DIVIDIDA PELO NÚMERO DE DIAS CHUVOSOS (QUANDO PRECIPITAÇÃO TOTAL $\geq 1,0$ MM)). ....	105
FIGURA 36. TEMPERATURAS MÁXIMAS MÉDIAS E MÍNIMAS MÉDIAS EM JANEIRO (MÊS MENOS QUENTE), RESPECTIVAMENTE, NOS PAINÉIS SUPERIORES E EM ABRIL (MÊS MAIS QUENTE), NOS PAINÉIS INFERIORES. VALORES MÉDIOS EM °C, NO PERÍODO 1960-2020. FONTE DOS DADOS: CRU TS v.4.08. ....	106
FIGURA 37. VARIABILIDADE INTERANUAL DOS ÍNDICES DE TEMPERATURA NA GUINÉ-BISSAU NO PERÍODO DE 1981 A 2020. (A: BISSAU/OBSERVATÓRIO; B: BOLAMA; C: BAFATÁ; TXGE30: NÚMERO ANUAL DE DIAS EM QUE TX $\geq 30$ °C; TXGE35: NÚMERO ANUAL DE DIAS EM QUE TX $\geq 35$ °C; DTR: DIFERENÇA MÉDIA ANUAL ENTRE O TX DIÁRIO E O TN DIÁRIO .....	113
FIGURA 38. DATAS MÉDIAS DE INÍCIO (A) E DE FIM (B) DA ESTAÇÃO DAS CHUVAS E OS SEUS DESVIOS PADRÕES RESPECTIVOS (C E D, EM DIAS), NA ÁFRICA OCIDENTAL (1981-2020). FONTE DOS DADOS: CHIRPS 2.0. .	120
FIGURA 39. DURAÇÃO MÉDIA DA ESTAÇÃO CHUVOSA EM DIAS (ESQUERDA) E RESPECTIVO DESVIO PADRÃO (DIREITA), NO PERÍODO 1981-2020. FONTE DOS DADOS: CHIRPS 2.0.....	122
FIGURA 40. TENDÊNCIAS DO INÍCIO (A), CESSAÇÃO (C) E DURAÇÃO (E) DA ESTAÇÃO DAS CHUVAS NA ÁFRICA OCIDENTAL E ÁREAS ONDE OS RESULTADOS RESPECTIVOS SÃO ESTATISTICAMENTE SIGNIFICATIVOS PARA $P < 0.1$ (B, D E F). ....	123
FIGURA 41. TENDÊNCIAS DA ESTAÇÃO CHUVOSA EM DIFERENTES REGIÕES DA GUINÉ-BISSAU, NO PERÍODO 1981-2022. ....	128
FIGURA 42. RISCOS DE OCORRÊNCIA DOS PERÍODOS SECOS EM DIFERENTES LOCALIDADES DO PAÍS (1981-2020). À ESQUERDA, PERÍODOS SECOS DE 7 OU MAIS DIAS; À DIREITA, PERÍODOS SECOS DE 10 OU MAIS DIAS. ....	137
FIGURA 43. PRECIPITAÇÃO ANUAL DE 2020 (MM) NA GUINÉ-BISSAU: (A) PRECIPITAÇÃO TOTAL; (B) ANOMALIA (PRECIPITAÇÃO ANUAL EM 2020 MENOS A MÉDIA DE LONGO PRAZO, PERÍODO DE REFERÊNCIA 1981-2020). FONTE DOS DADOS: INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA DA GUINÉ-BISSAU (A) E CHIRPS 2.0 (B)..	142
FIGURA 44. ANOMALIAS ANUAIS DE PRECIPITAÇÃO EM QUATRO ESTAÇÕES DA GUINÉ-BISSAU (1981-2020. FONTE DOS DADOS: INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA DA GUINÉ-BISSAU. ....	143
FIGURA 45. PRECIPITAÇÃO MENSAL DE 2020 E PERCENTIS 90 E 95 CORRESPONDENTES DAS SÉRIES DIÁRIAS DE PRECIPITAÇÃO NO PERÍODO DE 1981-2020. FONTE DOS DADOS: INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA DA GUINÉ-BISSAU. ....	144

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

FIGURA 46. PRECIPITAÇÃO MENSAL (MM) EM JULHO (A), AGOSTO (B) E SETEMBRO (C) DE 2020, NA GUINÉ-BISSAU. ANOMALIAS MENSAIS DE PRECIPITAÇÃO (% DA MÉDIA DE 1981–2020) EM JULHO (D), AGOSTO (E) E SETEMBRO (F). .....	145
FIGURA 47. PRECIPITAÇÃO DIÁRIA EM BAFATÁ, GABÚ, BISSAU E BOLAMA DE 1 DE JULHO À 30 DE SETEMBRO DE 2020. ....	147
FIGURA 48. ÁREAS DE CULTIVO DE ARROZ FORAM INUNDADAS PELAS CHUVAS INTENSAS NOS ARREDORES DE BISSAU. FONTE: SNPC, 2020.....	149
49. DANOS CAUSADOS PELAS INUNDAÇÕES EM BISSAU. (A) — TRABALHOS DE REPARAÇÃO DA TGB APÓS OS DANOS CAUSADOS PELA CHUVA E VENTOS FORTES; (B, C) — EFEITOS DOS VENTOS FORTES NOS SUBÚRBIOS DE BISSAU; (D–F) CASAS INUNDADAS NOS BAIRROS PERIFÉRICOS DA CIDADE DE BISSAU .....	150
FIGURA 50. ANOMALIAS INTERANUAIS DE PRECIPITAÇÃO PARA O PERÍODO 1961-2020, EM BISSAU (A), BOLAMA (B) E BAFATÁ (C) .....	158
FIGURA 51. TESTE DE RUTURA NAS SÉRIES DE PRECIPITAÇÃO TOTAL ANUAL 1961-2020, EM BISSAU, BOLAMA E BAFATÁ. ....	159
FIGURA 52. ANOMALIA DE TEMPERATURA MÁXIMA (Tx) E MÍNIMA (Tn) 1961-2020 EM RELAÇÃO A NORMAL 1991-2020 .....	160
FIGURA 53. TESTE DE RUTURA NAS SÉRIES DE TEMPERATURA MÁXIMA E MÍNIMA MÉDIA ANUAL 1961-2020, EM BISSAU, BOLAMA E BAFATÁ.....	161
FIGURA 54. PERCEÇÃO DOS CAMPONESES SOBRE O COMPORTAMENTO DA ESTAÇÃO CHUVOSA.....	162
FIGURA 55. INDICADORES DA PREVISÃO CAMPONESA DE UMA BOA ÉPOCA CHUVOSA.....	165
FIGURA 56. MODOS DE AQUISIÇÃO DE TERRAS AGRÍCOLAS EM DIFERENTES TABANCAS.....	174
FIGURA 57. DISTRIBUIÇÃO DA RADIAÇÃO SOLAR DIÁRIA EM MJ/M <sup>2</sup> EM DIFERENTES ÁREAS DE ESTUDO(ESQUERDA) (2022-2024). LINHA VERMELHA (LIGAÇÃO ENTRE AS MEDIANAS) E LINHA AZUL (MÉDIA DE RADIAÇÃO SOLAR) .....	184
FIGURA 58. VARIAÇÃO MENSAL DA RADIAÇÃO SOLAR EM MJ /M <sup>2</sup> NAS 3 ESTAÇÕES QUE REPRESENTAM AS REGIÕES DE ESTUDO .....	185
FIGURA 59. VARIAÇÃO DA TEMPERATURA MÉDIA DIÁRIA EM DIFERENTES ÁREAS DE ESTUDO (2022-2024). A LINHA VERMELHA É A LIGAÇÃO ENTRE AS MEDIANAS E AS MARCAS AZUIS ASSINALAM AS MÉDIAS. ....	186
FIGURA 60. VARIAÇÃO DA TEMPERATURA MÉDIA MENSAL NAS 3 ESTAÇÕES REPRESENTATIVAS. ....	188
FIGURA 61. TEMPERATURAS MÍNIMAS E MÁXIMAS MÉDIAS MENSAIS NAS REGIÕES DE CACHEU, OIO E SUL (2021-2024) .....	189
FIGURA 62. TEMPERATURA MÍNIMA MÉDIA DO MÊS MAIS FRIO - JANEIRO (A) E TEMPERATURA MÁXIMA MÉDIA DO MÊS MAIS QUENTE - ABRIL (B). (PERÍODO 2021-2024) .....	191
FIGURA 63. RITMOS DIURNO E ANUAL DA TEMPERATURA (VALORES MÉDIOS HORÁRIOS, PERÍODO 2022-2024). ..	193
FIGURA 64. VARIAÇÃO HUMIDADE RELATIVA MÉDIA DIÁRIA EM DIFERENTES ÁREAS DE ESTUDO (2022-2024). A LINHA VERMELHA É A LIGAÇÃO ENTRE AS MEDIANAS E AS MARCAS AZUIS ASSINALAM AS MÉDIAS. ....	195
FIGURA 65. VARIAÇÃO MENSAL DA HUMIDADE RELATIVA MÉDIA NAS 3 ESTAÇÕES REPRESENTATIVAS DAS TRÊS REGIÕES DE ESTUDO NO PROJETO MALMON. ....	195
FIGURA 66. RITMOS DIURNO E ANUAL DA HUMIDADE RELATIVA (VALORES MÉDIOS HORÁRIOS, PERÍODO 2022-2024). ....	197
FIGURA 67. PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL (2021-2023) NA ÁREA DE ESTUDO.....	198
FIGURA 68. Nº MÉDIO DE DIAS COM PRECIPITAÇÃO ≥ 1 MM E 10MM (A) E PRECIPITAÇÃO ≥ 50MM E 100MM (B) NA ÁREA DE ESTUDO, PERÍODO 2021-2023. ....	199
FIGURA 69. PRECIPITAÇÃO TOTAL ANUAL NO PERÍODO 2021–2024. ....	202
FIGURA 70. DISTRIBUIÇÃO ANUAL DO NÚMERO DE DIAS COM PRECIPITAÇÃO ≥ 1 MM (2021–2024).....	203
FIGURA 71. DIREÇÃO DO VENTO E DISTRIBUIÇÃO DA SUA FREQUÊNCIA, POR DIFERENTES CLASSES DE VELOCIDADE (MS <sup>-1</sup> ), NAS TRÊS ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS REPRESENTATIVAS. PERÍODO 2022-2024. ....	205
FIGURA 72. DIREÇÃO DO VENTO E DISTRIBUIÇÃO DA SUA FREQUÊNCIA, POR DIFERENTES CLASSES DE VELOCIDADE (MS <sup>-1</sup> ), EM SÃO DOMINGOS. ....	207

FIGURA 73. INÍCIO, FIM E DURAÇÃO DA ESTAÇÃO CHUVOSA 2022-2024 E A MÉDIA TRIENAL EM DIFERENTES LOCALIDADES DA ÁREA COSTEIRA DO PAÍS.....	210
FIGURA 74. ÍNDICE DE ANOMALIA DE PRECIPITAÇÃO NOS HORIZONTES 2040-2069 E 2070-2099 DO CENÁRIO RCP4.5 E RCP8.5 DA ESTAÇÃO ELALAB NO NORTE DO PAÍS.....	230
FIGURA 75. ÍNDICE DE ANOMALIA DE TEMPERATURA MÁXIMA E MÍNIMA NOS HORIZONTES 2040-2069 E 2070-2099 NO CENÁRIO RCP4.5 DA ESTAÇÃO DE ELALAB NO NORTE DO PAÍS. ....	231
FIGURA 76. ÍNDICE DE ANOMALIA (°C) DE TEMPERATURA MÁXIMA E MÍNIMA NOS HORIZONTES 2040-2069 E 2070-2099 NO CENÁRIO RCP8.5 DA ESTAÇÃO DE ELALAB NO NORTE DO PAÍS .....	232
FIGURA 77. ÍNDICE DE ANOMALIA DE PRECIPITAÇÃO PARA OS PERÍODOS 2040-2069 E 2070-2099 NOS CENÁRIOS RCP4.5 (A, B) E RCP8.5 (C, D). ....	234
FIGURA 78. ÍNDICE DE ANOMALIA DE TEMPERATURA MÁXIMA (A, B) E MÍNIMA (C, D) EM (°C) NOS HORIZONTES 2040-2069 E 2070-2099 NO CENÁRIO RCP4.5 NA ESTAÇÃO DE CAFINE (SUL DO PAÍS). ....	235
FIGURA 79. ÍNDICE DE ANOMALIA DE TEMPERATURA MÁXIMA (A, B) E MÍNIMA (C, D) EM (°C) NOS HORIZONTES 2040-2069 E 2070-2099 NO CENÁRIO RCP8.5 NA ESTAÇÃO DE CAFINE (SUL DO PAÍS). ....	236
FIGURA 80. EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DO ARROZ DE VARIEDADE EDJUR NO CENÁRIO RCP4.5 NO MEIO E FIM DO SÉCULO PARA OS CINCO MODELOS SEGUNDO OS CRITÉRIOS AGMIP. ....	239
FIGURA 81. EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DO ARROZ DE VARIEDADE EDJUR NO CENÁRIO RCP8.5 NO MEIO E FIM DO SÉCULO PARA OS CINCO MODELOS SEGUNDO OS CRITÉRIOS AGMIP .....	240
FIGURA 82. EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DO ARROZ DE VARIEDADE CAUBLAK NO CENÁRIO RCP4.5 NO MEIO E FIM DO SÉCULO PARA OS CINCO MODELOS SEGUNDO OS CRITÉRIOS AGMIP .....	241
FIGURA 83. EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DO ARROZ DE VARIEDADE CAUBLAK NO CENÁRIO RCP8.5 NO MEIO E FIM DO SÉCULO PARA OS CINCO MODELOS SEGUNDO OS CRITÉRIOS AGMIP .....	242

## Lista de tabelas

TABELA I. OBSERVAÇÕES METEOROLÓGICAS MENSAS E DIÁRIAS UTILIZADAS NESTE ESTUDO .....	60
TABELA II. PRINCIPAIS ESTAÇÕES E POSTOS PLUVIOMÉTRICOS DO PAÍS, E CARACTERÍSTICAS DAS SÉRIES DE OBSERVAÇÃO DE PRECIPITAÇÃO DIÁRIA. ....	60
TABELA III. PARÂMETROS GENÉTICOS DA VARIEDADE DE ARROZ NO MODELO DSSAT .....	71
TABELA IV. DADOS OBSERVADOS DA PRODUÇÃO E DURAÇÃO DO CICLO VEGETATIVO DAS VARIEDADES CAUBLAK E EDJUR .....	72
TABELA V. ÍNDICES DE TEMPERATURA DO AR UTILIZADOS NESTE ESTUDO. TX SIGNIFICA TEMPERATURA MÁXIMA; TN É A TEMPERATURA MÍNIMA.....	75
TABELA VI. ÍNDICES DE PRECIPITAÇÃO UTILIZADOS NESTE ESTUDO.....	75
TABELA VII. PARÂMETROS CLIMÁTICOS CALCULADOS A PARTIR DOS DADOS DIÁRIOS.....	83
TABELA VIII. RESUMO DOS DIFERENTES MODELOS ESCOLHIDOS COM BASE NOS CRITÉRIOS DO AGMIP PARA A PROJEÇÃO CLIMÁTICA FUTURA EM DIFERENTES CENÁRIOS E LOCALIDADE .....	87
TABELA IX. DIFERENTES FERRAMENTAS E PROGRAMAS INFORMÁTICOS USADOS DURANTE A ELABORAÇÃO DESTES TRABALHOS. ....	89
TABELA X. PARÂMETROS ESTATÍSTICOS DA PRECIPITAÇÃO TOTAL ANUAL, NO PERÍODO 1960-2020.....	93
TABELA XI. PARÂMETROS ESTATÍSTICOS DAS PRECIPITAÇÕES MENSAS, NO PERÍODO 1960-2020, NA ESTAÇÃO DE BISSAU/OBSERVATÓRIO .....	98
TABELA XII. PARÂMETROS ESTATÍSTICOS DAS PRECIPITAÇÕES MENSAS, NO PERÍODO 1960-2020, NA ESTAÇÃO DE BOLAMA.....	99
TABELA XIII. PARÂMETROS ESTATÍSTICOS DAS PRECIPITAÇÕES MENSAS, NO PERÍODO 1960-2020, NA ESTAÇÃO DE BAFATÁ. ....	100
TABELA XIV. TENDÊNCIAS ESTIMADAS (POR DÉCADA) DA PRECIPITAÇÃO TOTAL MENSAL, PARA AS TRÊS ESTAÇÕES ESTUDADAS, NO PERÍODO DE 1960 A 2020 .....	103
TABELA XV. TENDÊNCIAS ESTIMADAS (POR DÉCADA) DOS ÍNDICES DE PRECIPITAÇÃO, PARA AS TRÊS ESTAÇÕES ESTUDADAS, NO PERÍODO DE 1981 A 2020. ....	104
TABELA XVI. PARÂMETROS ESTATÍSTICOS DAS TEMPERATURAS MÁXIMAS E MÍNIMAS MENSAS, NO PERÍODO 1981-2020, NA ESTAÇÃO DE BISSAU/OBSERVATÓRIO .....	107
TABELA XVII. PARÂMETROS ESTATÍSTICOS DAS TEMPERATURAS MÁXIMAS E MÍNIMAS MENSAS, NO PERÍODO 1981-2020, NA ESTAÇÃO DE BOLAMA.....	109
TABELA XVIII. PARÂMETROS ESTATÍSTICOS DAS TEMPERATURAS MÁXIMAS E MÍNIMAS MENSAS, NO PERÍODO 1981-2020, NA ESTAÇÃO DE BAFATÁ .....	110
TABELA XIX. RESUMO DAS TENDÊNCIAS DOS ÍNDICES DE TEMPERATURA PARA O PERÍODO 1960-2020. TX: MÉDIA MENSAL DA TEMPERATURA MÁXIMA; TN: MÉDIA MENSAL DA TEMPERATURA MÍNIMA.....	111
TABELA XX. RESUMO DAS TENDÊNCIAS DOS ÍNDICES DIÁRIOS DE TEMPERATURA PARA O PERÍODO 1981-2020. ..	112
TABELA XXI. CARACTERIZAÇÃO DO INÍCIO DA ESTAÇÃO CHUVOSA EM DIFERENTES LOCALIDADES DA GUINÉ-BISSAU, NO PERÍODO 1981-2020. ....	126
TABELA XXII. CARACTERIZAÇÃO DO FIM DA ESTAÇÃO CHUVOSA EM DIFERENTES LOCALIDADES DA GUINÉ-BISSAU, NO PERÍODO 1981-2020.....	126
TABELA XXIII. CARACTERIZAÇÃO DA DURAÇÃO DA ESTAÇÃO CHUVOSA NAS DIFERENTES LOCALIDADES DA GUINÉ-BISSAU, NO PERÍODO 1981-2020. ....	127
TABELA XXIV. TENDÊNCIAS ESTIMADAS (DIAS/DÉCADA) DA DATA DE INÍCIO, DATA DE FIM E DURAÇÃO DA ESTAÇÃO CHUVOSA EM DIFERENTES LOCAIS DA GUINÉ-BISSAU, NO PERÍODO 1981-2020. ....	129
TABELA XXV. IDENTIFICAÇÃO DE ANOS COM REGISTO DE FALSOS INÍCIOS DA ESTAÇÃO CHUVOSA (FIAC) NA GUINÉ-BISSAU (1981-2020).....	131
TABELA XXVI. PROBABILIDADES (EMPÍRICAS) DE OCORRÊNCIA DE PERÍODOS SECOS, A PARTIR DA 1 DE MAIO, 1 DE JUNHO E 1 DE JULHO.....	135
TABELA XXVII. PERÍODOS SECOS MAIS LONGOS NOS MESES DE JUNHO E JULHO, NA GUINÉ-BISSAU (PERÍODO 1981-2020). ....	136

TABELA XXVIII. CALENDÁRIO AGRÍCOLA PARA DIFERENTES ATIVIDADES DURANTE ÉPOCA DA CHUVA .....	140
TABELA XXIX. COMPARAÇÃO DE VÁRIOS PARÂMETROS PLUVIOMÉTRICOS COM A MÉDIA CORRESPONDENTE DO PERÍODO CLIMATOLÓGICO (1981-2020) NA GUINÉ-BISSAU. OS VALORES ACIMA DO NORMAL ESTÃO INDICADOS A NEGRITO. ....	141
TABELA XXX. NÚMERO TOTAL DE PESSOAS DESLOCADAS POR REGIÃO DEVIDO A VENTOS FORTES E INUNDAÇÕES. ....	150
TABELA XXXI. NÚMERO DE CASAS COMPLETAMENTE E PARCIALMENTE DESTRUÍDAS, POR REGIÃO, DEVIDO A VENTOS FORTES E INUNDAÇÕES. FONTE: SERVIÇO NACIONAL DE PROTEÇÃO CIVIL, GUINÉ-BISSAU. ....	151
TABELA XXXII. CARACTERÍSTICAS DOS AGREGADOS ENTREVISTADOS EM DIFERENTES TABANCAS DE ESTUDO.....	162
TABELA XXXIII. SINAIS INDICATIVOS DO INÍCIO E FIM DA ESTAÇÃO CHUVOSA .....	163
TABELA XXXIV. CONHECIMENTO DOS SINAIS INDICATIVOS DE UMA BOA ÉPOCA CHUVOSA EM PERCENTAGEM .....	164
TABELA XXXV. MESES DE INÍCIO DA ESTAÇÃO CHUVOSA NO PASSADO E NO PRESENTE, REFERIDOS PELOS CAMPONESES INQUIRIDOS. ....	165
TABELA XXXVI. MESES DE FIM DA ESTAÇÃO CHUVOSA NO PASSADO E NO PRESENTE, REFERIDOS PELOS CAMPONESES INQUIRIDOS. ....	166
TABELA XXXVII. CLASSIFICAÇÃO DOS CAMPONESES A RESPEITO EVOLUÇÃO DAS TEMPERATURAS DIURNAS E NOTURNAS (% DE RESPOSTAS). ....	166
TABELA XXXVIII. CLASSIFICAÇÃO DA INFLUÊNCIA DOS RISCOS CLIMÁTICOS NA CULTURA DO ARROZ DE MANGAL (% DE RESPOSTAS) .....	169
TABELA XXXIX. VARIEDADES DE ARROZ PRODUZIDO NAS DIFERENTES TABANCAS COM DIFERENTES TIPOS DE CICLO. ....	170
TABELA XL. OPÇÕES DE PREFERÊNCIA DOS AGRICULTORES PELOS TIPOS DE VARIEDADES CULTIVADAS NAS DIFERENTES TABANCAS.....	171
TABELA XLI. EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DO ARROZ E DA SUPERFÍCIE CULTIVADA NO PASSADO E ATUAL .....	171
TABELA XLII. COBERTURA ALIMENTAR DO CULTIVO DE ARROZ DE MANGAL, EM NÚMERO DE MESES POR O ANO, NAS DIFERENTES TABANCAS.....	172
TABELA XLIII. OUTRAS ATIVIDADES SUPLEMENTARES E GERADORAS DE RENDIMENTO PARA O SUSTENTO ALIMENTAR DO AGREGADO. ....	173
TABELA XLIV. VALORES ESTATÍSTICOS MÉDIOS, DESVIO PADRÃO E EXTREMOS MENSIS DE PRECIPITAÇÃO, TEMPERATURA, RADIAÇÃO SOLAR E HUMIDADE RELATIVA (PERÍODO 2022-2024) NAS TRÊS ÁREAS DE ESTUDO. ....	182
TABELA XLV. NÚMERO DE DIAS DE PRECIPITAÇÃO IGUAL OU SUPERIOR A DIFERENTES LIMIARES DO PERÍODO 2021-2023 .....	200
TABELA XLVI. PRECIPITAÇÕES MÁXIMAS PARA DURAÇÕES DE 1, 3 E 5 DIAS CONSECUTIVOS, NOS MESES MAIS CHUVOSOS (JULHO, AGOSTO E SETEMBRO), NO PERÍODO DE 2021 A 2024 .....	211
TABELA XLVII. DURAÇÃO (DIAS) DA SEQUÊNCIA SECA MAIS LONGA EM JUNHO, JULHO, AGOSTO E SETEMBRO (2022–2024) .....	213
TABELA XLVIII. RADIAÇÃO SOLAR DURANTE O PERÍODO DE FLORAÇÃO DO ARROZ EM MJ/M <sup>2</sup> /MÊS.....	214
TABELA XLIX. ACUMULAÇÃO TÉRMICA DE CRESCIMENTO DO ARROZ (GDD, °C)NO PERÍODO 2022- 2024 .....	215
TABELA L. NÚMERO DE DIAS COM TEMPERATURA MÁXIMA ≥ 35°C AO LONGO DA ÉPOCA DO DESENVOLVIMENTO DO ARROZ .....	217
TABELA LI. Nº DE DIAS C/ RAJADAS MÁXIMAS DE VENTO > 8M/S.....	218
TABELA LII. COMPARAÇÃO DOS DADOS DE RENDIMENTO DE PRODUÇÃO DE ARROZ DE DUAS VARIEDADES EM COMPARAÇÃO COM OS DADOS SIMULADOS PELO MODELO DSSAT CERES-RICE .....	228
TABELA LIII. RESUMO DA EVOLUÇÃO FUTURA DA DURAÇÃO DO CICLO VEGETATIVO DO ARROZ EM DIFERENTES CENÁRIOS E HORIZONTES TEMPORAIS .....	238
TABELA LIV. RESUMO DA EVOLUÇÃO FUTURA DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA EM DIFERENTES CENÁRIOS E HORIZONTES TEMPORAIS .....	244



## PARTE I

### CONTEXTUALIZAÇÃO, ESTADO DA ARTE E ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO

#### INTRODUÇÃO

Garantir a segurança alimentar global e erradicar a fome e a subnutrição, são desafios atuais que a comunidade internacional enfrenta (Baryshnikova et al., 2022). Apesar das diversas medidas adotadas para aliviar o problema da fome mundial, a insegurança alimentar e a subnutrição continuam a ser problemas graves em muitos países (Pawlak & Kotodziejczak, 2020). Além disso, a humanidade enfrenta os impactos desproporcionais das alterações climáticas e da degradação ambiental sobre os recursos naturais (Hayford et al., 2021).

O arroz desempenha um papel importante na segurança alimentar e nutricional. Cultivado anualmente em mais de 164 milhões de hectares de terra, em mais de 100 países, é consumido por mais de metade da população mundial (Rezvi et al., 2023). O seu cultivo é feito em diferentes contextos de plantio em todo o mundo, incluindo planaltos, pântanos de água doce e áreas costeiras de mangais influenciadas pelas marés, onde as condições biofísicas e edáficas são propícias. Os países costeiros da África Ocidental, que se estendem da Gâmbia à Serra Leoa, possuem um sistema específico de produção de arroz ligado aos mangais, que é fundamental para garantir a segurança alimentar das populações locais (MAVA et al., 2009). Os mangais são vitais para a subsistência das populações costeiras, tanto pelos serviços de ecossistema que prestam, como pela sua contribuição para a produção de arroz (FAO, 2009). Na Guiné-Bissau, é o sistema de produção de arroz mais extensivo do país (Tesio et al., 2021).

A elaboração da presente tese focada na caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau e sua influência na produção de arroz de mangal integra-se nas atividades de investigação do projeto "*Malmon - Mangais, arroz de mangal e populações: melhorar de forma sustentável a produção de arroz, os ecossistemas e os modos de vida*", suportado pelo programa DeSIRA [Development Smart Innovation through Research in Agriculture, FOOD/2019/412-700, DeSIRA\_GB (<https://www.malmon-desira.com>)], da União Europeia. Este projeto tem como objetivo geral aumentar a produtividade e estabilizar a produção interanual de arroz de mangal, bem como melhor compreender os fatores impulsionadores e a dinâmica complexa de mudança do ecossistema de mangal. Outro objetivo geral do projeto é ajudar os atores locais a melhorar a sua compreensão das mudanças e a desenvolver soluções inovadoras. As inovações responderão a ameaças

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

emanadas de alterações climáticas e transformações socioeconómicas, maximizando o impacto imediato e de longo prazo dos investimentos nacionais e internacionais através da criação de sinergias com projetos/programas passados e em curso.

A equipa do Malmon foi constituída por 2 Universidades (Universidade de Lisboa, Portugal e Universidade de Wageningen – WUR, Países Baixos), 4 instituições [Instituto Superior de Agronomia-ISA, WUR, Institut de Recherche pour le Développement-IRD (França) e Instituto de Geografia e Ordenamento do Território-IGOT], 30 jovens agricultores-pesquisadores e 10 agricultores idosos especializados em construção de diques e represas, 20 estudantes de licenciatura (do Departamento de Ciências Ambientais da Universidade Lusófona Guiné-Bissau), 3 de mestrado, 10 de doutoramento com diferentes temáticas de pesquisa, 3 de pós-doutoramento e 19 investigadores seniores/professores. O projeto teve como parceiros na Guiné-Bissau, o projeto de cooperação da União Europeia Ianda Guiné Arruz (<https://iandaguine.org/acoes/arrus/>), as Organizações Não Governamentais (ONGs) LVIA (<https://lvia.it/paesiguinea-bissau/>) e Univers Sel (<https://universsel.org/>), entidades que têm tido um importante papel na implementação de medidas de adaptação na cultura do arroz de mangal, como a gestão da água ao nível das parcelas e a aquisição de variedades mais produtivas para os agricultores. Estas iniciativas são fundamentais na luta contínua contra a insegurança alimentar e na promoção da autossuficiência alimentar.

O programa de atividades do Malmon estende-se por diferentes tópicos de investigação, nomeadamente: conhecimento local sistematizado das práticas agrícolas nos diferentes grupos étnicos e regiões costeiras; coleta de germoplasma de amostras das variedades de arroz mais valorizadas pelos agricultores; estudo das características nutricionais e organolépticas de variedades selecionadas de arroz; identificação das pragas e doenças atuais do arroz e desenvolvimento de técnicas integradas de gestão de pragas; caracterização de solos sulfatado-ácidos e melhoria da fertilidade do solo; ensaios participativos nos campos de experimentação dos agricultores; identificação de práticas e restrições de gestão de água; estudo das condições de hidrologia e criação de sistemas simples de alerta precoce para o comportamento das marés, entre outros.

A investigação que dá corpo a este trabalho visa contribuir para a melhoria do conhecimento das condições agroclimatológicas para a produção de arroz de mangal em diferentes zonas agroecológicas da Guiné-Bissau, auxiliando os agricultores na seleção das variedades mais adaptadas em cada área de produção. Além disso, este

conhecimento pode fornecer subsídios para a formulação de políticas agrícolas mais eficazes e para o desenvolvimento de práticas agrícolas adaptativas, essenciais para assegurar a continuidade da produção e a segurança alimentar da população guineense. A adoção de estratégias de adaptação por parte dos camponeses face aos riscos climáticos é fundamental para mitigar os impactos das alterações climáticas promovendo, assim, a sustentabilidade da produção agrícola nas áreas de mangal. Estas estratégias assumem uma importância crítica na Guiné-Bissau, pois não só contribuem para o desenvolvimento sustentável, como desempenham também um papel crucial na luta contra a insegurança alimentar. Exposto o desígnio científico geral desta investigação, concretizam-se, em seguida os seus objetivos:

***Objetivo global***

- Contribuir para o aumento da produtividade e estabilização da produção anual de arroz de mangal, condições essenciais para reduzir as necessidades de importação de arroz e para a erradicação da pobreza e da fome na Guiné-Bissau.

***Objetivos específicos***

- Conhecer as características agroclimáticas das regiões de estudo através de exploração das séries de dados climáticos de longa duração disponíveis;
- Analisar as tendências evolutivas da temperatura do ar e da precipitação, incluindo as tendências recentes do comportamento da estação chuvosa;
- Conhecer as características agroclimáticas locais em áreas de cultivo de arroz de mangal, através da implementação de uma rede de observação meteorológica (período de monitorização 2021-2024);
- Conhecer os sistemas de produção orizícola dos camponeses e as condições que impactam o sistema de produção de arroz de mangal;
- Propor um calendário cultural da produção de arroz de mangal baseado nas condições agroclimáticas avaliadas;
- Modelizar a produção futura do arroz de mangal baseada em cenários climáticos futuros.

O plano de investigação concebido para alcançar os referidos objetivos teve em quatro questões de pesquisa/hipóteses, assim formuladas:

- 1. A evolução recente das condições climáticas na Guiné-Bissau tem vindo a afetar a produção de arroz de mangal.*

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

A orizicultura de mangal assume uma grande importância para a segurança alimentar no país, visto que o arroz é a cultura agrícola mais importante (Kyle, 2015) e a base da dieta alimentar da população guineense, com um consumo anual estimado de 129,9kg/habitante, representando 48% da energia alimentar disponível (FAO, 2023). Desta forma, é essencial conhecer a evolução das condições climáticas no território guineense e avaliar possíveis tendências que possam representar constrangimentos naturais à obtenção de boas colheitas deste cereal, desencadeando um quadro de produções insuficientes e insegurança alimentar. Nos últimos anos, há evidências de que esta evolução das condições agroclimáticas se esteja a manifestar por chegadas mais tardias e finais precoces da estação chuvosa (Mendes, 2017), o que poderia estar na origem de uma redução da produtividade do arroz de mangal nas diferentes áreas de produção. A análise estatística das séries climatológicas disponíveis (Bissau, Bafatá, Bolama) no período 1981-2020 permitirá testar esta hipótese de investigação.

### *2. Existem diferenças relevantes nas características climáticas das diferentes regiões e locais de produção do arroz de mangal na Guiné-Bissau.*

As condições agroclimáticas nas diferentes regiões de produção do arroz de mangal na Guiné-Bissau são variáveis e os seus efeitos na produção diferem de uma localidade para outra. Neste sentido, a monitorização das condições climáticas (em especial associadas à radiação solar, temperatura, precipitação e balanço hídrico) nestas diferentes localidades abrangidas no projeto poderão trazer evidências sobre as principais causas de variação das produções, tendo em consideração as condições físicas e agroclimáticas específicas de cada local. Um melhor conhecimento das condições agroclimáticas específicas de cada localidade permitirá auxiliar os camponeses nas tomadas de decisões relativamente às suas práticas agrícolas.

### *3. As alterações climáticas esperadas para meados do século ameaçam afetar a produção orizícola na Guiné-Bissau.*

O conhecimento dos cenários climáticos futuros pode contribuir na formulação de estratégias de adaptação na fileira da cultura do arroz de mangal, antecipando possíveis impactos da nova realidade climática, visando manter os níveis de produção aceitáveis e garantir a autossuficiência alimentar dos camponeses. Apesar da considerável incerteza das projeções do CORDEX Africa para este contexto regional, sobretudo no que concerne

à precipitação, pretende-se explorar e analisar os indicadores bioclimáticos relevantes para a cultura do arroz estimados com base nas cenarizações de diferentes modelos, permitindo confirmar ou consolidar os resultados obtidos recentemente por outros autores, nomeadamente, Diatta et al. (2021).

#### *4. O atual sistema de produção orizícola é resiliente às alterações climáticas*

A agricultura de sequeiro representa o maior setor económico, e é altamente vulnerável à variabilidade e alterações climáticas, caracterizadas pelo aumento robusto da temperatura e alterações nos padrões da precipitação (Guan et al., 2014; Roudier et al., 2011; USAID, 2018), com consequências potenciais de quebra de produção agrícola e insegurança alimentar. Problemas no cumprimento de calendário das atividades agrícolas têm sido gerados, por vezes, por episódios de chuvas intensas e de seca durante os períodos de desenvolvimento da cultura de arroz, causando más campanhas de colheitas. A esta situação, acrescem os problemas causados por fenómenos de degradação do solo e pela invasão de águas salgada nas *bolanhas\**, em parte devido a carências de mão de obra para proceder à manutenção dos diques de proteção. A realização de inquéritos aos camponeses deverá permitir um melhor conhecimento destes problemas e avaliar a resiliência dos sistemas de produção orizícola nas áreas estudadas.

#### ***Estruturação da tese***

O plano de investigação organiza-se em três partes, compreendendo um total de oito capítulos, e termina com uma conclusão. A estruturação e sequência de conteúdos é sucintamente apresentada em seguida.

PARTE I. *Contextualização, estado da arte e enquadramento geográfico.*

Capítulo 1: *Revisão de literatura sobre clima, alterações climáticas e a cultura do arroz.* O primeiro capítulo consiste numa revisão de literatura, procedendo-se ao enquadramento teórico dos principais conceitos relacionados com as alterações climáticas e a cultura do arroz. Neste capítulo são explorados os conceitos fundamentais relacionados com clima e variabilidade climática, bem como as causas e consequências das alterações climáticas.

---

\*Bolanha (crioulo da Guiné-Bissau) é um terreno pantanoso e fértil, usado especialmente para o cultivo de arroz

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

Além disso, são abordados o ciclo vegetativo das principais espécies de arroz (*Oryza glaberrima* e *Oryza sativa* L.), as condições climáticas ideais para esta cultura, e os tipos de solo e sistemas utilizados no seu cultivo.

Capítulo 2. *O território de estudo*. Neste capítulo são abordados os aspetos geográficos gerais da Guiné-Bissau e das regiões que fazem parte do seu território, abrangendo temáticas como a organização administrativa e a população, o quadro biofísico e os tipos de clima à escala regional, a rede hidrográfica, os tipos de solos predominantes, as principais áreas protegidas e os sistemas de produção da cultura do arroz.

### PARTE II. *Materiais e métodos*.

Capítulo 3. *Dados explorados e instrumentação utilizada na investigação*. Neste capítulo foram caracterizados os diversos tipos de dados explorados nos diferentes capítulos da tese, nomeadamente os dados climáticos da rede meteorológica nacional da Guiné-Bissau, os dados climáticos com origem na rede meteorológica de monitorização instalada no âmbito projeto Malmon, bases dados climáticos interpolados em grelha regular (ex. CHIRPS - Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data), dados de NASA POWER (Prediction of Worldwide Energy Resources), Dados CRU TS (Climatic Research Unit Time-Series) e dados dos modelos CMIP5 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 5) CMIP5.

Capítulo 4. *Metodologias e ferramentas de cálculo e modelação espacial*. No capítulo da metodologia avaliamos a qualidade das séries de dados, procedemos, os cálculos de parâmetros e índices climatológicos, assim como a determinação de datas de início e fim da estação chuvosa, análise de tendências e a modelação de produção futura do arroz pelo modelo DSSAT.

### PARTE III. *Resultados*.

Capítulo 5. *Tendências climáticas recentes na África Ocidental e na Guiné-Bissau*. Neste capítulo será investigada a evolução recente dos parâmetros da temperatura do ar e da precipitação na região da Guiné-Bissau, enquadrando essa evolução no contexto regional da África Ocidental. Será dado particular destaque ao comportamento da estação chuvosa, analisando como esta evoluiu nas últimas décadas, permitindo obter evidências de como as tendências climáticas estão a afetar as atividades agrícolas no país, nomeadamente a cultura do arroz de mangal.

Capítulo 6. *O conhecimento empírico dos agricultores sobre as alterações ambientais na Guiné-Bissau.* Este capítulo é baseado num inquérito levado a cabo em aldeias (*tabancas*) nas regiões de estudo do projeto Malmon. Os inquéritos no terreno foram efetuados aos agricultores de idade adulta, envolvidos no cultivo de arroz de mangal, e visou obter evidências a respeito do conhecimento e perceções dos agricultores do sistema de *bolanha\** salgada relativamente à variabilidade climática, ao impacto das alterações climáticas na produção orizícola e outras atividades socioeconómicas, assim como relativamente às estratégias locais de adaptação face às condições climáticas atuais.

Capítulo 7. *As condições climáticas atuais nas regiões costeiras e a sua influência na produção orizícola.* Centra-se no estudo das condições climáticas atuais nas regiões costeiras da Guiné-Bissau através da exploração de dados provenientes de uma rede de monitorização meteorológica instalada no âmbito do projeto Malmon e focada em três importantes regiões de produção orizícola do país. Dada a escassez de locais de observação meteorológica no território, esta informação proporciona um conhecimento mais detalhado sobre as características e contrastes climáticos locais nas áreas de produção orizícola das regiões costeiras da Guiné-Bissau.

Capítulo 8. *As condições climáticas futuras e seus efeitos potenciais na cultura do arroz na Guiné-Bissau.* Neste capítulo apresenta-se um exercício de modelação da produção futura do arroz de mangal na Guiné-Bissau, utilizando dados dos modelos globais CMIP5 (Gérardeaux et al., 2021; Hurrell et al., 2011; Taylor et al., 2012), através do protocolo do AgMIP (Agricultural Model Intercomparison and Improvement Project), (Rosenzweig et al., 2016) e aplicando o modelo DSSAT (*Decision Support System for Agrotechnology Transfer*, DSSAT-CERES rice). O DSSAT é um modelo de simulação de crescimento e desenvolvimento de cultivo baseado na fisiologia (Alejo, 2021; Goswami & Dutta, 2020; Kabir, 2015; Kumar et al., 2019; Vysakh et al., 2016) que permite prever a produtividade em função da dinâmica solo-planta-atmosfera.

*Conclusão geral.* Na conclusão serão destacados os principais resultados da pesquisa, articulando-os com as questões de investigação colocadas e os objetivos definidos. Espera-se que os resultados de investigação forneçam nova informação sobre o clima atual e futura da Guiné-Bissau e tragam elementos válidos para a tomada de decisões pelos agricultores nas suas atividades agrícolas, visando maximizar as produções do arroz de mangal.



## CAPÍTULO 1. CLIMA, ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS E A CULTURA DO ARROZ

### 1.1. Conceitos de Clima e de Alterações Climáticas

#### 1.1.1. Clima

O termo "Clima" deriva da palavra grega "Klima", que significa "inclinação", ou latitude, remetendo para a distribuição desigual de energia solar na superfície terrestre (Beaugrand, 2015). O Sol, enquanto principal fonte energética do sistema terrestre, emite radiação cuja distribuição sobre a superfície do planeta é heterogênea devido à sua esfericidade e à inclinação axial, condicionando assim a formação de distintas zonas e regimes climáticos (Hoyt & Schatten, 1997; Silva, 2012). Fatores como a latitude, que define o ângulo solar zenital, o albedo e a cobertura do solo, influenciam essa distribuição desigual de energia solar na superfície terrestre (Beaugrand, 2015). Adicionalmente, a distribuição de continentes, oceanos e cadeias montanhosas também desempenham um papel importante na diversidade climática (Christofolletti, 1998), enquanto o sistema climático, que inclui a atmosfera e outros componentes, é afetado por vários mecanismos de forçamento externo, como alterações na atividade solar ou o vulcanismo (IPCC, 2001).

De acordo com o glossário do Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas (IPCC, 2013), o clima é geralmente definido como o tempo médio ou uma descrição estatística baseada nas médias e na variabilidade dos parâmetros climáticos ao longo de um período que pode variar de alguns meses a milhares ou até milhões de anos. A Organização Meteorológica Mundial (OMM) adotou um período convencional de 30 anos como padrão para caracterizar o clima de um determinado local, baseado nos valores médios de distintos elementos do clima. Os elementos climáticos mais comuns são temperatura, precipitação, humidade relativa, insolação, vento e pressão atmosférica, sendo estes que determinam o tipo de clima através dos seus valores médios, incluindo a sua descrição estatística (Morales, 2022). Numa outra definição, incluída no glossário sobre adaptação às alterações climáticas (APDA, 2019), o clima corresponde às condições meteorológicas normais, podendo ser descrito estatisticamente pelos valores médios, extremos e pela sua variabilidade ao longo de um determinado período.

#### 1.1.2. Variabilidade climática

O painel intergovernamental sobre as alterações climáticas (IPCC, 2007, 2022), define a variabilidade climática como o conjunto dos desvios ou variações estatísticas das variáveis climáticas em relação a um dado estado médio (médias, desvio padrão, ocorrência de extremos, etc.) nas diversas escalas espaciais e temporais, para além dos

eventos climáticos individuais (IPCC, 2007). A variabilidade do clima pode ser analisada em relação a distintos períodos de tempo, que poderão ir de décadas a milhões de anos (Andrade & Basch, 2012). No que diz respeito às suas causas, a variabilidade climática pode resultar de processos naturais internos ao sistema climático (variabilidade interna) ou de variações em forçamentos externos - naturais ou antropogênicos (variabilidade externa) (IPCC, 2007, 2022).

### 1.1.3. Alterações climáticas, causas e consequências

De acordo com o glossário do IPCC (GIEC, 2013), as alterações climáticas referem-se a alterações no estado do clima que podem ser identificadas, por exemplo, através de testes estatísticos, por variações na média ou na variabilidade das suas características, as quais persistem por um longo período, geralmente por décadas ou mais. Estas alterações podem resultar de processos naturais internos ou de forçamentos externos, como variações nos ciclos solares, erupções vulcânicas, ou alterações antropogênicas persistentes na composição da atmosfera ou no uso do solo.

Por sua vez a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre as Alterações Climáticas (UNFCCC, sigla inglesa), no seu artigo 1.º, define as alterações climáticas como mudanças atribuídas direta ou indiretamente à atividade humana que altera a composição da atmosfera para além da variabilidade climática natural observada em períodos comparáveis. A UNFCCC, portanto, faz uma distinção entre alterações climáticas atribuíveis às atividades humanas, que alteram a composição da atmosfera, e a variabilidade climática atribuível a causas naturais.

As causas das alterações climáticas são bem evidenciadas no sexto relatório do IPCC, 2022, no qual consta que o aumento de concentrações de gases de efeito estufa (GEE), dominados por CO<sub>2</sub> e metano (CH<sub>4</sub>) resultantes das atividades humanas, são a sua principal explicação, pelas implicações da modificação da composição da atmosfera (Adger & Pulhin, 2014; Church, Gregory, et al., 2013; IPCC, 2014; Roka, 2020). A utilização de combustíveis fósseis nas indústrias e transportes, na agricultura e na pecuária, a má gestão dos resíduos sólidos, e as desflorestações têm contribuído muito para um aquecimento da temperatura global junto à superfície de 1,1°C em 2011–2020 acima dos valores observados de 1850–1900, com um aumento mais pronunciado na superfície terrestre (1,59°C) em comparação ao oceano (0,88°C) (IPCC, 2022)

Além das causas antrópicas, também processos naturais podem ser responsáveis por alterações climáticas, tais como períodos de intensa atividade vulcânica, alterações

na radiação emitida pelo Sol, variações na órbita terrestre e na inclinação do eixo da Terra (Morales, 2022; Moreira & Ramos, 2016; Silva & Paula, 2015). O forçamento radiativo interno, resultante de interações entre os componentes do sistema climático, como o fenómeno El Niño-Oscilação Sul (ENSO), também desempenha um papel importante (IPCC, 2001) na variabilidade e alterações do clima.

Pesquisas recentes indicam que o aumento de CO<sub>2</sub> atmosférico, além de contribuir negativamente para o aquecimento global, provoca alterações na composição fisiológica como na ecologia das plantas, com efeitos em cadeia. A combinação do aumento das temperaturas médias e extremas com as alterações no regime de precipitação, deverão trazer impactos negativos à produção agrícola (Iizumi et al., 2018; Jägermeyr et al., 2021). A esterilidade das flores induzida pelo calor devido ao aumento de temperatura, é uma das causas da quebra de produção agrícola, além dos efeitos desse fenómeno no encurtamento do ciclo vegetativo e no desenvolvimento das plantas (van Oort & Zwart, 2018).

Outras consequências ambientais causadas pela emissão de GEE proveniente da queima de combustíveis fósseis são as chuvas ácidas resultantes das combinações de óxidos de enxofre e nitrogénio na atmosfera, constituindo um fenómeno altamente prejudicial ao ambiente e com efeitos nocivos na saúde humana (Christofolletti, 1998).

As consequências das alterações climáticas são desproporcionais ao nível global e particularmente severas nos países em desenvolvimento, onde as comunidades pobres são altamente dependentes do uso direto dos recursos naturais locais (Roudier et al., 2011), como no caso de África Ocidental (USAID, 2018) e, em particular, a Guiné-Bissau.

#### 1.1.4. Alterações climáticas globais e seus impactos económicos

As alterações climáticas são já responsáveis por grandes prejuízos económicos ao nível global, em especial nos setores dependentes do clima, como a agricultura, a silvicultura, a pesca, a energia e o turismo, bem como nos meios de subsistência das pessoas, nas infraestruturas, na saúde humana, na segurança alimentar e na equidade social (IPCC, 2023). Segundo o IPCC (2023), o aumento dos eventos extremos meteorológicos e climáticos expôs milhões de pessoas à insegurança alimentar aguda e reduziu a segurança hídrica, com impactos mais severos em muitas regiões e comunidades em África e na Ásia.

O setor agrícola, um dos mais importantes para a economia global e no qual a cultura do arroz desempenha papel significativo, enfrenta grandes desafios devido às alterações

climáticas, que têm impactos visíveis na produção e na segurança alimentar, afetando milhões de pessoas (Adger & Pulhin, 2014; FAO, 2016; Janicot et al., 2015; Rahman et al., 2017). Esta situação impõe um peso adicional aos países em desenvolvimento, que se vêem obrigados a alcançar as metas de segurança alimentar num cenário de rápido crescimento populacional e crescentes necessidades de consumo de alimentos (Sylla et al., 2018).

Em África, os produtores de arroz enfrentam grandes dificuldades nas suas atividades de produção devido à irregularidade das chuvas, que afeta negativamente esta cultura, a qual tem maiores exigências pluviométricas para completar o seu ciclo de desenvolvimento (Ayanlade et al., 2018; Diedhiou et al., 2018; USAID, 2018). Além disso, o calor causado por temperaturas elevadas aumenta a esterilidade das plantas de arroz, assim como o incremento das temperaturas proporcionou a redução da duração do ciclo vegetativo da planta (arroz) e, por consequência, a baixa de produção (van Oort & Zwart, 2018; Yuliawan & Handoko, 2016).

No caso de África Ocidental, uma região já conhecida pelo elevado número de casos de insegurança alimentar grave (FAO, 2018), a agricultura é predominantemente de sequeiro, o que a torna altamente vulnerável à variabilidade e às alterações climáticas, marcadas por mudanças nos padrões de precipitação e pelo aumento significativo da temperatura. Estas condições podem resultar numa redução da produção agrícola da região em até 20% (Guan et al., 2014), comprometendo a segurança alimentar, uma das metas de desenvolvimento prioritárias para os governos nacionais em regiões com insegurança alimentar (Sultan et al., 2019), bem como para as Nações Unidas, conforme o Objetivo 2 dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

A agricultura, a silvicultura e o uso do solo, além de serem impactados pelas alterações climáticas resultantes do aquecimento global, também desempenham um papel significativo nas emissões globais de gases com efeito de estufa, representando cerca de 22% dessas emissões (IPCC, 2023). Destas, 1,5% são originadas pela cultura do arroz, através da emissão de CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O, gases que possuem um elevado potencial de aquecimento global (Chauhan et al., 2017). Para mitigar os impactos climáticos provocados pela contínua emissão de gases com efeito de estufa, os países assinaram o Acordo de Paris, cujo objetivo é reforçar a resposta global à ameaça das alterações climáticas, mantendo o aumento da temperatura média global bem abaixo dos 2°C em relação aos níveis pré-industriais (IPCC, 2023), comprometendo os países signatários a

limitar as emissões de gases com efeito de estufa proveniente de diferentes sectores e à adoção das medidas de adaptação necessárias (FAO, 2016). Embora os países se tenham comprometido a especificar as suas reduções de emissões de gases com efeito de estufa ao longo do tempo, não existe, contudo, um mecanismo para garantir o cumprimento destas promessas (Kotlikoff et al., 2021).

O aumento da frequência de dias e noites quentes, o aumento da intensidade e duração das ondas de calor, bem como a severidade das secas, a degradação dos solos, a perda de biodiversidade e o aparecimento de novas pragas nas culturas, são exemplos de efeitos graves ligados ao aquecimento global (IPCC, 2018; Shukla et al., 2019). Um aquecimento global de 1,5°C, irá proporcionar o aumento dos eventos extremos na maioria das regiões de África e Ásia e se o aumento atingir 2°C ou acima, estas alterações expandem-se para mais regiões o nível mundial (IPCC, 2023), razão pela qual o engajamento de todos os países é indispensável.

## 1.2. O arroz

### 1.2.1. A importância da cultura do arroz

O arroz é uma das culturas de maior importância social e económica no mundo (Fageria et al., 2014; Streck et al., 2006), além de ter um significado cultural importante para alguns povos africanos, onde está frequentemente presente em rituais e cerimónias tradicionais (Linares, 2002; Vido, 2011). O arroz constitui uma fonte de calorías essencial de mais de metade da população mundial que vive nos trópicos, na Ásia, África e América Latina (Kouakou, 2017; Yoshida, 1981). Ele é cultivado na Ásia, Américas, Austrália, Europa e África, através de diversas práticas de produção, e integra as identidades culturais de muitos povos do mundo (Chauhan et al., 2017; Y. Li et al., 2024). A Ásia é o continente com a maior área cultivada de arroz, representando 90% do total mundial, enquanto África, apesar do seu grande potencial em recursos naturais e de ter aumentado a taxa de crescimento da produção agrícola de 1,76% entre 1991 e 2001 para 3,96% entre 2002 e 2013, ainda representa apenas 5% da área global destinada ao cultivo de arroz (Chauhan et al., 2017; Kim et al., 2013).

A África Ocidental é a principal região produtora de arroz em África, representando 60% da produção total do continente. No entanto, a produção precisa de aumentar para satisfazer as crescentes necessidades de consumo, impulsionadas pelo crescimento populacional, urbanização e mudanças nas preferências alimentares. A produção

doméstica, entretanto, não acompanha o ritmo da procura, resultando numa grande dependência de importações para suprir as carências existentes (Fiamohe et al., 2018).

### 1.2.2 O desafio do cultivo do arroz na Guiné-Bissau

No contexto da Guiné-Bissau, um país classificado como de baixo rendimento (WFP, 2022), a agricultura é um pilar fundamental da sua economia (Guinea-Bissau, 2018; Temudo, 2011), representando um terço do seu Produto Interno Bruto (PIB). O arroz, em particular, destaca-se como um dos cereais mais cultivados e consumidos (Chauhan et al., 2017; Medina, 2008).

Entre os diferentes sistemas de cultivo do arroz existente no país, o sistema de arroz de mangal é o mais eficiente e mais produtivo (Medina, 2008; Sousa & Luz, 2018). Este sistema é implementado em áreas sujeitas a inundações e submersas pelas marés, em terrenos anteriormente ocupados por mangais, o que justifica a designação de "arroz de mangal". Nestes terrenos, os mangais desempenham um papel de reduzir a força das ondas, e o nível da água é controlado através de diques de terra compactada, construídos manualmente pelos agricultores (Temudo & Cabral, 2017).

No entanto, o cultivo de arroz de mangal insere-se no sistema de agricultura de sequeiro, que se encontra cada vez mais ameaçada pela irregularidade das chuvas (Diatta et al., 2021; O. Mendes, 2017; O. Mendes et al., 2025; O. Mendes & Fragoso, 2023), bem como pela gestão inadequada da água e da salinidade (Garbanzo et al., 2024). Esses desafios colocam em risco a soberania alimentar da população, que depende diretamente de uma agricultura tradicionalmente intensiva, caracterizada pelo uso de arado manual.

Atualmente, a produção nacional de arroz não é suficiente para satisfazer as necessidades de consumo interno, devido a fatores como as alterações climáticas, a degradação dos diques de proteção, a infiltração de água salgada nas parcelas e a perda de variedades locais, entre outros (Havik et al., 2018; Tesio et al., 2021). Esta situação é particularmente preocupante, considerando que o país era exportador de arroz até ao início dos anos 60, sendo pertinente desenvolver medidas para a promoção da produção de arroz.

O principal desafio deste sistema de cultivo é a luta contínua contra a intrusão de água salgada, a salinidade das parcelas e a presença de solos com sulfato ácido (Chauhan et al., 2017). Esta batalha torna-se cada vez mais difícil com os efeitos do aquecimento global, em particular com a subida do nível do mar, que afeta negativamente esses ambientes socioecológicos.

Outro desafio significativo na cultura do arroz de mangal é a sua limitada mecanização, devido às características específicas do sistema e à escassez de mão-de-obra especializada. O trabalho é realizado quase exclusivamente de forma manual, o que se torna ainda mais problemático diante do crescente êxodo rural dos jovens, que abandonam as áreas rurais em direção às cidades em busca de formação académica e melhores condições de vida (Medina, 2008; Mendes, 2021).

O plano estratégico e operacional Guiné-Bissau 2025, “Terra Ranka”, (Guiné-Bissau, 2015), aponta a agricultura e agroindústria como um dos quatro motores de desenvolvimento do país. Este plano visa estabelecer uma estratégia que favoreça o aumento do valor acrescentado agrícola e agroalimentar, particularmente no sector do caju e restabelecer a autossuficiência em produtos alimentares (arroz, raízes e tubérculos, produtos hortícolas) tornando o país exportador de produtos agrícolas transformados. Este propósito, segundo o plano Terra Ranka, deve respeitar os princípios de preservação da biodiversidade e, ao mesmo tempo, ser assegurado através de uma agricultura sustentável e de desenvolvimento sustentável, pelo acesso a meios de produção modernos capazes de otimizar a qualidade e rendimento (Guiné-Bissau, 2015). O plano pretende alcançar uma produção superior a 500.000 toneladas anuais de arroz e alcançar a autossuficiência alimentar, tornando a Guiné-Bissau num país exportador em 2025, através do desenvolvimento de 54.000 hectares de planícies de sequeiro e de mangais e pela melhoria das práticas de cultivo.

O referido plano, não chegou de ser concretizado devido às sucessivas quedas de governo. Infelizmente, desde a sua independência, o país nunca conheceu um governo que concluísse o seu mandato, sendo substituídos por governos de iniciativas presidenciais, impedindo a implementação de políticas consistentes orientadas para o desenvolvimento social e económico.

Ainda no sector agrícola do país, o Plano Nacional de Investimento Agrícola (PNIA 2ª Geração; (Guiné-Bissau, 2017), defende o desenvolvimento de infraestruturas no mundo rural, o que passa pela reabilitação e aproveitamentos hidroagrícolas destinados à cultura do arroz, bem como pela construção e reabilitação de estruturas e infraestruturas de apoio à produção agrícola, alargamento das áreas de produção do arroz, construção de bancos de cereais de aldeia e reabilitação de 3.500 km pistas rurais para o escoamento dos produtos agrícolas.

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

Para promover uma agricultura sustentável e mais resiliente aos impactos das alterações climáticas, o governo, através do Ministério da Agricultura, responsável pela implementação do Plano Nacional de Investimento Agrícola, planeia adotar técnicas de gestão da água, o uso de sementes melhoradas, e o cumprimento do calendário agrícola adaptado às culturas. Além disso, estão previstas atividades de sensibilização sobre os efeitos adversos das alterações climáticas e a divulgação de boas práticas agrícolas comunitárias com o fim de alcançar uma autossuficiência alimentar. Tendo em vista a política do governo de alcançar a autossuficiência alimentar em arroz e reduzir as importações através do aumento da produção, são adotadas estratégias que incluem a expansão das áreas cultivadas, a melhoria das técnicas de produção e o uso de variedades mais produtivas e adaptadas a diferentes agroecossistemas.

Neste contexto, a intervenção das Organizações Não Governamentais (ONGs), assim como a cooperação regional e internacional, desempenha um papel crucial na luta contínua contra a insegurança alimentar e na promoção da autossuficiência alimentar.

### 1.2.2. A planta do arroz

O arroz é uma planta herbácea que pode ser encontrada em diferentes ambientes agroclimáticos no mundo e o seu valor nutritivo fornece calorias e proteínas ao ser humano (Sweeney & McCouch, 2007). A planta desenvolve-se nas regiões temperadas e tropicais entre 50° de latitude Norte e 40° de latitude Sul. As espécies cultivadas no mundo são *Oryza sativa* L. (arroz de origem asiática) e *Oryza glaberrima* Steud, (arroz de origem africano) IRRI, (2005) citado por Kouakou (2017).

A sua cultura pode ser feita nos planaltos, nas planícies, nas áreas baixas ou *bas-fonds* (água doce), nas áreas submersas de água salgada ou nos mangais.

O seu ciclo completo varia entre 3 a 6 meses desde a germinação até a maturidade, dependendo da variedade e do tipo de ambiente em que é cultivado (IRRI, 2002; Moldenhauer et al., 2002; Yoshida, 1981).

A planta do arroz apresenta três fases que marcam o seu ciclo de desenvolvimento (Moldenhauer et al., 2002), conforme se esquematiza na figura 1.

- Fase vegetativa;
- Fase reprodutiva e;
- Fase de maturação.

A fase vegetativa, começa a partir da germinação das sementes, passando pela emergência de muda, perfilhamento até à iniciação do primórdio floral (emissão da panícula) e esta fase é variável de acordo com tipo de variedade (Moldenhauer et al., 2002). No decorrer desta fase destaca-se o aumento da altura de planta, a ramificação e o surgimento de novas folhas em intervalos regulares (Tomé, 2021; Yoshida, 1981).

A fase reprodutiva, começa a partir da iniciação panicular e termina no florescimento da planta e é caracterizada pelo alongamento dos entrenós, a diferenciação panicular e a emergência de panícula. A sua duração está ligada ao período da maturação do cultivar (Moldenhauer et al., 2002). É uma fase muito sensível às baixas temperaturas, radiação solar e deficiência de água (Moldenhauer et al., 2002; Yoshida, 1981).

A fase de maturação começa no florescimento da planta até a maturação e nela podem destacar-se as seguintes subfases: grau leitoso, pastoso e maturo. As baixas temperaturas nessa fase podem prolongar o período de maturação do arroz (Moldenhauer et al., 2002; Yoshida, 1981).

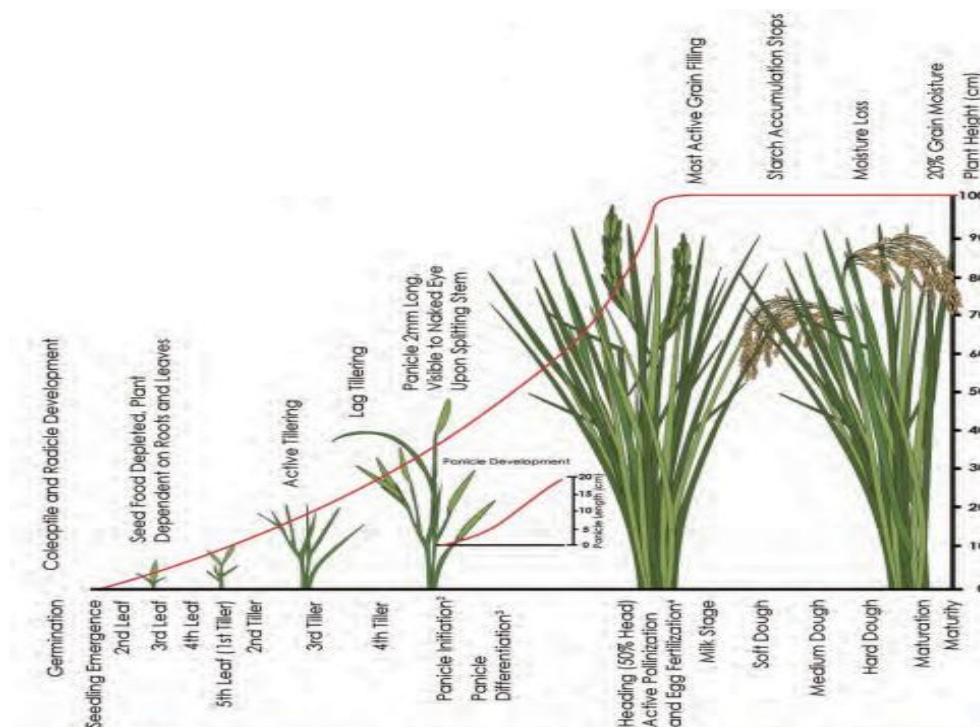


Figura 1. Fases de desenvolvimento da cultura do arroz. Fonte (Moldenhauer et al., 2002)

*Oryza glaberrima*

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

Em África, a agricultura primitiva era associada ao cultivo de arroz africano (*Oryza glaberrima* Steud.), a primeira espécie de África e alguns outros cereais (Cubry et al., 2018).

As evidências botânicas indicam que a espécie cultivada do arroz africano (*Oryza glaberrima* Steud.) é originária de uma espécie selvagem e que foi domesticada posteriormente. Segundo Wang et al (2014), a domesticação da *Oryza glaberrima* ocorreu a partir da *Oryza barthi*, uma espécie de arroz selvagem de África e a sua cultura no continente africano data de há mais de três mil anos atrás, numa região que vai do Senegal à Costa do Marfim, antes da introdução da cultura do arroz asiático em África (Bezançon, 1995) ou muito antes que alguns navegadores Árabes tivessem introduzido o arroz em Madagáscar ou na costa leste africana (Carney & Marin, 1999). Outras fontes de investigação apontam o delta superior do rio Níger como centro de diversidade de *O. glaberrima* (Gardiolo, 2016; Sweeney & McCouch, 2007; Van Andel, 2010) há cerca de 3.500 anos.

Carney, (2001), citando o cronista português Gomes Eanes de Azurara, descreve que décadas antes dos navios europeus chegarem à Índia registou-se a primeira menção europeia ao arroz na África Ocidental e, em 1446, Stevam Alfonso chegou à foz de um grande rio, possivelmente o rio Gâmbia, onde encontrou o cultivo de arroz.

A costa oeste africana que se estende desde a costa atlântica junto ao rio Gâmbia até a Libéria foi conhecida pelos Europeus como Costa do Grão ou do Arroz e durante o tráfico dos escravos pelo Atlântico, os excedentes de arroz produzido nessa região abasteciam os navios de escravos com destino às Américas (Carney, 1996; van Andel, 2010). Para reforçar a ideia sobre a originalidade do arroz africano na Costa Ocidental de África, Duarte Pacheco Pereira, durante as viagens de 1505-1508 descreveu que o arroz era abundante na região da Guiné-Bissau (Carney, 2001).

Segundo Portères (1955), Steudel foi quem primeiro, em 1855, nomeou e descreveu o arroz africano *O. glaberrima* através das amostras vindas da costa da África Ocidental (Guiné Portuguesa), coletadas por E. Jardin entre 1845 e 1848, deixando as seguintes inscrições: “Herbarium Steudel, *Oryza glaberrima* Steud., vulgo: Male”. Tomando em consideração esta descrição de Steudel, podemos chegar à conclusão de que este nome vulgar do arroz “Male”, corresponde ao nome do arroz na etnia Balanta, uma das etnias originárias da Guiné-Bissau.

As características específicas do arroz *O. glaberrima* residem essencialmente na sua lígula oval curta e truncada, no hábito ereto da sua panícula pouco ramificada, bem

como no estado glabro das glumelas, sendo sua importância económica mais relevante na África Ocidental comparativamente às restantes zonas do continente (Lorieux et al., 2000).

A descoberta da nova variedade do arroz *glaberrima* domesticada na África Ocidental por Steudel foi reconhecida pela comunidade científica em meados do século XIX (Carney, 2017) e, a partir do início do século XX, sob o efeito da colonização, assistiu-se à introdução massiva de novas variedades de arroz (*Oryza sativa*) provenientes da Ásia, (Bezançon, 1993).

#### *Oryza sativa* L.

O arroz (*Oryza sativa* L.) é considerado um dos alimentos mais antigos do mundo (Gutaker et al., 2020; Meirelles, 2018) e muitas fontes acreditam que é originário da Indochina, atual Vietname, Camboja e Laos, por aí se encontrar a sua variedade ancestral na natureza (Degiovanni et al., 2017).

A história da domesticação do arroz *Oryza sativa* L. tem sido assunto de um longo debate (Kovach et al., 2007). As evidências genéticas obtidas recentemente fornecem novos conhecimentos sobre essa história complexa. Os estudos genéticos indicaram que a sua domesticação se deu a partir de *O. rufipogon*, no Norte da China e Sul da Ásia, cerca de 8-10 mil anos atrás e que provavelmente deu origem à grande diversidade genética de *O. sativa* (Courtois, 2007; Jacquot et al., 1997; Kovach et al., 2007). A espécie *O. sativa* é subdividida em subespécie índica e japónica (Chauhan et al., 2017; Gutaker et al., 2020), sendo que a subespécie índica foi domesticada a partir de *O. rufipogon*, tendo posteriormente vindo dar origem à subespécie japónica (Chang 1976; Lu et al. 2002), citado por Chauhan et al., (2017). Outras hipóteses apontam que a separação de japónica e índica ocorreu como resultado da adaptação a vários ambientes geográficos e ecológicos de uma única domesticação de *O. rufipogon*.

Cheaney (1974), no seu livro sobre a história do arroz, explica que a propagação do arroz se deu a partir do Sudeste da Ásia e do Sul da Índia para a China há 3.000 anos a.C., e posteriormente, da China para a Coreia e Japão no século I a.C.

Segundo Acevedo et al. (2006), o cultivo do arroz *Oryza sativa* L. começou há quase 10.000 anos em muitas regiões húmidas da Ásia tropical e subtropical e constituiu o alimento básico para mais da metade da população mundial, enquanto outras fontes apontam que a sua cultura terá começado cerca de 3000 anos a.C., sendo o imperador

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

chinês Shen-Nung considerado como o pai da cultura do arroz (Degiovanni et al., 2017). Em reforço da teoria sobre a originalidade do *Oryza sativa* L. na região asiática, foram encontrados restos de arroz no vale de Yang-Tse Kiang na China e que datam de 3000 a 4000 anos a.C. (Angladette, 1969).

No que diz respeito ao seu cultivo em África, esta variedades de arroz asiático foi introduzida no continente através da colonização (Bezançon, 1993; Penot, 2013).

### Taxonomia do arroz

Segundo a nomenclatura botânica (Justina et al., 1981; Raven et al., 1996), o arroz em geral tem a seguinte classificação taxonómica:

Reino: Plantae

Sub-reino: Tracheobionta

Super divisão: Spermatophyta

Divisão: Angiospermae (Magnoliophytina)

Classe: Monocotyledonea (Liliopsida)

Subclasse: Commelinidae

Ordem: Graminales (Poales)

Família: Gramineae (Poaceae)

Subfamília: Panicoideae,

Tribo: Oryzae,

Subtribo: oryzineas,

Género: *Oryza* L.

Espécie: *O. glaberrima* ou *O. sativa*

### Morfologia da planta do arroz

O arroz é uma planta herbácea cujo ciclo tem uma duração que pode variar entre 3 a 6 meses, desde a germinação até a maturidade, dependendo da variedade e do ambiente em que é cultivada (Yoshida & Hasegawa, 1982). Os seus órgãos vegetativos são constituídos por raiz, caule, folhas e órgãos reprodutivos formados essencialmente pelas espiguetas transportadas pela panícula (Kouakou, 2017; Moldenhauer et al., 2002; Yoshida, 1981), como se ilustra na **figura 2**.

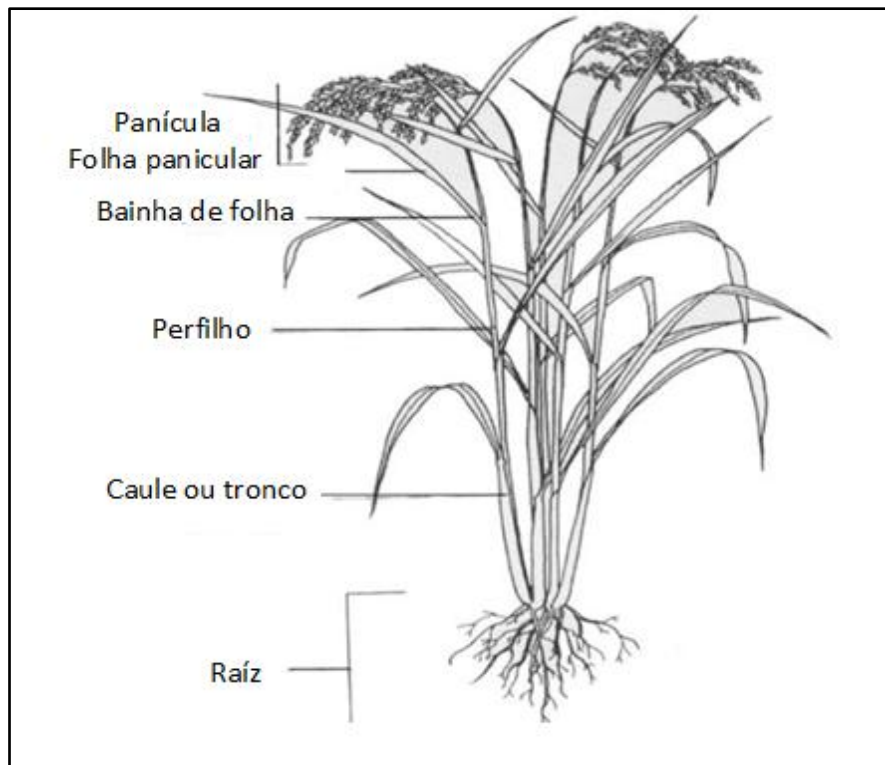


Figura 2. Morfologia da planta do arroz. Fonte: Wopereis et al., (2008).

### *Raízes*

O sistema de raiz nos arrozais é do tipo fasciculada e desempenha as funções de fixação, absorção e armazenamento de água e sais minerais (Kouakou, 2017; Yoshida & Hasegawa, 1982). Ao longo de fases do desenvolvimento do arroz, podemos destacar dois tipos principais de raiz: raízes embrionárias ou primárias (temporárias), originárias da radícula e raízes secundárias ou adventícias (permanentes) (Degiovanni et al., 2017). Em casos de semeaduras profundas ou efeitos dos adubos químicos, podem surgir outros tipos de raízes chamados mesocótilos, que emergem entre o nó de coleótilo e a base de radícula (Guimarães et al., 2003; Yoshida, 1981). As raízes embrionárias atingem um comprimento máximo de 15 cm e não sobrevivem além do estágio de 7 folhas (Yoshida, 1981), enquanto as raízes secundárias compostas por raízes nodais, garantem a autonomia nutricional da planta em relação às reservas do grão germinado e constituem o sistema radicular do arroz. Em cada nó desenvolve cerca de 5 a 25 raízes e ao mesmo tempo começa a emergir o perfilho no mesmo nó (Guimarães et al., 2003; Yoshida, 1981).

### *Caule ou tronco*

O caule da planta de arroz é composto por um colmo principal e um número variável de colmos primários e secundários (Guimarães et al., 2003). Em cada caule, há uma

sequência de nós e entrenós, sendo que em cada nó se desenvolve uma folha e um broto (Degiovanni et al., 2017). Os nós, constituem a área de inserção das folhas no caule e cada um possui um botão que pode ser diferenciado de um caule secundário. Cada entrenó é coberto pela bainha da folha do nó inferior.

O número total de nós no colmo principal corresponde ao número de folhas desenvolvidas no colmo, acrescido de dois, que são os nós do coleóptilo e da panícula (Yoshida, 1981). De acordo com o autor, a resistência da planta de arroz ao vento está relacionada com o tamanho dos entrenós, e o caule é responsável pelo transporte de nutrientes e água. O número de perfilhos depende do tipo da variedade, do sistema de cultivo, do ambiente assim como da densidade das plantas.

### *Folhas*

Uma folha típica de planta do arroz é composta de bainha, lâmina, lígula e aurículas. As folhas desempenham a função de interceptar a radiação solar incidente durante o processo de fotossíntese. O número das folhas varia de 10-18 folhas, de acordo com o ciclo de cultura e são distribuídas alternadamente de um lado e do outro ao longo do caule, constituído por nós e entrenós (Yoshida, 1981). A primeira folha do arroz difere das outras folhas por ser cilíndrica e é denominada prófalo ou folha incompleta e não apresenta lâmina, enquanto a última folha da qual a panícula emerge é chamada de folha panicular bandeira ou folha bandeira (Guimarães et al., 2003). No decurso do desenvolvimento da planta do arroz, à medida que a planta se desenvolve, as folhas de baixo secam-se e caem.

### *Órgãos reprodutores*

Os órgãos reprodutivos do arroz são constituídos por um conjunto de flores hermafroditas agrupadas dentro de uma inflorescência do tipo panícula que emerge da parte terminal do colmo. Segundo Cordeiro (2008), a flor de arroz é constituída por pedicelo, glumelas rudimentares, lema estéril, pistilo, estames e glumelas. O pedicelo é a estrutura de sustentação da flor conecta-a ao restante da planta. O órgão reprodutivo feminino, o pistilo, é composto por ovário, um estilete curto e dois estigmas plumosos, bifurcados e de coloração branca. O órgão reprodutivo masculino, o androceu, é constituído de seis estames, formados cada um, de um filete conectivo, e, na sua extremidade, uma antera, que contém os grãos de pólen. Dependendo da variedade, a panícula apresenta ramificações com número variável de espiguetas pediceladas. A formação do grão de arroz começa com a autofecundação de uma espiguetas. O período de

amadurecimento é caracterizado pelo crescimento do grão (aumento de tamanho e peso), mudanças na cor do grão e senescência das folhas (Yoshida, 1981).

### 1.3. Condicionantes climáticas para a cultura do arroz

O arroz é uma planta de clima quente e húmido e para o seu crescimento necessita de luz solar para o processo de fotossíntese. É uma planta que pode ser cultivada em condições ambientais diferentes, desde planaltos, planícies até mangais, e das altas montanhas até a vales interiores, quer em condições secas como inundadas (Kouakou, 2017). Os principais parâmetros climáticos que mais influenciam o desenvolvimento da planta do arroz (Datta, 1981; Garcés-Varon & Restrepo-Díaz, 2015; Kouakou, 2017; Niang et al., 2017; Vergara, 1984; Yoshida, 1981) são as seguintes:

- ✓ Temperatura do ar;
- ✓ Precipitação e;
- ✓ Luz solar;
- ✓ Vento e;
- ✓ Humidade relativa.

Pode também destacar-se o papel favorável do vento durante o processo de polinização. No entanto, os ventos fortes muitas vezes ressecam as panículas e aumentam a esterilidade das flores e o número de endospermas abortivos (Datta, 1981).

#### 1.3.1 Temperatura do ar

O desenvolvimento da planta do arroz está relacionado com um certo número de graus-dias de crescimento, calculado através da temperatura diária (Stuerz et al., 2020). As altas temperaturas do ar podem influenciar na fisiologia da planta, prejudicando o seu crescimento, desenvolvimento e a produtividade (Datta, 1981). As faixas de temperaturas ideais para o desenvolvimento da cultura do arroz, em geral, variam de 20°C a 35°C.

Cada fase do desenvolvimento do arroz possui uma determinada faixa de temperatura ideal. Para a germinação as temperaturas ótimas variam de 20 a 35°C, já na fase de perfilhamento, as temperaturas ótimas situam-se entre 25 a 31°C, enquanto na fase de floração as ótimas desejadas situam-se entre 30°C a 33°C e para maturação são de 20°C a 25°C (CONAB, 2015; Yoshida, 1981).

As fases mais sensíveis à temperatura são as de prefloração e floração. Também baixas temperaturas na fase de crescimento da planta podem diminuir o crescimento e causar amarelecimento das folhas e a morte da planta e, caso o período de temperaturas

extremas coincida com a maturação, pode causar a esterilidade das espiguetas (Vergara, 1984). Assim, temperaturas do ar acima de 35°C podem provocar o abortamento de flores do arroz e uma alta percentagem de esterilidade de espiguetas (Chauhan et al., 2017; Yoshida, 1981; Zingore et al., 2014). As altas temperaturas provocam a esterilidade no arroz (Satake & Yoshida, 1978; Yoshida, 1973) e, segundo Datta (1981), este fenómeno constitui um fator crítico para produção de arroz em muitas regiões e países como são os casos do Paquistão, Médio Oriente e África tropical. As altas temperaturas aceleram a emergência das folhas e o crescimento do arroz (Yoshida, 1973).

### 1.3.2 Precipitação

O arroz é uma das plantas tropicais mais exigentes em condições hídricas para a sua cultura e seu desenvolvimento (Kouakou, 2017) e é também o único cereal que pode ser cultivado em solo inundado. As suas exigências hídricas dependem do tipo de variedade e da fase de desenvolvimento. A variabilidade da precipitação total anual e da sua distribuição intra-anual constituem fatores limitantes nos rendimentos da produção do arroz de sequeiro (Datta, 1981)

Segundo Carmargo et al, (1977), citado por Gonçalves et al., (2006), a cultura do arroz de sequeiro requer, pelo menos, um total de 600 mm na fase vegetativa, com o ótimo em torno de 1.200 mm. Nas terras altas, o arroz pode ser cultivado em regiões com precipitação igual ou superior a 800 mm, sobretudo para as variedades de ciclo curto (Dembélé et al., 2005), mas alguns autores defendem que a cultura do arroz de sequeiro necessita de 160-300mm de precipitação por mês, com mínimo de 1000mm para todo o ciclo da planta (Penot, 2013), enquanto outros ainda consideram como adequada precipitação anual compreendida entre 1200-1500mm, desde que a sua distribuição seja razoavelmente uniforme (Datta, 1981).

Yoshida (1981) argumenta que é difícil generalizar as necessidades hídricas do arroz devido à influência das variações na topografia, às características do solo e aos distintos períodos de cultivo em diferentes regiões, bem como, ainda, às diversas práticas locais de preparação do solo, que influenciam a quantidade de água necessária. No entanto, o autor afirma que o cultivo do arroz é viável em áreas onde a precipitação anual supera os 1000 mm. As mais altas produções do arroz são normalmente obtidas nas regiões onde os índices pluviométricos são bastantes elevados, favorecendo a prática desta cultura e ocasionando poucos problemas de déficit hídrico.

A precipitação total pode desempenhar um papel importante na distribuição das zonas do cultivo do arroz, mas a sua repartição no tempo é igualmente uma condicionante importante, sobretudo nas fases críticas do desenvolvimento do arroz. Segundo Penot (2013), a escassez de água durante o processo de recuperação da planta do arroz após o transplante pode causar um atraso no seu processo fisiológico de recuperação e até mesmo levar à morte da planta. Em contrapartida, na fase que vai do perfilhamento à diferenciação panicular, as exigências hídricas são menores para o desenvolvimento da planta. Contudo, essas necessidades voltam a aumentar na fase de transição para a meia maturidade, devido à transferência de nutrientes para a espiguetas. A falta da chuva durante a fase de florescimento e enchimento de grãos pode comprometer a produção (Datta, 1981; Penot, 2013).

### 1.3.3 Luz solar

Entre os parâmetros meteorológicos que impactam a produção do arroz, a radiação solar é a mais significativa na definição de potencial produtivo (Meus et al., 2019). A exigência da luz solar na planta do arroz depende do seu estado de desenvolvimento e também do tipo da variedade do arroz. Na fase vegetativa a falta de luz solar tem uma influência mais ligeira no rendimento da produção em comparação com as fases reprodutiva e de amadurecimento, onde os impactos são mais relevantes (Garcés-Varon & Restrepo-Díaz, 2015; Meus et al., 2019; Yoshida, 1981) devido a influência da radiação solar no número de espiguetas por panícula e na percentagem de fertilidade de espiguetas (Cruz, 2010).

Segundo Yoshida (1981), durante a fase vegetativa a planta do arroz necessita de 300-400 Cal/cm<sup>2</sup>/dia e na fase reprodutiva e maturação requer uma quantidade mais alta de radiação solar, situada entre 400-500 Cal/cm<sup>2</sup>/dia.

A fraca radiação solar causada pela nebulosidade torna as plantas fracas pelo facto de não conseguirem elaborar os seus alimentos através do processo de fotossíntese (Vergara, 1984).

Para um ciclo de 120-130 dias, a soma da radiação solar necessária situa-se entre 1000 e 1200 horas de sol, sendo no mínimo de 400 horas.

O arroz é geralmente uma planta de dias curtos e sensível ao fotoperíodo, sobretudo nas variedades tradicionais e mais recentes (Datta, 1981; Kouakou, 2017).

O arroz floresce melhor quando há bastante sol, principalmente nos 45 dias que antecedem a colheita e, durante este período, são necessárias pelo menos 6 horas diárias de luz solar (Zingore et al., 2014). De acordo com os resultados das experiências no Texas, Stansel et al. (1965) e Stansel (1975) citados por Datta, (1981) demonstraram que o período mais crítico de exigência de energia solar pela planta de arroz ocorre desde a iniciação panicular até cerca de 10 dias antes da maturidade.

Uma quantidade suficiente de radiação solar deste a iniciação panicular até à maturação da cultura proporciona alto rendimento da cultura do arroz devido o acúmulo de matéria seca durante o período (Datta, 1981; Niang et al., 2017), enquanto o sombreamento durante o amadurecimento reduz consideravelmente o rendimento de grãos devido à diminuição da percentagem de espiguetas cheias (Yoshida, 1981).

### 1.3.4. Vento

De acordo com Brito (2009), a cultura do arroz apresenta uma maior eficiência na reposição do dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) em condições de baixa velocidade do vento. A ocorrência de ventos intensos durante a fase vegetativa pode intensificar a perda de água por evaporação, conduzindo a eventuais episódios de déficit hídrico. Além disso, tais condições podem ter impactos negativos significativos durante a fase reprodutiva da planta, especialmente após a emissão da panícula e ao longo do processo de enchimento dos grãos (Brito, 2009). Neste contexto, velocidades de vento superiores a 8 m/s revelam-se particularmente prejudiciais, contribuindo para o acamamento das plantas e a rutura dos colmos (Hitaka, 1966).

### 1.3.5. Humidade relativa

A humidade relativa do ar constitui um dos fatores ambientais determinantes para o desenvolvimento da cultura do arroz, devido à sua influência direta na regulação da taxa de transpiração da planta. Para um crescimento vegetativo ótimo, especialmente durante a fase de emissão dos rebentos, são recomendados níveis de humidade relativa compreendidos entre 80 % e 85 %. Durante a fase de floração, contudo, valores ligeiramente inferiores, entre 70 % e 80 %, revelam-se mais favoráveis ao normal desenvolvimento reprodutivo (Ray, 2016). Humidades relativas inferiores a 40 % tendem a inibir significativamente o processo de floração, podendo conduzir a um aumento acentuado da esterilidade das espiguetas (Brito, 2009), o que compromete de forma direta o rendimento final da cultura.

#### 1.4. Tipos de solo para a cultura do arroz

O arroz pode ser cultivado numa ampla gama de solos, desde as planícies baixas até às áreas montanhosas. Os solos argilosos, com permeabilidade moderada, boa capacidade de retenção de água e altos níveis de matéria orgânica, são os mais adequados para esta cultura. Solos com alto teor de limo também são favoráveis ao crescimento do arroz, enquanto os solos arenosos são menos apropriados (Datta, 1981; Zingore et al., 2014).

O arroz é altamente tolerante à salinidade (até 1‰) e prefere um pH entre 5 e 6,5, sendo muito sensível à disponibilidade de nutrientes (Kouakou, 2017). No caso do arroz de terras altas, a toxicidade do ferro (Fe) é o principal fator limitante da produção.

#### 1.5. Sistemas de cultivo do arroz

Existem vários sistemas e técnicas de produção do arroz no mundo (Defoer et al., 2008; Zingore et al., 2014) e os mais destacados, em particular na Guiné-Bissau, são:

- *Sistema de cultivo do arroz de sequeiro (N'pampam)*, realizado nos planaltos, depende unicamente da chuva, e é um sistema de cultura itinerante, onde são derrubadas florestas e feitas queimadas antes de fazer o cultivo do arroz;
- *Sistema de cultivo do arroz de bolanha doce (bas fonds)*, praticado nos solos hidromorfos inundados pelas águas pluviais e;
- *Sistema de cultivo do arroz de mangal (bolanha salgada)*, feito nos terrenos sujeitos à influência das marés

O sistema de cultivo de arroz de mangal, conhecido também como " *bolanha salgada*" é um dos sistemas mais usados nas áreas costeiras, onde os braços de marés e rias da água salgada penetram no interior do continente e ao longo da costa desenvolvem-se diferentes espécies de mangais. Este sistema baseia-se numa técnica que começa pelo corte do mangal na área que se pretende cultivar arroz, seguido da construção de grandes diques de proteção figura 3, para evitar a invasão das marés ou água salgada na nova área, permitindo, ao mesmo tempo, a retenção da água da chuva para lavar o sal acumulado antes da terra ser preparada para o cultivo.



Figura 3. Diques de proteção ou dique de cintura. Fonte: Imagem à esquerda (autor); imagem a direita (<https://www.malmon-desira.com>)

Após a construção do dique principal, a área é subdividida em parcelas menores, criando diques secundários que facilitam a gestão e o controlo da água. Em alguns casos, são instalados tubos tradicionais ou modernos nos diques secundários para regular a entrada e saída de água nas parcelas (figura 4).



Figura 4. Subdivisão da área agrícola em parcelas menores em Elalab. Fontes: imagem esquerda - <https://www.malmon-desira.com>; imagem direita: Bissan Na Bissan

Os solos de mangais são sujeitos a salinidade durante a época seca, mas com a chegada da chuva nos finais de maio e início de junho, o teor de sal começa a diminuir progressivamente, devido à lixiviação pela água da chuva acumulada na parcela (figura 5). É um sistema do cultivo manual, utilizando um instrumento chamado arado para virar a terra, criando camalhões onde o arroz é plantado, e valas entre os camalhões para a circulação da água (figura 6).



Figura 5. Lixiviação da parcela pela água acumulada da chuva. Fontes: imagem esquerda: equipa do Malmon ; imagem direita: Bissan Na Bissan



Figura 6. Lavoura na bolanha usando o arado para a construção de camalhões e valetas. Foto: Ansumane Dabo e equipa Malmon



Figura 7. Lançamento das sementes de viveiro (esquerda), transplantação no viveiro (meio) e plantação do arroz na bolanha (direita). Fonte: Equipa do projeto Malmon

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

Neste sistema, o semeio pode ser feito lançando diretamente as sementes nos camalhões, usando várias técnicas (como espalhamento, em linhas retas ou em triangulação), ou através do transplante feito a partir dos viveiros depois da planta completar três ou quatro semanas no viveiro (figura 7).

## CAPÍTULO 2. O TERRITÓRIO DE ESTUDO

A República da Guiné-Bissau localiza-se na África Ocidental, limitada a Norte e a Este pela República do Senegal, a Sul pela República da Guiné-Conacri e a Oeste pelo Oceano Atlântico, abrangendo uma superfície total de 36.125 km<sup>2</sup> (figura 8). De acordo com o último censo realizado em 2009 e atualizado em 2022, a população total do país foi estimada em 1 747 193 habitantes. Deste total, 25% residia no Sector Autónomo de Bissau, enquanto as restantes principais regiões apresentavam as seguintes percentagens: Oio com 14,9%, Gabú com 14,2%, Bafatá com 13,9% e Cacheu com 12,8%. No período referido, a taxa de crescimento médio anual da população foi de 2,2% (INE, 2009, 2022). Os principais grupos étnicos do país são os Fula, que representam 28,5% da população, seguidos pelos Balantas com 22,5% e pelos Mandingas, que constituem 14,7%. A etnia Papel corresponde a 9,1% da população, enquanto a Manjaco representa 8,3%. As etnias Nalu, Saracole e Sosso apresentam proporções inferiores a 1% (INE, 2009).

Na sua divisão administrativa o território guineense compreende 9 regiões, subdivididas em sectores (figura 8). Devido à predominância de áreas planas e baixas, aliada ao contexto ecológico, podem ser encontradas extensas florestas pantanosas de mangais nos estuários das regiões de Cacheu, Biombo, Oio, Quínara e Tombali e no arquipélago dos Bijagós (Temudo & Cabral, 2017). A área de estudo na presente investigação corresponde ao território nacional da Guiné-Bissau, o país objeto de estudo do projeto Desira-Malmon, o qual definiu três regiões de intervenção, escolhidas pelo facto de se tratar das regiões com maior potencial para a produção de arroz de mangal devido às suas características geográficas: Cacheu, Oio e Tombali (figura 8).

Na região de Cacheu, a produção de arroz de mangal é predominantemente praticada pelas etnias Felupes e Baiotes, na margem sul do rio Cacheu. Nas regiões de Oio e Tombali, esta atividade é realizada por camponeses de etnia Balanta. As regiões de estudo compreendem *setores* e estes integram aldeias ou *tabancas*, onde o cultivo do arroz de mangal constitui a principal atividade de subsistência familiar. Como pode ver-se na figura 8, a intervenção do projeto Malmon foca-se num conjunto de treze aldeias: três na região do Cacheu, seis em Oio, quatro em Tombali; a seleção destas 13 aldeias de intervenção pelo projeto MALMON privilegiou as aldeias visadas pelo Projeto *landa Arruz*, proporcionando, com esta abrangência, a integração de diferentes condições microclimáticas e agroecológicas, bem como uma diversidade de grupos étnicos,

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

sistemas de produção e práticas de gestão. Na presente de investigação, é importante, naturalmente, enquadrar o território de estudo do ponto de vista da sua geografia física.

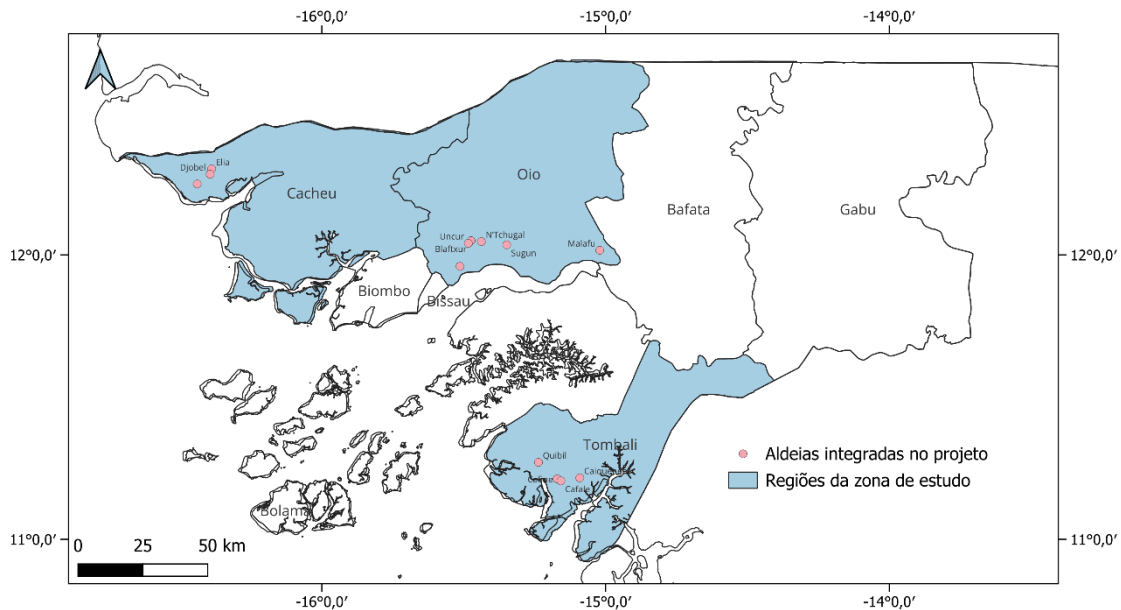


Figura 8. O território de estudo e as regiões e aldeias objeto de investigação no projeto Malmon.

### 2.1 Clima

O clima da Guiné-Bissau é influenciado pelas altas pressões subtropicais e pela zona de convergência intertropical, que determinam as características dos fluxos atmosféricos dominantes e a sucessão característica dos estados do tempo ao longo do ano (BM et al., 1992; Machado, 1972). Situado na zona tropical, o país possui um clima tropical do tipo Aw, segundo a classificação climática de Köppen-Geiger (figura 12). A figura 12 ilustra a distribuição dos tipos de clima da referida classificação e considerando as condições da normal climatológica 1991-2020, avaliadas em bases de dados de alta resolução (Beck et al., 2023). Um pequeno setor do extremo Sul do país apresenta um clima tropical de monção (Am), enquanto o resto do território apresenta clima tropical de savana (Aw). Ambas as zonas têm uma estação chuvosa que decorre de meados de maio a meados de novembro e uma estação seca que vai do final de novembro ao início de maio.

No início da época seca, os ventos do Nordeste, conhecidos como Harmattan, trazem ar quente e seco do continente, substituindo gradualmente as correntes húmidas que se movem de nordeste para sudoeste. Durante a estação chuvosa, esses ventos são trocados pelos ventos de monção de sudoeste, que trazem ar húmido do hemisfério sul, transportando humidade do Oceano Atlântico para o continente (Fink, 2017).

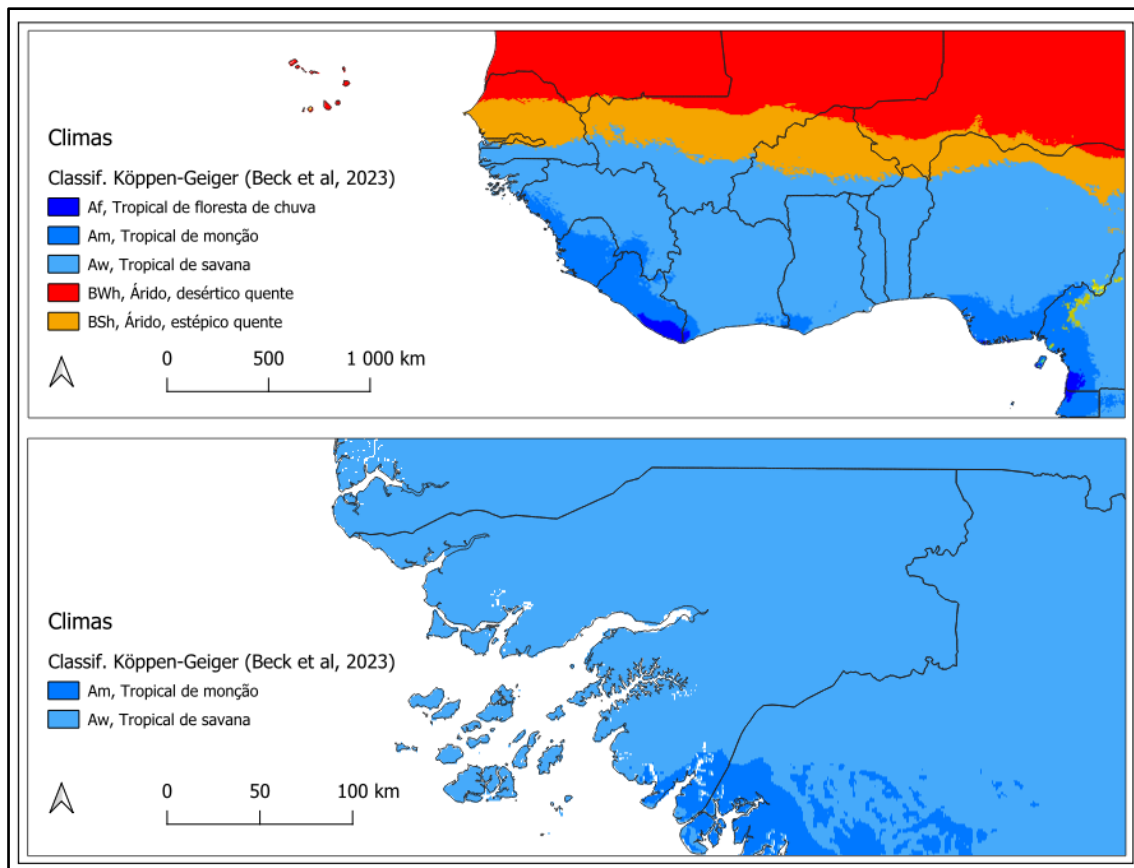


Figura 9. Classificação climática de Köppen-Geiger, segundo Beck et al. (2023) na África Ocidental e na Guiné-Bissau

Em seguida, procede-se a uma breve síntese das características climáticas da Guiné-Bissau, baseada na exploração dos dados da normal climatológica 1991-2020 disponíveis no sítio da World Meteorological Organization (WMO, <https://community.wmo.int/en/activity-areas/climate-services/climate-products-and-initiatives/wmo-climatological-normals>), para as três estações meteorológicas principais (sinóticas): Bissau/Aeroporto, Bafatá e Bolama. Em todo o território nacional observa-se um clima tropical caracterizado por chuvas concentradas entre junho e outubro, enquanto a estação seca decorre do final de novembro ao início de maio. Durante a estação seca, a amplitude térmica é mais acentuada, com noites mais frescas e dias bastante quentes. Na estação chuvosa, a amplitude térmica diária reduz-se devido à presença de nuvens e à elevada humidade.

O regime anual da temperatura e da precipitação apresenta algumas diferenças consoante as três estações mencionadas (figura 13), reflexo da sua posição no território:

**Zona Leste (Bafatá)**

**Precipitação e Dias Chuvosos:** A precipitação anual nesta região varia entre 1000 e 1500 mm tendo como a média climatológica de 1271,6mm. Ela concentra-se na estação chuvosa, que ocorre do final de maio até outubro ou início de novembro, com um pico em agosto que supera os 300 mm. A estação seca, por sua vez, estende-se de finais de novembro até início de maio. O número de dias com precipitação acompanha esta sazonalidade, atingindo entre 20 e 25 dias nos meses mais húmidos.

**Temperatura:** a temperatura média acompanha a tendência geral, apresentando os valores mais elevados nos meses de abril e maio, quando ultrapassam os 30 °C, e durante os meses chuvosos, de junho a agosto, a média cai ligeiramente, permanecendo entre 28 °C e 30 °C e, no final do ano (novembro e dezembro), observa-se um declínio acentuado para cerca de 25 °C. As temperaturas máximas médias situam-se entre 35 °C e 40 °C durante a estação seca (março a maio) e reduzem-se para 30-32 °C na estação chuvosa. Já as temperaturas mínimas médias variam entre 20 °C e 25 °C, sendo mais elevadas durante a estação chuvosa devido à maior humidade e nebulosidade noturna, atenuando o arrefecimento radiativo. A amplitude térmica é maior na estação seca (superior a 15°C-17°C), com dias muito quentes e noites frescas, e substancialmente menor (em torno de 10°C) na estação chuvosa. De uma forma geral, a região Leste é a menos chuvosa do país, registando as temperaturas máximas mais elevadas a nível nacional, trazendo a influência do efeito da continentalidade.

**Zona Norte e Centro (Bissau)**

**Precipitação e Dias Chuvosos:** A precipitação média anual nesta região varia entre 1300 e 1800 mm (1531,5 mm em Bissau/Aeroporto), podendo atingir 2000 mm nos anos chuvosos. Quanto a variação mensal de precipitação, apresenta valores elevados de junho a outubro, atingindo um máximo em agosto (mais de 450 mm). O número de dias chuvosos varia de 15 a 25 na estação chuvosa e praticamente não chove durante a estação seca.

**Temperatura:** as temperaturas médias mensais variam entre 24 °C e 28 °C ao longo do ano. As máximas médias atingem 35 °C durante a estação seca (março a maio) e diminuem para 30-32 °C na estação chuvosa, enquanto as mínimas médias variam entre 20 °C e 24 °C, com amplitudes térmicas maiores na estação seca e menores na estação chuvosa.

**Zona Sul (Bolama)**

**Precipitação e Dias Chuvosos:** A precipitação média anual nesta região situa-se entre 1700 e 2400 mm (2092,2mm em Bolama), podendo ultrapassar os 2500 mm em anos

particularmente chuvosos. A precipitação é mais elevada nesta região durante a estação chuvosa (junho a outubro), com pico superior a 500-600 mm em agosto. De novembro a abril, as chuvas são quase inexistentes. Os dias chuvosos atingem a frequência de 20-25 por mês, na estação chuvosa.

**Temperatura:** as temperaturas médias mensais variam entre 24,5 °C e 28 °C, sendo relativamente constantes ao longo do ano. As máximas médias situam-se entre 30 °C e 33 °C, com valores mais baixos durante a estação chuvosa devido à maior umidade. As mínimas médias oscilam entre 17 °C e 21 °C, com menor amplitude térmica na estação chuvosa e maior durante a estação seca.

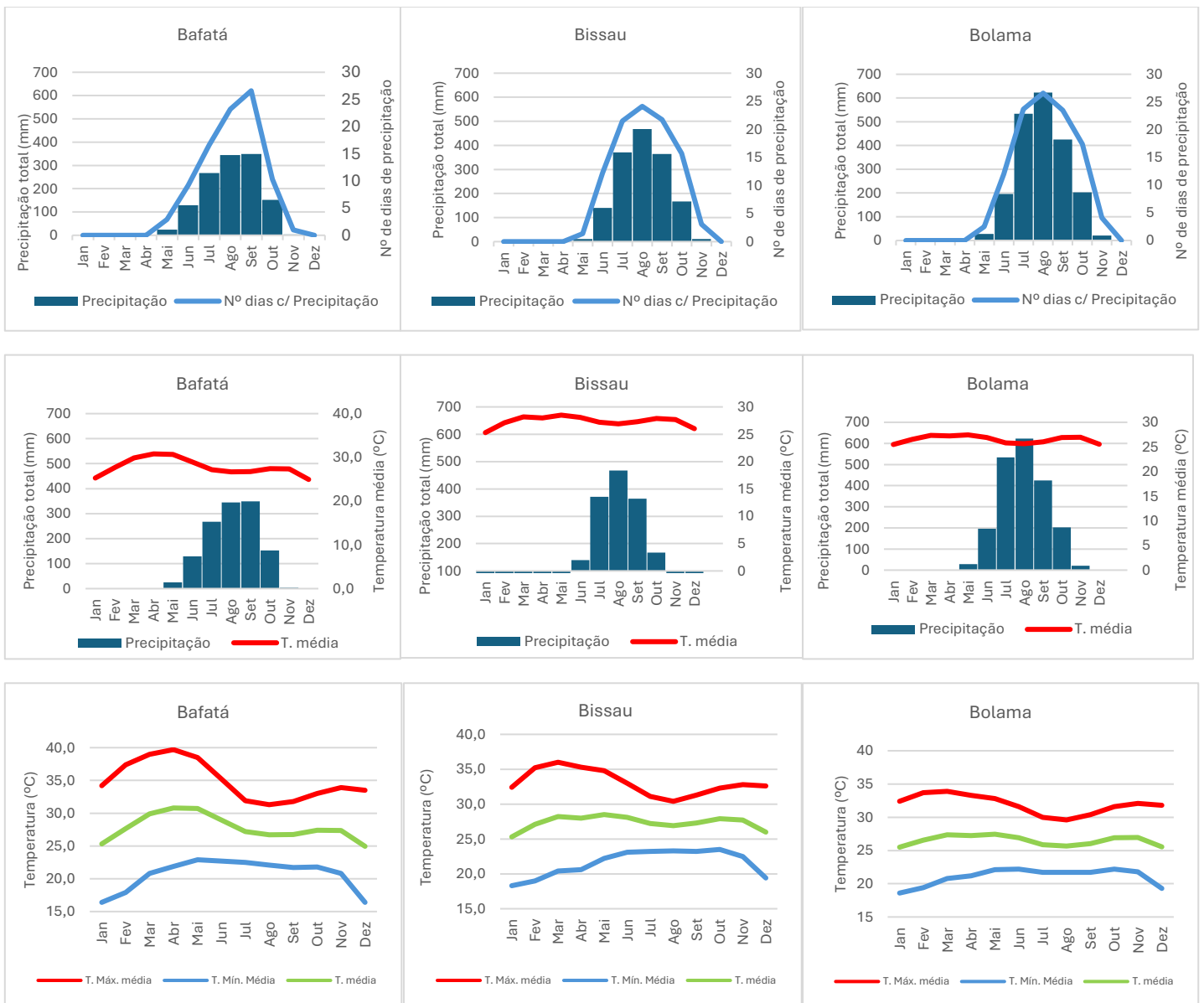


Figura 10. Precipitação média mensal e nº médio de dias de precipitação (nível de topo), gráficos termopluiométricos (nível central) e regime térmico mensal de Bafatá, Bissau/Aeroporto e Bolama (da esquerda para a direita). Fonte dos dados: Instituto Nacional de Meteorologia da Guiné-Bissau

### 2.2 Relevô

#### 2.2.1 Geologia

A composição geológica da Guiné-Bissau é caracterizada por uma variedade de formações, desde rochas sedimentares antigas até depósitos recentes, associados aos ecossistemas atuais (LNEG & DGGM, 2015). A geologia do território foi editada em 2014 (figura 9), na escala 1:400 000, pelo Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG).

Em termos gerais, a distribuição geográfica das unidades litológicas caracteriza-se por apresentar na região Norte as formações antigas (argilitos, siltitos, xistos e metavulcanitos), enquanto o litoral e oeste são dominados por depósitos recentes, mangais e dunas, sendo a região Sul caracterizada por sedimentos mistos e planícies férteis.

Observam-se depósitos de areia e argila, frequentemente contendo laterito e rególitos, com espessura superior a 10 metros. Além disso, há rochas metamorfizadas antigas, como xistos e quartzitos, que evidenciam formações geológicas mais antigas. Em camadas de idades variadas, encontram-se arenitos e arcoses, indicando antigos ambientes sedimentares (Alves, 2010). É igualmente comum a presença de argilitos multicores e de alguns calcários, originados em ambientes sedimentares de baixa dinâmica.

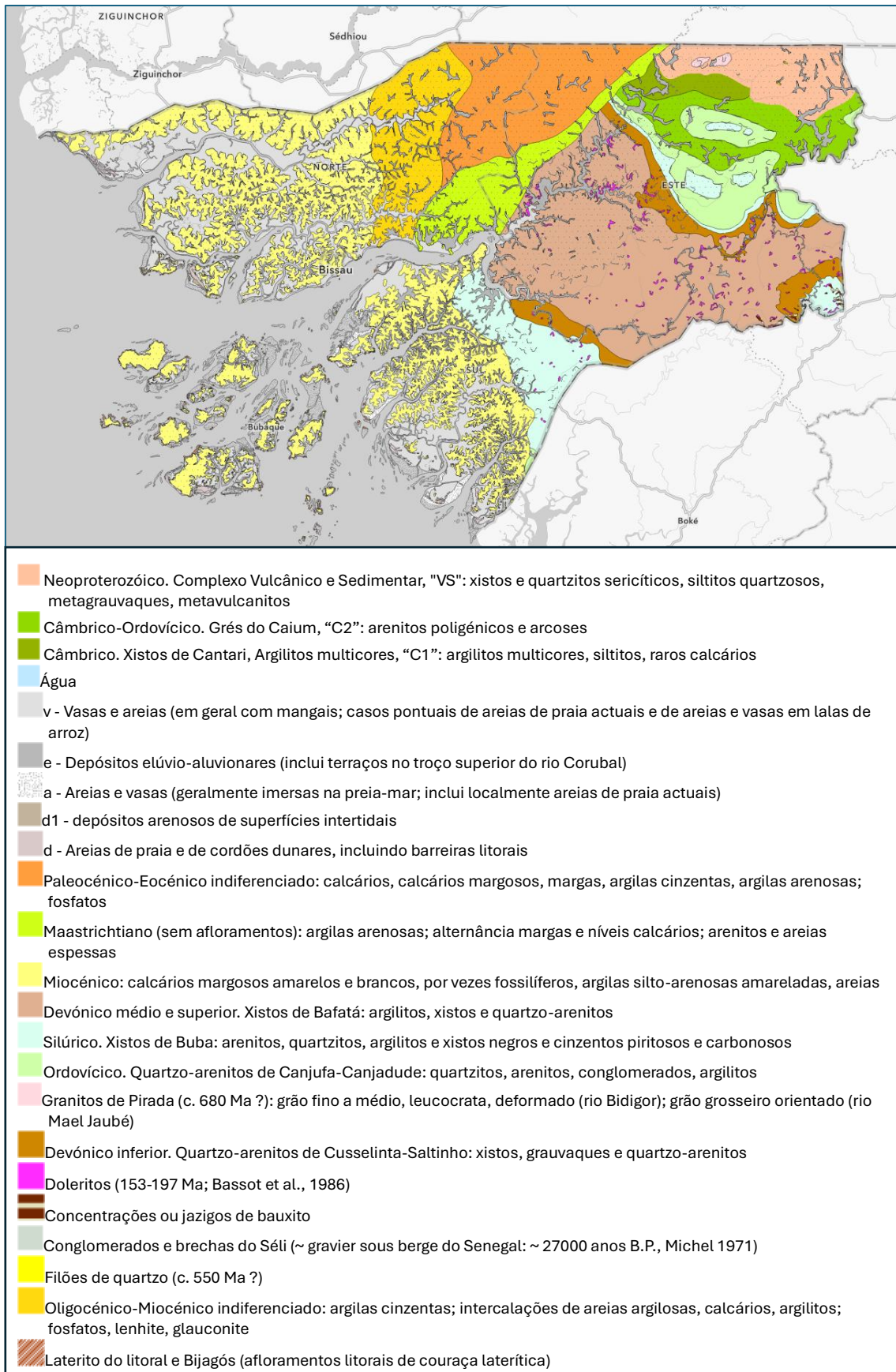


Figura 11. Geologia da Guiné-Bissau. Fonte: Carta Geológica da Guiné-Bissau, [geoportal.ineg.pt](http://geoportal.ineg.pt) (acedido em 15/11/2024)

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

As áreas mais recentes incluem mangais, praias, e depósitos fluviais, que contêm sedimentos acumulados em regiões de maré alta e em ambientes intertidais e dunares, reforçando a influência dos processos costeiros e fluviais.

### 2.2.2 Geomorfologia

O relevo da Guiné-Bissau apresenta uma notável monotonia. Com a exceção da região de Gabu, no sector de Boé, o resto do território é composto por terrenos planos e geralmente abaixo do nível dos 40 metros, conforme se ilustra na figura 10.

De acordo com o documento LNEG & DGGM (2015) o território da Guiné-Bissau compreende cinco unidades geomorfológicas (figura 11):

**Superfície do Boé:** Situada nos contrafortes da cadeia montanhosa do Fouta Djallon (Guiné-Conacri), esta região é representada por colinas dispersas e vales largos. Caracteriza-se por uma peneplanície sub-horizontal preservada por lateritos e bauxitos. É a superfície geomorfológica mais antiga, remontando ao final do Cretácico.

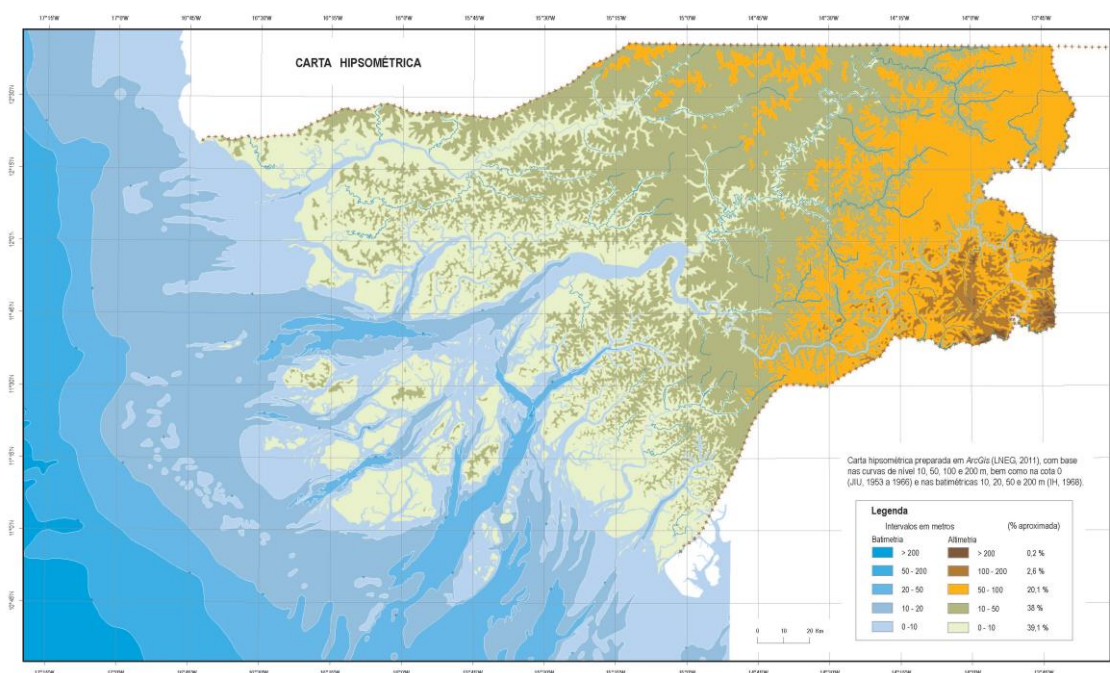


Figura 12. Carta hipsométrica da Guiné-Bissau. Fonte: (LNEG & DGGM, 2015)

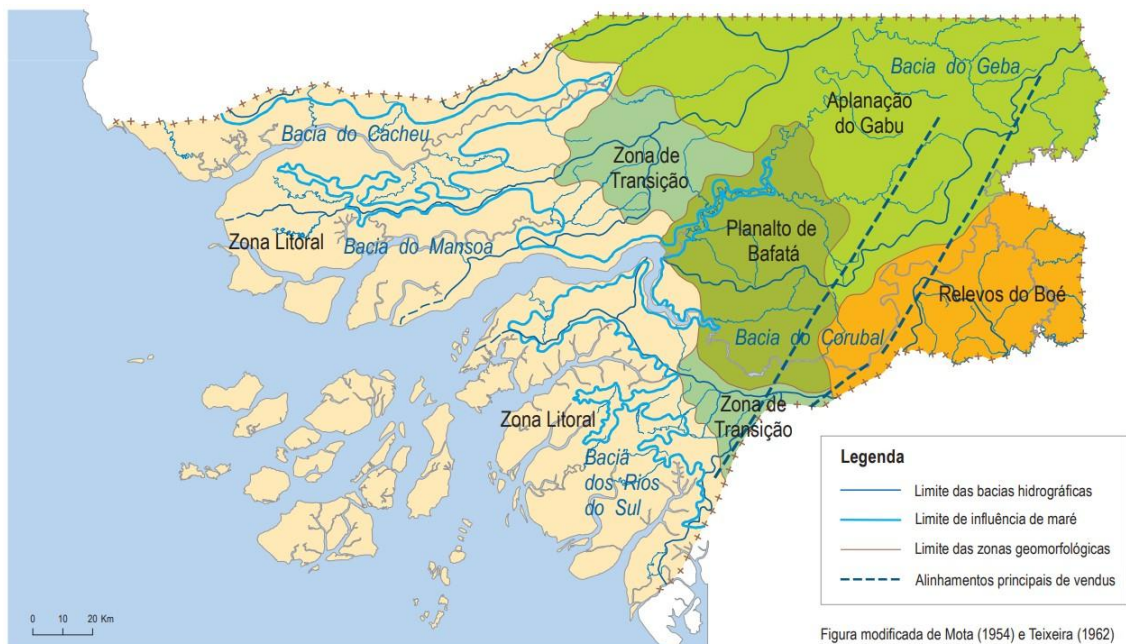


Figura modificada de Mota (1954) e Teixeira (1962)

Figura 13. Carta geomorfológica da Guiné-Bissau. Fonte: (LNEG & DGGM, 2015)

**Planalto de Bafatá ou Bafatá-Gabu:** Abrange vastas áreas aplanadas, de baixa altitude (25 a 40 m), elevando-se gradualmente para nordeste (NE). Conserva bordos bem definidos protegidos por couraças lateríticas, com acumulação de blocos nas encostas. Inclui a Aplanção do Gabu, que se estende para NE com altitudes entre 60 e 90 m, apresentando uma superfície superficial inclinada para oeste, sem grande encaixe hidrográfico. Este planalto resultou de processos de arrasamento no Eocénico superior-Oligocénico.

**Áreas Litoral:** Composta por áreas recortadas por rios meandriformes, é uma planície sub-horizontal baixa, com colinas suaves e interflúvios de 25-30 m, preservada por couraças lateríticas visíveis na maré baixa e é a superfície geomorfológica mais recente, provavelmente formada após uma regressão do Miocénico superior, incluindo o Arquipélago dos Bijagós, com 88 ilhas que apresentam arribas raras e baixas (até 20 m), além de mangais e áreas entre-marés.

**Áreas de Transição:** Estas áreas ligam a zona litoral a regiões mais elevadas, apresentando características morfológicas pouco definidas, incluem superfícies divagantes e barreiras de inundação que dão lugar a vales bem delimitados, refletindo mudanças graduais no relevo e na rede hidrográfica.

**Vendus:** Estruturas morfológicas específicas da região leste, consistindo em cerca de 75 depressões de fundo plano, onde se formam lagoas temporárias durante a época das chuvas. Estas áreas, com vegetação escassa e contornos irregulares, são delimitadas por vertentes suaves e têm tamanhos variados (entre 0,1 ha e 188 ha, sendo mais comuns

áreas entre 6 e 60 ha). Os vendus estão alinhados ao longo de estruturas profundas, sugerindo uma relação genética com os movimentos tectônicas.

### 2.3 Solos do sistema produtivo de arroz de mangal em Guiné-Bissau

A taxonomia dos solos associados às bolanhas e aos mangais de maré na Guiné-Bissau reflete uma marcada diferenciação pedogenética condicionada pela hidromorfia, pela variação do nível freático e pela dinâmica geoquímica dos sulfuretos (Garbanzo, do Rosário Cameira, et al., 2025). Os seus horizontes evidenciam estados distintos de oxidação e redução, condicionados pelo regime de marés, pela textura dos sedimentos e pelos processos de dessalinização ativa que caracterizam os campos recém-convertidos (Garbanzo, Cameira, et al., 2024). Nos termos da classificação do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), os solos das plataformas de mangal incluem unidades como *Haplic Sulfaquents*, *Typic Sulfaquents*, *Sulfic Fluvaquents*, *Sulfohemists* e *Fibrist*, ao passo que os campos de mangal de maré se enquadram também em *Histic Sulfaquents*, *Sulfic Hydraquents*, *Tropofibrist*, *Psammaquents* e *Tropaquepts* (Garbanzo, Cameira, et al., 2024; Merkohasanaj et al., 2022; Teixeira, 1962). Considerando a classificação de Base Referencial Mundial de Recursos de Solo de FAO (WRB-FAO), predominam *Gleysols* com qualificadores *tidalic*, *oxygleyic*, *clayic*, *hyposulfidic* e *drainic* (Oosterbaan & Vos, 1980; Teixeira, 1962). Os solos das bolanhas associados apresentam igualmente unidades *Pisoplinthic*, *Hypothionic* e *Endoaquent*, refletindo condições geoquímicas mais oxidadas (Sylla, 1994; Sylla et al., 1995; Teixeira, 1962).

Os mangais exibem ambientes altamente anóxicos, com elevada solubilidade de sulfatos e sulfuretos, toxicidade de  $Al-Fe^{2+}$  e teores substanciais de carbono orgânico (Merkohasanaj et al. 2025). Em oposição, as bolanhas associadas revelam condições mais oxidadas, menor concentração de  $Na^+$  e SOC, e formação de horizontes resultantes da deposição sedimentar cronoestratificada. Processos de redução promovem a formação de  $Fe^{2+}$ ,  $FeS$  e  $FeS_2$ , enquanto sistemas parcialmente oxidados evidenciam pirite,  $Fe^{3+}$ ,  $H^+$  e sulfatos dissolvidos (Sylla, 1994; Sylla et al., 1995). As variações regionais no desenho das parcelas agrícola, influenciadas por diferenças agroecológicas e práticas de gestão hídrica de distintos grupos étnicos, alteram significativamente as propriedades físico-químicas dos solos (Garbanzo, Céspedes, et al., 2024). No Sul, a maior acumulação de argilas e precipitação favorece a construção de diques de maior dimensão e sistemas internos de drenagem sem saídas, permitindo a lixiviação de sais durante as primeiras chuvas; no Norte, a ausência de drenagens internas mantém níveis hídricos mais constantes e uma

maior persistência de sais na camada superficial (Garbanzo, Céspedes, et al., 2024). Esta diversidade de processos determina diferenças marcadas em fertilidade, salinidade, mobilidade de sulfatos e evolução química dos solos na toposequência mangal–bolanha (Garbanzo, Céspedes, et al., 2025).

#### 2.4 Hidrologia e recursos hídricos

Os rios da Guiné-Bissau desempenham papéis fundamentais nos ecossistemas, na economia e na vida das comunidades locais. O regime fluvial dos rios guineenses é do tipo tropical pluvial, atingindo o caudal máximo entre agosto e dezembro, com redução gradual durante a estação seca, refletindo a forte influência do ritmo da precipitação (Guimarães, 1959). Os principais rios da Guiné-Bissau incluem o Rio Geba, o Rio Corubal e o Rio Cacheu (figura 14).

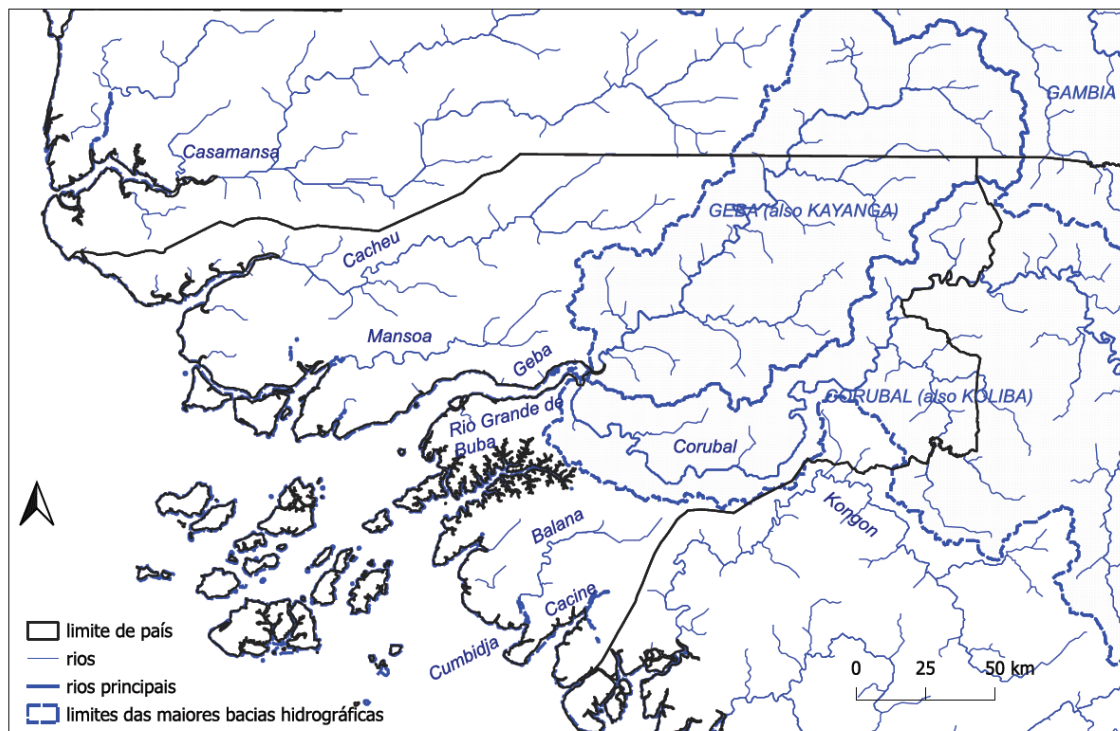


Figura 14. Principais bacias hidrográficas e rios da Guiné-Bissau. Fonte:(FAO, 2005)

O Rio Geba (Kayanga no Senegal) atravessa a região central da Guiné-Bissau, fluindo de este para oeste até desaguar no Oceano Atlântico, perto da capital, Bissau, e compreende uma vasta bacia hidrográfica (1640 km<sup>2</sup>) que se estende desde o interior até à área costeira (BM et al., 1992; FAO, 2005). O Rio Corubal, situado no sul da Guiné-Bissau, tem uma orientação este-oeste e junta-se ao Rio Geba antes de ambos desembocarem no

Atlântico. Este rio tem a sua nascente a 1518m, no maciço de Fouta Djallon, na Guiné-Conacri, sendo a sua bacia hidrográfica uma das maiores da região e um afluente significativo do Rio Geba, formando uma bacia partilhada (FAO, 2005).

O rio Cacheu destaca-se pela sua vasta bacia hidrográfica de 1.722 km<sup>2</sup> e com seu significativo potencial hidráulico. A sua ampla rede de cursos hídricos atravessa toda a região criando duas áreas com características ecológicas, sociais e culturais distintas (Sagna, 2020). É crucial para a agricultura (cultivo de arroz nos mangais), a pecuária, a pesca, extração de sal, exploração das florestas de mangal e navegação. O rio é influenciado por variações sazonais, com aumento de água doce durante as chuvas e maior salinidade na estação seca (IBAP, 2008). A sul da bacia do Cacheu, outro rio importante é o rio Mansoa que desempenha um papel importante na economia, sustentando a agricultura (arroz de mangal), pesca, extração de sal e exploração de mangais. Serve como reserva ecológica e via de navegação, beneficiando diversas localidades ao longo do seu curso.

Na região Sul do país devem ainda ser destacados os rios Cachine e Cumbija/Balana (Região de Tombali) que suportam a agricultura de mangal, a pesca e conectam localidades.

### 2.5 Biogeografia

O país apresenta uma grande variedade ecológica, apresentando uma área total de 2.457.200 hectares de floresta (FAO, 2010), constituídos por mangais e palmeirais ao longo da costa, florestas densas, degradadas e floresta de savana no interior, além de extensas áreas agrícolas (CILSS, 2016). Nesta caracterização geográfica do território da Guiné-Bissau a apresentação das suas principais unidades biogeográficas baseia-se no mapa mundial das ecorregiões terrestres elaborado por Olson et al. (2001), cujo extrato regional se apresenta na figura 15. Uma ecorregião define-se como uma unidade da superfície terrestre relativamente grande que contém um conjunto geograficamente distinto de espécies, comunidades naturais e condições ambientais (Olson et al., 2001).

Os mangais guineenses, localizados sobretudo ao longo da costa e nas ilhas do arquipélago dos Bijagós, desempenham um papel fundamental na proteção costeira e na biodiversidade marinha, enquanto as florestas de savana guineenses, que cobrem a maior parte do território da Guiné-Bissau, representam uma transição entre ecossistemas florestais e a savana, com vegetação composta por árvores dispersas e áreas de pastagem (figura 15).

Numa perspetiva mais detalhada, segundo o Plano de Ação para a Biodiversidade na Guiné-Bissau (PNUD & MDRA, 2000), a vegetação da Guiné-Bissau compreende onze tipos de formações ou ocupações dominantes do solo:

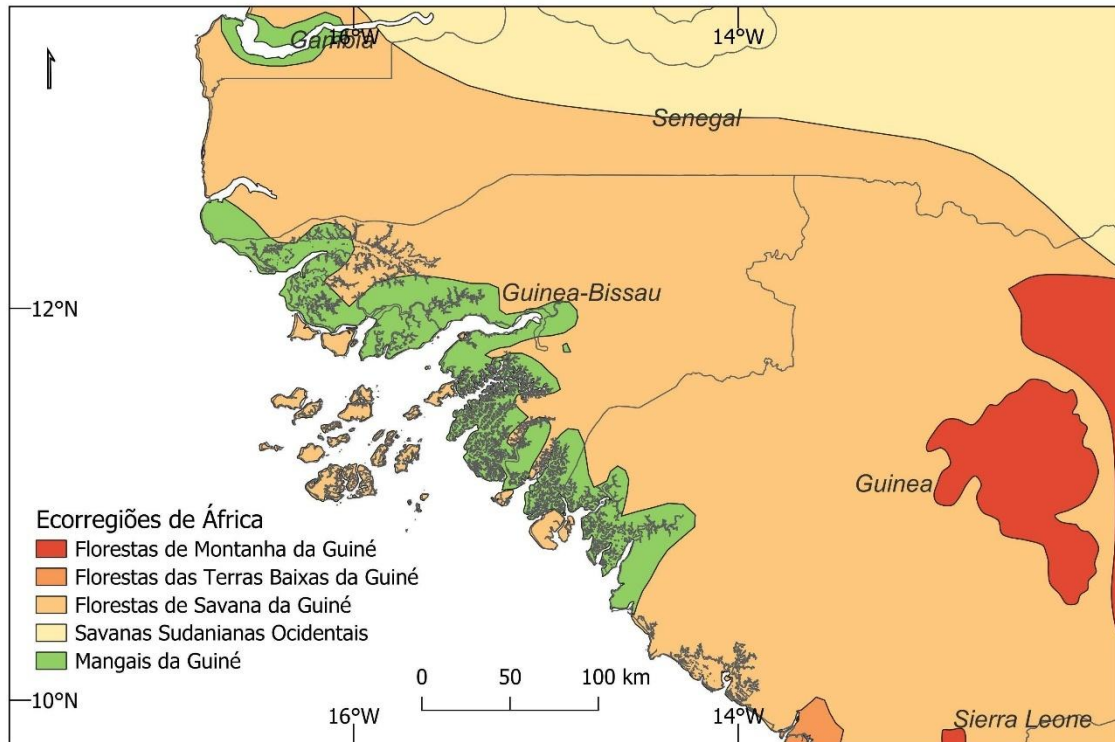


Figura 15. Ecorregiões da Guiné-Bissau. Fonte dos dados: <https://opendata.rcmrd.org/datasets/rcmrd::africa-ecoregions>

- *arrozais alagados* (“*bolanhas*”): áreas de orizicultura praticada em terras baixas, sobretudo em solos de mangal ou em solos evoluídos a partir destes através da ação antrópica;
- *alqueives antigos* (*áreas de pousio*): áreas, em geral, em repouso após o cultivo do arroz e outras culturas;
- *palmeirais e florestas de galeria*: formações constituídas principalmente por palmeiras (*Elaeïs guineenses*) e maciços de “cibe” (*Borásus aethiopum*). A distribuição desta floresta galeria está condicionada pela maior humidade dos vales e das vertentes;
- *florestas sub-húmidas*: formação com cobertura vegetal heterogénea e de grande diversidade e densidade, com estratos arbóreo (árvores de grande e médio porte) e arbustivo. É uma formação cujas manchas principais ocupam as áreas de maior pluviosidade do país, no sul de Quinara e na região do Tombali. Entre as árvores maior porte (até 40 m) encontram-se espécies como Po de bitcho amarelo” (*Chlorophora regia*), “Polon” (*Ceiba pentandra*) e “Po de miséria” (*Anisophylla lamina*);

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

- *florestas secas e semi-secas*: manchas com estrato arbóreo com 20 a 30 m e um estrato arbustivo e lianas, separadas por manchas de gramíneas. Entre as principais de espécies de árvores contam-se a “Bissilon” (*Khaya senegalensis*), “Po de conta” (*Azelia africana*), “Manconde” (*Erythropheleum guineense*), Palmeira de óleo (*Elaeïs guineenses*), “Po de carvão” (*Prosopis africana*), “Po de sangue” (*Pterocarpus erinaceus*);
- *florestas degradadas e/ou secundárias*: formação com estrato arbóreo com densidade de ocupação entre 10 e 50% , correspondendo a florestas degradadas resultado de diferentes fatores, como o empobrecimento dos solos, ou os efeitos das queimadas;
- *savanas arbustivas litorais*: formação com estrato herbáceo (1 a 2 m) predominante e estrato arbustivo pouco denso. Ocupa solos de baixa fertilidade, com textura arenosa, resultado da evolução de sedimentos marinhos, nos limites das praias, depressões e cordões arenosos;
- *savanas herbáceas “lala”*: formação que ocupa áreas de depressão e solos hidromórficos (submersos ou com lençol freático muito próximo na estação das chuvas), apenas com estrato herbáceo. Áreas muito utilizadas para o cultivo do arroz;
- *mangais*: formação típica da área costeira, sujeita à influência das marés, compreendendo dois tipos distintos – o mangal alto e o mangal baixo. No mangal alto, com estatura média de 10 m domina o género *Rhizophora*, presente nas margens litorais e de estuários, inteiramente controlados pelas marés. No mangal baixo, com estatura média de 5 m, predomina o género *Avicennia*, que ocupa áreas costeiras e estuarinas inundadas em função das marés semi-diurnas;
- *tannes*: campos de solo nú ou com afloramento de sal ou vegetação herbácea halófila e hidrófila. Áreas relacionadas com abandono de *bolanhas*, a diminuição das chuvas ou o aumento da salinidade nas áreas de mangal;

### 2.6 Agricultura da Guiné-Bissau

Segundo os dados disponibilizados pela FAO (FAOSTAT <https://www.fao.org/faostat/en/#country/175>), atualizados a 2023, a agricultura representa o principal pilar económico e social da Guiné-Bissau. Este sector emprega a maioria da população residente em áreas rurais e desempenha um papel importante na garantia da segurança alimentar. O tecido agrícola do país é constituído maioritariamente por pequenas explorações familiares, que utilizam métodos tradicionais e pouco mecanizados, enquanto o país dispõe de cerca de 1,6 milhões de hectares de terras com aptidão agrícola, o que corresponde a aproximadamente 45% do território nacional.

Contudo, apenas cerca de 18% dessas terras estão efetivamente em uso, revelando um aproveitamento aquém do potencial existente. Esta subutilização é particularmente notória na produção de arroz, cultura essencial na dieta guineense, onde somente cerca de 15% dos 200 mil hectares disponíveis são explorados para esse fim.

As organizações como a FAO e o Programa Alimentar Mundial (PAM) têm vindo a apoiar o governo na implementação de iniciativas destinadas a incrementar a produção de arroz. Estas ações incluem, entre outras, a distribuição de sementes melhoradas e a provisão de equipamentos agrícolas, o que já permitiu a algumas comunidades aumentarem os seus níveis de produção. Apesar das boas condições naturais do país para o cultivo do arroz, alcançar a autossuficiência alimentar e reforçar a segurança alimentar exige um investimento contínuo em infraestruturas, mecanização e capacitação técnica dos agricultores.

A produção nacional do arroz (figura, 16) não cobre o consumo anual estimado em 200 mil toneladas e o défice anual é suprido através da importação de arroz, maioritariamente proveniente de países asiáticos como a China, Vietname, Bangladesh e Índia (figura 16). Entre os fatores que explicam este défice estão a fraca mecanização agrícola, a salinização dos solos, os impactos das alterações climáticas e a escassez de mão-de-obra.

De acordo com a FAO, 2023, a produção de cereais na Guiné-Bissau tem registado, ao longo das últimas décadas, uma tendência de crescimento, embora marcada por flutuações significativas, provavelmente associadas a fatores climáticos, políticos e económicos. O ano de 2023 destacou-se como um dos melhores de sempre para a produção de arroz no país, resultado de uma combinação de expansão da área cultivada, adoção de práticas agrícolas mais eficientes e condições climáticas favoráveis.

Apesar destes progressos, a castanha de caju continua a ser o principal produto de exportação da Guiné-Bissau, representando cerca de 90% das exportações (Mendes & Atta, 2017). Esta cultura é predominantemente explorada por pequenos agricultores e unidades locais de transformação. No entanto, a expansão das plantações de caju por todo o país, tem vindo a reduzir as áreas disponíveis para a produção de arroz em regiões de planalto, comprometendo a resiliência do sistema alimentar e aumentando a dependência das importações deste cereal fundamental para a alimentação da maioria da população guineense.

Para além do arroz, cultura ancestral, e da castanha de caju, introduzida há cerca de 40 anos e hoje também dominante, o país destaca-se pelo cultivo de diversas culturas alimentares, como o milheto, o sorgo, o milho, a mandioca, a batata-doce e o amendoim

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

(antiga cultura comercial), bem como de culturas comerciais como o algodão e várias árvores de fruto, cujos pomares de mangueiras, citrinos e bananeiras têm sofrido um declínio produtivo devido à redução da precipitação nos últimos anos (FAO, 2005).

De acordo com a FAO (2005), no país existem quatro sistemas de produção agrícola que englobam as diferentes formas de cultivo praticadas a nível nacional:

- ❖ cultivo de arroz em áreas de mangal (conhecidas como *bolanhas*), localizadas nas áreas costeiras, muitas vezes acompanhado de pecuária e pesca;
- ❖ um sistema de transição entre os mangais e os planaltos espalhados por todo o país permite a produção de arroz e outros cereais (milheto, sorgo, milho) nas áreas altas;
- ❖ sistema dos planaltos do Nordeste, centrado no cultivo de milheto, sorgo e amendoim, com alguma presença de arroz e milho, integrando uma agricultura de subsistência;
- ❖ um sistema de produção em larga escala, orientado para o mercado e gerido por agricultores comerciais (os chamados *ponteiros*), que exploram as melhores terras com elevada produtividade, beneficiando da utilização de fertilizantes químicos e do acesso a crédito.

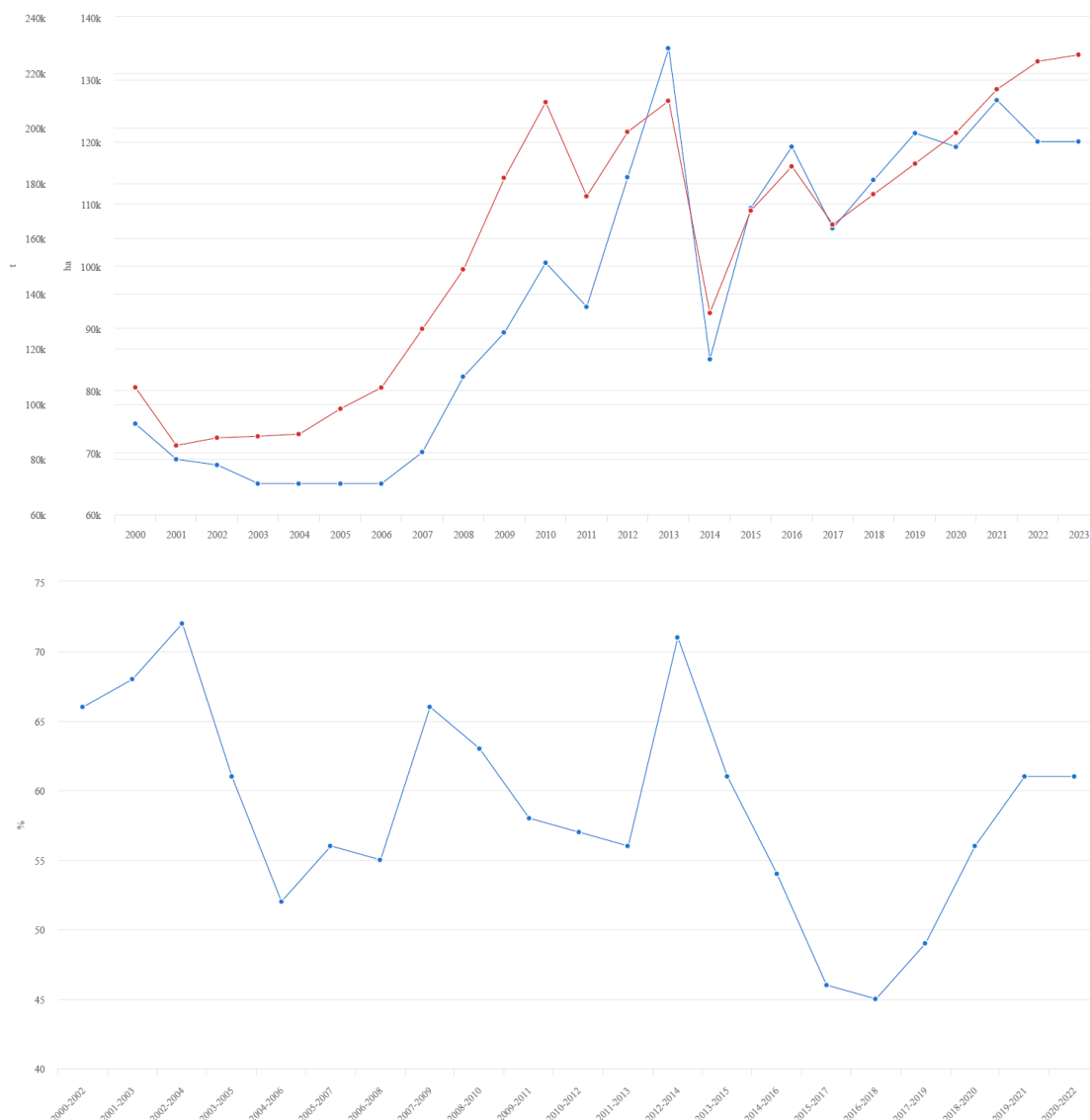


Figura 16. Área cultivada (em baixo, a azul, em hectares), rendimento e a produção nacional dos cereais (em cima, a vermelho, valores milhares de toneladas) e as importações de alimentos no total das exportações de bens no país (em baixo, em %.).

Fonte: FAOSTAT

## 2.7. Aspetos geográficos das três regiões de estudo Malmon: Cacheu, Oio e Tombali

### 2.7.1. Região de Cacheu

A região de Cacheu é uma das oito regiões administrativas da Guiné-Bissau, situada na área costeira Norte do país, junto à fronteira sul com o Senegal. Esta região é banhada pelo oceano Atlântico a Oeste, faz fronteira a Sul com a região de Biombo e a Leste com a região de Oio. A cidade de Cacheu, que dá nome à região, foi fundada em 1558, após a chegada do primeiro navegador e explorador europeu à costa da atual Guiné-Bissau, o português Nuno Tristão, em 1446. No século XVII, foi instituída a Capitania-Geral da Guiné Portuguesa nesta mesma cidade (ANEME, 2018). Cacheu também desempenhou um papel

central no comércio transatlântico de escravos, sendo a partir do seu porto que os escravos da África Ocidental eram levados para as Américas (GRDR, 2018).

As aldeias ou *tabancas* selecionadas para estudo no âmbito do projeto Malmon são Elalab, Elia e Djobel, que pertencem à seção de Suzana, no setor de São Domingos, localizado na parte mais setentrional da região, junto à fronteira com o Senegal.

### 2.7.1.1. Organização administrativa e população

A região de Cacheu é composta por seis setores: Cacheu (com o mesmo nome da região), Begéne, Bula, Canchungo, Caió e São-Domingos. Esta região inclui 25 seções e abrange 745 aldeias ou *tabancas* (GRDR, 2018). A administração regional com a sede em Cacheu, é chefiada por um governador da região, enquanto os sectores têm administradores como gestores dos assuntos locais sob a coordenação do governador regional e todos eles são nomeados pelo governo central. As seções que compõem sectores são chefiadas por vices-administradores, enquanto as aldeias que compõem as seções pelos comités/chefes ou régulos de aldeias ou *tabancas*. Com a superfície de 5.175 km<sup>2</sup>, região de Cacheu é a quarta maior região do país, depois de Gabu, Bafatá e Oio.

De acordo com o último recenseamento geral da população realizado em 2009, a população residente na região de Cacheu era de 192.130 habitantes, com uma densidade populacional de 37 habitantes por km<sup>2</sup>, inferior à média nacional de 42 habitantes por km<sup>2</sup> no mesmo período. A região apresenta a percentagem mais elevada de população idosa (19%) em comparação com as outras regiões do país. Este fenómeno pode ser explicado pela migração de jovens da região para outras partes do país ou para o estrangeiro, em busca de melhores condições de vida, bem como pela deslocação de jovens para centros urbanos para frequentar universidades e centros de formação. Outro fator que contribui para o envelhecimento da população em Cacheu é a sua taxa de crescimento populacional, que é de 1,3%, inferior à média nacional de 2,2% (INE, 2009).

As principais etnias da região de Cacheu incluem os Manjacos, Felupes, Mancanhas, Balanta Mané, Banhuns, Cassangas, Baiotes e Cobianas. Além disso, há uma presença significativa de Balantas, Fulas, Mandingas e outras etnias, o que contribui para a rica e diversificada cultural da região, com o crioulo a servir como língua comum entre os diferentes grupos étnicos. A principal atividade económica da região é a agricultura de subsistência e a pesca artesanal. Além disso, a criação de gado, a produção de vinho e de óleo de palma são também práticas económicas relevantes entre a população. A produção agrícola na região é dominada pela orizicultura, tanto em áreas alagadas de água doce (bas-fonds) como em áreas de água salgada (mangais). Contudo, o cultivo de arroz em planaltos (arroz de n'pampam) tem vindo a diminuir devido ao aumento das plantações de

cajueiros (GRDR, 2018). Outros cereais cultivados incluem o milho, o milho-cavalo e o milheto, sendo comum também o cultivo de mandioca, batata-doce, feijão e a prática de horticultura na região de Cacheu. Em termos religiosos, a maioria da população de Cacheu segue a religião animista (34,0%), seguida por 30,7% que praticam o cristianismo, incluindo católicos e protestantes, enquanto 14,8% da população é muçulmana (INE, 2009).

#### *2.7.1.2. Hidrologia (estuários e rede hidrográfica)*

O rio Cacheu é o principal curso de água da região homónima, caracterizada por uma rede densa de canais e braços de rio, desempenhando um papel crucial no ecossistema local e na vida das comunidades. É um dos principais rios da Guiné-Bissau que desagua no Oceano Atlântico. Os seus braços estendem-se por várias localidades e *tabancas* da região, possibilitando o desenvolvimento de diversas atividades, como o cultivo de arroz nos mangais, a pesca, a extração de sal, a exploração das florestas de mangal, e servindo também como via de navegação. Durante a época das chuvas, o nível da água aumenta consideravelmente devido aos escoamentos superficiais de água doce provenientes da precipitação, enquanto na estação seca ocorre uma redução do nível da água, acompanhada pela influência permanente das águas salgadas do mar (IBAP, 2008).

#### *2.7.1.3. Tipos de florestas e vegetação*

De acordo com a FAO (2010), a região de Cacheu possui uma área de 3.600 hectares de florestas densas, 31.200 hectares de florestas abertas e degradadas, 94.400 hectares de savanas, 41.200 hectares de florestas de palmeiras, 90.800 hectares de florestas de mangais e 400 hectares de florestas ribeirinhas, totalizando 261.600 hectares de diversos tipos de florestas.

#### *2.7.1.4. Parque Natural dos Tarrafes do Rio Cacheu (PNTRC)*

A região de Cacheu possui um parque natural denominado Parque Natural dos Tarrafes do Rio Cacheu (PNTRC), uma área protegida criada pelo Instituto da Biodiversidade e das Áreas Protegidas (IBAP) em 1997. O objetivo do parque é conservar de forma sustentável os recursos dos ecossistemas, beneficiando o desenvolvimento das gerações presentes e futuras, especialmente os mangais ao longo do rio Cacheu, essenciais para a manutenção da produtividade dos recursos haliêuticos (IBAP, 2008), e servindo como local de reprodução para diversas espécies de peixes.

O Parque Natural dos Tarrafes do Rio Cacheu situa-se na faixa costeira da Guiné-Bissau e cobre uma área de 94.824 hectares, dos quais cerca de 19% constituem núcleos de proteção, compostos essencialmente por mangais, que abrangem um conjunto de 44 aldeias. A sua rica variedade de fauna protegida faz da Guiné-Bissau um dos centros mais

importantes para a observação de aves a nível mundial, com 248 espécies identificadas (ANEME, 2018).

Os mangais desempenham um papel vital para as comunidades locais, fornecendo uma rica diversidade de peixes, moluscos e mariscos, e constituindo áreas de desova para muitas espécies marinhas (FAO, 2009; IRD, 1999). Além disso, são fontes de extração de sal para fins culinários e atuam como barreiras naturais de proteção durante as marés altas.

#### *2.7.1.5. Técnicas de produção do arroz na região de Cacheu*

Na região de Cacheu, como em outras regiões do país, existem três principais sistemas de produção do arroz, relembrando o referido no capítulo 1.5:

- Sistema de cultivo do arroz de sequeiro (N'pampam);
- Sistema de cultivo do arroz de bolanha doce (bas fonds) e;
- Sistema de cultivo de arroz de bolanha salgada (sistema de mangal).

Devido à localização das *tabancas* de Elia, Djobel e Elalab na área insular, as suas comunidades dedicam-se principalmente ao cultivo de arroz de bolanha salgada (sistema de mangal), considerado o mais extensivo e produtivo. Nas áreas mais afastadas dos mangais, pratica-se o cultivo de arroz de bolanha doce (bas fonds). Não existem áreas adequadas para o cultivo de arroz de sequeiro (N'pampam).

O sistema de cultivo de arroz de bolanha salgada envolve, numa primeira etapa, a desflorestação de uma área de mangal para criar um campo agrícola. Segue-se a construção de um dique de proteção ou de cintura com altura que ultrapassa a altura das marés altas para impedir a entrada de água salgada durante as mesmas, e ao mesmo tempo, permitir a retenção da água pluvial para a lixiviação (lavagem) do solo na nova parcela. Este processo de lixiviação pode levar vários anos até que o solo esteja adequado para o cultivo de arroz (Penot, 1994). Após a construção do dique principal, são feitas as divisões de parcelas para uma melhor gestão de água e também impedir a entrada de água do mar em caso de rotura do dique principal. O tipo de solo, a topografia e dimensão das parcelas (que é muito variável) jogam um papel importante na captação de água doce das chuvas e na lixiviação, permitindo o cultivo e crescimento saudável do arroz (Van Ghent & Ukkerman, 1993).

### 2.7.2. Região de Oio

A região de Oio é uma das oito regiões administrativas da Guiné-Bissau, sendo limitada a Norte pela fronteira Sul do Senegal, a Oeste pela região de Cacheu, a Este pela região de Bafatá e a Sul pelo rio Geba. É constituída por cinco setores administrativos: Bissorã, Farim, Mansabá, Mansôa e Nhacra. A sua sede administrativa fica no setor de Farim, um dos sectores importantes na transação comercial entre o Senegal e a Guiné-Bissau, tendo esta localidade sido fundada no século XVII pelo Capitão-mor de Cacheu, governador da antiga Guine-Portuguesa (<https://pt.wikipedia.org/wiki/Farim>).

As aldeias ou *tabancas* que fazem parte do projeto de pesquisa Malmon na região de Oio são: Blaftchur e Uncur no setor de Bissorã, Malafo, N'tchugal e Segum no setor de Mansôa e Rochum no sector de Nhacra.

#### 2.7.2.1. Organização administrativa e população

A região de Oio é constituída por cinco sectores e tem uma superfície de 5.403 km<sup>2</sup>. De acordo com o último recenseamento geral da população em 2009, a sua população total residente era de 224.644 habitantes, com uma densidade populacional igual a 41,6hab/km<sup>2</sup>, muito próximo da densidade populacional do país que era de 42hab/km<sup>2</sup> para o mesmo período, ocupando a segunda posição na percentagem da população idosa (17,3%) e com uma baixa taxa de crescimento (1,8%) em relação a média do país (2,2%) (INE, 2009). Em termos da repartição da população total por região, a região de Oio ocupa a segunda posição, contribuindo com 14,9% da população residente, sendo ultrapassado pelo sector autónimo de Bissau que representa 25% da população total do país.

As principais etnias encontradas na região de Oio são Balantas, Mandingas, e Mansoncas embora se encontrem também em número muito significativo os Manjacos, Balanta Mané, Fulas e outras etnias, atribuindo à região uma rica e diversificada cultura. A religião muçulmana é dominante, com 42,1%, seguido de animistas (20,8%), enquanto a cristã representa 15,8% da população da região (INE, 2009).

A principal atividade económica da região é a agricultura, baseada em diferentes produções, desde logo dominadas pela cultura de arroz de mangais e de planaltos (alimento básico da população), mas também as culturas do milho e da mancarra “amendoim”, as plantações de cajueiros, a cultura dos tubérculos e outras, além da horticultura irrigada, praticada especialmente pelas mulheres. São também relevantes para a economia regional outras atividades agrícolas, pecuárias e silvícolas, tais como criação do gado bovino, a exploração de produtos florestais lenhosos e não lenhosos e a

exploração do vinho e óleo de palma. A pesca é pouco praticada nesta região em comparação com o caso da região de Cacheu.

### *2.7.2.2. Hidrologia (estuários e rede hidrográfica)*

O rio Mansoa é um dos rios mais importante do país, pelo seu papel na economia do país como na agricultura, na pesca, na extração de sal, na exploração das florestas de mangais para diversos fins e na navegação. Ele percorre toda a região e os seus braços penetram pelo território, possibilitando o desenvolvimento da cultura do arroz de mangal em toda a região. É também considerado como reserva ecológica da região.

### *2.7.2.3. Tipos de florestas e vegetação*

A região de Oio apresenta 69.600 hectares de florestas densas, 144.000 hectares de florestas abertas e degradadas, 126.800 hectares de savanas, 8.800 hectares de florestas de palmeiras, 10.000 hectares de florestas de mangais e 6.800 hectares de florestas ribeirinhas, perfazendo um total de 366.000 hectares de vários tipos de florestas (FAO, 2010).

### *2.7.2.4. Tipos e técnicas de produção da cultura do arroz na região*

Na região de Oio, tal como em noutras partes do país, os agricultores praticam três principais sistemas de produção de arroz: o sistema de cultivo de arroz de sequeiro (N´pampam), o sistema de cultivo de arroz em bolanha doce (bas fonds) e o sistema de cultivo de arroz em bolanha salgada (sistema de mangal), dependendo da localização da tabanca. Nas *tabancas* que integram a área de estudo de Malmon, na região de Oio (Rochum, N´tchgal, Sugum, Malafo, Blaftchur e Uncur), o sistema de cultivo de arroz em bolanha salgada (sistema de mangal), considerado mais produtivo do que os outros, é o mais utilizado. Alguns agricultores praticam o sistema de cultivo de arroz de sequeiro (N´pampam) nas terras altas, em áreas de florestas ou savanas, estando muitas vezes associado com a plantação de cajueiros. O sistema de cultivo de arroz de sequeiro (N´pampam) começa com o corte das árvores na área desejada, seguido da queima das árvores cortadas. Finalmente, a terra é preparada e o arroz é semeado diretamente, sem necessidade de viveiros para posterior transplante.

### *2.7.3. Região de Tombali*

A região de Tombali é uma das oito regiões administrativas do país, situada na área costeira sul e banhada pelo Oceano Atlântico. A região é composta por cinco sectores e 34 secções. Com uma população de 94.717 habitantes, correspondendo a 6,3% da população nacional, a região de Tombali é a terceira menos povoada do país depois de

Bolama Bijagós (2,2%) e Quínara (4,2%). Deste total, 78.122 habitantes vivem na área rural e os restantes vivem na área urbana (INE, 2009).

As aldeias ou *tabancas* que fazem parte do projeto da pesquisa de Malmon na região de Tombali são: Caequene, Cafale e Cafine no setor de Bedanda e Qubil no setor de Catió.

#### *2.7.3.1. Organização administrativa, população e atividades socioeconómicas*

A região de Tombali é constituída pelos setores de Bedanda, Cacine, Catió, Komo e Quebo. Tombali tem como capital administrativa a cidade de Catió, e a região ocupa uma superfície total de 3.737 km<sup>2</sup> e, em 2009, a sua população residente era de 94.717 habitantes, com densidade de 25 hab./km<sup>2</sup>, menor que a densidade do país para o mesmo período, comportando 7,5% da população idosa ao nível do país (INE, 2009).

As principais etnias típicas da região de Tombali são: Nalus, Sussus, Beafadas e Balantas, embora existam outras etnias que fazem parte do mosaico étnico da Guiné-Bissau, como Fulas, Mandingas, Saraculés, Papeis, Manjacos e outras etnias em número reduzido. A religião maioritária na região é a religião muçulmana com 43% dos fiéis, seguido de animistas com 24,1% e a religião cristã com 14,7%, enquanto os sem religião representam 0,4% da população total da região (INE, 2009).

As principais atividades económicas da região são a agricultura de subsistência e a pesca artesanal. Também a criação do gado bovino é uma das atividades praticadas por alguns residentes da região de Tombali, além de que a exploração vinho e óleo de palma, constituem outras atividades praticadas pela população.

A produção agrícola de Tombali é dominada pela orizicultura inundada de água doce (bas-fonds) e água salgada (mangal), mas também é cultivado o arroz de planalto (arroz de n' pampam). Culturas complementares são representadas pelas plantações de cajueiros, e pelas culturas de amendoim (mancarra), milho e feijão.

A comercialização de produtos agrofloretais, tais como fole pequeno e grande (*Landolphia heudelotii*), veludo (*Dialium guineense*), forobá (*Parkia biglobosa*), mandíple (*Spondias mombin*), calabaceira (*Adansonia digitata*), Tambacumba (*Neocarya macrophylla*), mel de abelha e chabéu (óleo de palma) constitui igualmente uma atividade praticada pelas populações da região, demonstrando a natureza e riqueza da sua floresta (Mendes, 2021).

#### *2.7.3.2. Hidrologia (estuários e rede hidrográfica)*

A região de Tombali apresenta dois importantes rios: o rio Cacine e o rio Cumbija. Estes rios desempenham funções vitais para atividade económica, como agricultura, a

pesca, além de funcionarem como vias de comunicação ligando diferentes localidades da região. A importância destes rios é crucial para a agricultura nacional, dado que a região de Tombali é a mais produtora de arroz de mangal ao nível do país.

Em função do regime pluviométrico, estes rios atingem o seu caudal máximo nos meses de agosto a dezembro, começando a diminuir a partir de janeiro e durante toda época seca (Guimarães 1959).

### *2.7.3.3. Tipos de florestas e vegetação*

Na região de Tombali, no sul do país, as florestas densas sub-húmidas ocupam 63.600ha, enquanto as florestas densas sub-húmidas degradadas cobrem 39.600ha. Além disso, há 11.600ha de florestas de transição, 12.000ha de florestas densas e secas, 18.800ha de florestas abertas e degradadas, 38.800 hectares de savanas, 400ha de florestas de palmeiras, 68.800ha de florestas de mangais e 7.600ha de florestas ribeirinhas, somando um total de 253.200ha de diferentes tipos de florestas (FAO, 2010).

### *2.7.3.4. Parque Nacional de Cantanhez*

O Parque Nacional de Cantanhez (PNC) é uma área protegida e a sua criação foi baseada ao abrigo da Lei-Quadro de Áreas Protegidas do país, que estabelece as bases legais para a utilização e gestão correta do ambiente e visando um desenvolvimento sustentável (Martins, 2019). O PNC abrange uma superfície de 1067,67 Km<sup>2</sup>, pertencentes aos setores de Bedanda, Cacine e Quebo, e é classificado pelo Centro Mundial de Seguimento da Conservação (WCMW sigla inglesa) como um dos nove sítios importantes do ponto de vista da biodiversidade, por constituir a última mancha de floresta sub-húmida mais setentrional da África Ocidental, abrangendo uma grande diversidade de fauna e de flora e algumas espécies raras ou em via de extinção.

### *2.7.3.5. Tipos e técnicas de produção da cultura*

Os sistemas da produção da região de Tombali são os mesmos que se praticam em Oio e Cacheu, sendo o sistema de cultivo de arroz de bolanha salgada (sistema de mangal) o mais praticado pela comunidade da região devido à sua importância e rentabilidade. Nesta região as variedades do ciclo longo são mais cultivadas comparativamente às restantes regiões, devido sobretudo às suas características pluviométricas.

Orlando Mendes

A dimensão típica das parcelas de arrozal em Tombali é também maior relativamente às parcelas das regiões de Oio e Cacheu, facto igualmente explicado pela maior disponibilidade da água que a região apresenta.



## PARTE II MATERIAIS E MÉTODOS

### CAPÍTULO 3. DADOS EXPLORADOS E INSTRUMENTAÇÃO UTILIZADA

#### 3.1. Dados compilados de fontes institucionais

##### 3.1.1. Dados Meteorológicos – I.N. M. Guiné-Bissau

De acordo com Guimarães (1959), as primeiras observações meteorológicas na antiga Guiné Portuguesa, atualmente República da Guiné-Bissau, remontam a 1905, com a criação da primeira estação meteorológica em Bolama. Inicialmente, esta funcionava provisoriamente no palácio do Governo (Lat. 11°34'20"N, Long. 15°27'34"W), sendo posteriormente transferida para a capitania dos portos (Lat. 11°34'14"N, Long. 15°27'34"W).

A partir de fevereiro do ano seguinte, as observações meteorológicas realizadas na estação de Bolama passaram a ser conduzidas com instrumentos calibrados no Observatório de Infante D. Luiz, em Lisboa. A estação dispunha de um barómetro de mercúrio Adie, um barógrafo e um termómetro registador Richard, além de um termómetro simples de máxima e mínima e um psicrómetro. Contudo, nesse período inicial, não eram efetuadas medições de precipitação.

Para expandir a rede de observação meteorológica no território, foram instaladas, em 1916, novas estações meteorológicas em Bissau, Bafatá, Cacheu, Bissorã e Cacine. Posteriormente, por proposta do Governador Tenente-Coronel Leite de Magalhães, foram criados os Serviços Meteorológicos da Guiné. Esta estrutura englobava o Observatório Meteorológico de Bolama, bem como as estações climatológicas de Bafatá, Bissau, Bubaque, Cacine, Farim e Piche, os postos pluviométricos de Bissorã e Cacheu, com o objetivo de unificar os estabelecimentos meteorológicos existentes e fundar novos sob a designação de Serviços Meteorológicos da Guiné (Guimarães, 1959).

Com a criação dos Serviços Meteorológicos da Guiné, novas estações e postos pluviométricos foram surgindo com o intuito de abranger todo o território. Assim, em 1941, foi inaugurada a estação de Nova Lamego ("Gabu-Sará") e a de Buba. Em 1946, entrou em funcionamento a estação de Catió, seguindo-se, em 1952 o posto pluviométrico de Mansabá. No ano de 1953, foram instaladas as estações de Caió, Bula e o posto pluviométrico de Teixeira Pinto. Já em 1955, foram criadas as estações de Fulacunda, Xitole



nos registos meteorológicos nacionais, a par da situação económica geral que se mantém muito precária até a atualidade.

Na presente investigação, no âmbito do estudo da evolução recente do Clima na Guiné-Bissau (1981-2020), foram usados os dados climatológicos diários e mensais de precipitação e temperatura. Estes dados foram obtidos a partir da base de dados do INM-GB, selecionando-se as séries contínuas mais longas e, por conseguinte, mais adequadas para o estudo da variabilidade climática. Os dados utilizados consistem em séries diárias de precipitação total, temperatura máxima diária e temperatura mínima diária, registadas nas três principais estações meteorológicas do país (Bissau/Observatório, Bafatá e Bolama; figura 18). Além disso, foram também utilizadas séries mensais de dados das mesmas estações meteorológicas para o período de 1960 a 2020 (Tabela I). Por outro lado, ainda, no âmbito da pesquisa da variabilidade e tendências da estação chuvosa na Guiné-Bissau foram ainda explorados os dados diários dos postos pluviométricos que se mantêm funcionais no país (figura 18 e tabela II). Devido à ausência de dados diários entre 1960 e 1980, decidiu-se analisar o período mais longo de 1960-2020 explorando as séries mensais e anuais e adotar a série mais recente de 1981-2020 para o cálculo de índices climáticos que requerem observações diárias. Os dados usados neste estudo estão disponíveis mediante pedido oficial ao Instituto Nacional de Meteorologia da Guiné-Bissau.

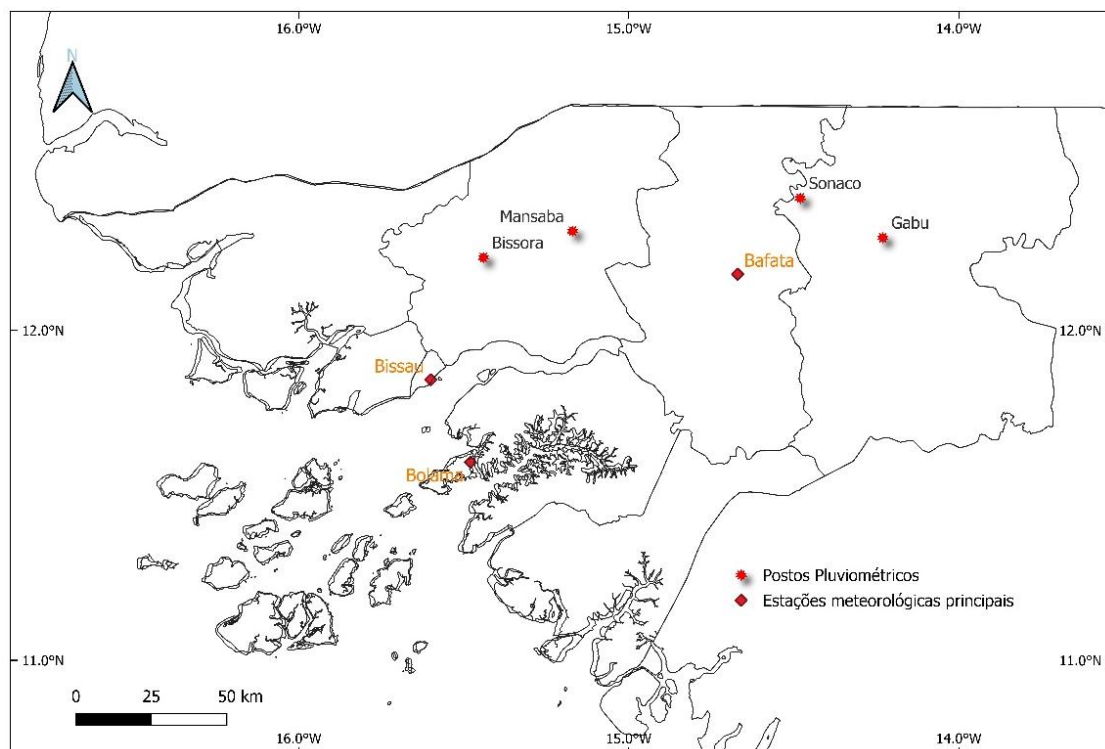


Figura 18. Localização geográfica das estações meteorológicas principais e postos pluviométricos do país.

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

Tabela I. Observações meteorológicas mensais e diárias utilizadas neste estudo

Série de observação mensal					
Estação	Parâmetros climáticos e abreviatura	Período	Latitude (°)	Longitude (°)	Altitude (m)
Bissau/Observatório	Precipitação total (P)	1960-2020	11.85	-15.6	43
	Temperatura máxima (Tx)	1960-2020			
	Temperatura mínima (Tn)	1960-2020			
Bolama	Precipitação total (P)	1981-2020	11.60	-15.48	20
	Temperatura máxima (Tx)	1981-2014			
	Temperatura mínima (Tn)	1981-2014			
Bafatá	Precipitação total (P)	1981-2020	12.17	-14.67	20
	Temperatura máxima (Tx)	1981-2017			
	Temperatura mínima (Tn)	1981-2017			
Série de observação diária					
Estação	Parâmetros climáticos e abreviatura	Período	Latitude (°)	Longitude (°)	Altitude (m)
Bissau/Observatório	Precipitação total (P)	1981-2020	11.87	-15.63	43
	Temperatura máxima (Tx)	1981-2020			
	Temperatura mínima (Tn)	1981-2020			
Bolama	Precipitação total (P)	1981-2020	11.60	-15.48	20
	Temperatura máxima (Tx)	1981-2020			
	Temperatura mínima (Tn)	1981-2014			
Bafatá	Precipitação total (P)	1981-2020	12.17	-14.67	20
	Temperatura máxima (Tx)	1981-2017			
	Temperatura mínima (Tn)	1981-2017			

Tabela II. Principais estações e postos pluviométricos do país, e características das séries de observação de precipitação diária.

Estação	Região	Longitude (°)	Latitude (°)	Altitude (m)	Período	Anos com lacunas nas séries
Mansabá	Oio	-15,17	12,30	43	1981-2020	2000*
Bissorã	Oio	-15,16	12,22	10	1981-2020	1985*, 1998* e 2011*
Bissau-Obs	SAB	-15,63	11,87	20	1981-2020	1998
Bolama	Bolama Bijagós	-15,48	11,60	20	1981-2020	-
Bafatá	Bafatá	-14,67	12,17	43	1981-2020	-
Gabu	Gabu	-14,23	12,28	83	1981-2020	1998
Sonaco	Gabu	-14,31	12,24	54	1981-2020	2001*

\*Lacunas em alguns meses. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia da Guiné-Bissau.

### 3.1.2. Dados de Climate Hazards Group InfraRed Precipitation (CHIRPS)

O conjunto de dados CHIRPS (*Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data*), versão 2.0 (Funk et al., 2014) foi utilizado para realizar uma análise regional da variabilidade interanual da precipitação na África Ocidental, com enfoque nas características da estação chuvosa (momentos de início, de termo e sua duração), e na sua zona caracterizada por regime pluviométrico unimodal, com máximo no verão boreal.

Este conjunto de dados fornece registos diários de precipitação, combinando estimativas de satélite com observações pluviométricas provenientes de estações meteorológicas.

A adequação do conjunto de dados CHIRPS 2.0 para a estimativa da precipitação diária em regiões tropicais de África foi avaliada em diversos estudos ( e.g., Mekonnen et al., 2023; Nkunzimana et al., 2020), demonstrando um desempenho superior em comparação com outros conjuntos de dados híbridos que combinam observações pluviométricas e estimativas por satélite. A exploração deste conjunto de dados CHIRPS 2.0 no âmbito do estudo da variabilidade temporal da precipitação noutros domínios regionais de África foi já realizada por Muthoni et al. ( 2019). Os dados CHIRPS 2.0 estão disponíveis no formato de ficheiro NetCDF e incluem duas resoluções espaciais: 0,05° e 0,25° (latitude × longitude). Considerando as limitações computacionais e de armazenamento, para a presente investigação foi selecionada a resolução de 0.25°, que continua a ser um conjunto de dados de alta resolução adequado para análises geoespaciais de fenómenos como as características da estação chuvosa. Foram extraídas séries diárias de precipitação para o domínio da África Ocidental (Figura 19), permitindo uma avaliação da variabilidade a longo prazo, em particular no que se refere à variância temporal e às tendências observadas ao longo dos últimos 40 anos (1981-2020).

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

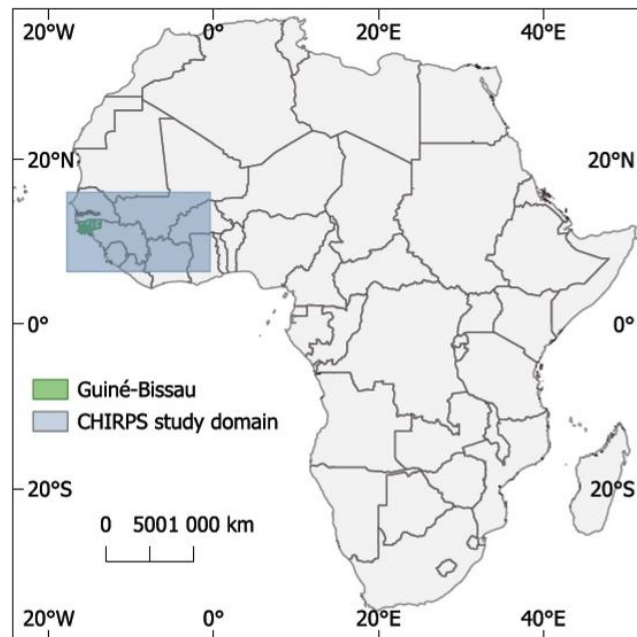


Figura 19. Área estudada no continente africano através da exploração do conjunto de dados CHIRPS 2.0

Os limites deste domínio definem-se pelas latitudes 8°N - 16°N e longitudes 17°W - 0°W, abrangendo a zona do Sahel (aproximadamente 12°-16°N) e a zona sudanesa (aproximadamente 8°-12°N) da África Ocidental (Kouassi et al., 2010), integrando os territórios da República da Guiné-Bissau, Senegal, Gâmbia, sul e sudoeste do Mali, sul da Mauritânia, Burkina Faso, Guiné-Conacri, norte da Serra Leoa, Costa do Marfim e Gana (Figura 19). Estes territórios situam-se numa faixa dentro da zona intertropical, caracterizada por um regime de precipitação unimodal (Liebmann et al., 2012), sendo que a estação chuvosa ocorre principalmente durante o verão boreal, de maio a novembro, dependendo das regiões específicas.

### 3.1.3 Dados de Climatic Research Unit Time-Series (CRU TS versão 4.08)

O CRU TS 4.08 (Climatic Research Unit Time-Series) é um conjunto de dados climáticos mensais desenvolvido pela Universidade de East Anglia, cobrindo o período de 1901 até o presente. Dada a grande carência de estações meteorológicas da Guiné-Bissau com registos de temperatura do ar, recorreu-se à recolha de dados deste *dataset* para a área que abrange o território, na escala mensal, relativamente ao período 1960-2020. Os dados CRU TS recolhidos referem-se à temperatura do ar a 2 metros (mínima, máxima e média), com uma resolução espacial de 0.5° (~50 km), em formato NetCDF. Os dados são derivados de observações de estações meteorológicas globais, interpolados para uma malha regular. O conjunto de dados CRU TS é amplamente utilizado em estudos climáticos, como em (Mortey et al., 2023; Uzoma et al., 2023), devendo notar-se que, como

se baseia em medições terrestres, a sua precisão pode variar conforme a densidade de estações em diferentes regiões.

### 3.2 Dados recolhidos por instrumentação expressamente instalada (rede Malmon)

De acordo com o plano de investigação apresentado na Introdução deste trabalho, a monitorização do clima atual em áreas de produção orizícola da Guiné-Bissau constitui um dos seus objetivos importantes, enquadrado no contexto das atividades desenvolvidas pelo projeto Malmon, iniciado em 2019. O projeto Malmon permitiu levar a cabo a instalação de uma rede meteorológica visando o estudo da diversidade microclimática e agroecológica nas suas três áreas de intervenção – Cacheu, Oio e Tombali - onde a presença do mangal é elemento característico da paisagem (figura 20). Esta rede de observação compreendeu um total de 10 estações meteorológicas repartidas pelas três áreas de intervenção, tendo sido escolhido um modelo de equipamento adequado às condições locais existentes, marcadas pela ausência de cobertura de internet que permitisse uma recolha instantânea e via *online* dos dados. A escolha recaiu na estação meteorológica ATMOS41, produzida pelo fabricante METER GROUP, um modelo que tem sido utilizado em vários programas de monitorização do clima em países em desenvolvimento, de que é exemplo a iniciativa TAHMO (*Trans-African Hydro-Meteorological Observatory*; tahmo.org), implementada na África subsariana. A ATMOS 41 é uma estação meteorológica compacta, de baixo custo e fácil instalação, e a sua boa performance e adequação para aplicações em agroclimatologia foi demonstrada em vários estudos (e.g. Dombrowski et al., 2021; Macharia et al., 2022). As variáveis meteorológicas medidas pela estação meteorológica ATMOS 41 são as seguintes:

- temperatura do ar,
- humidade relativa,
- pressão de vapor,
- pressão barométrica,
- velocidade e direção do vento,
- radiação solar,
- precipitação,
- relâmpagos

Antecedendo a instalação das estações meteorológicas, foram primeiramente avaliadas as condições locais adequadas para a sua colocação em cada uma das dez localidades ou aldeias escolhidas (Figuras 20 e 21).

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

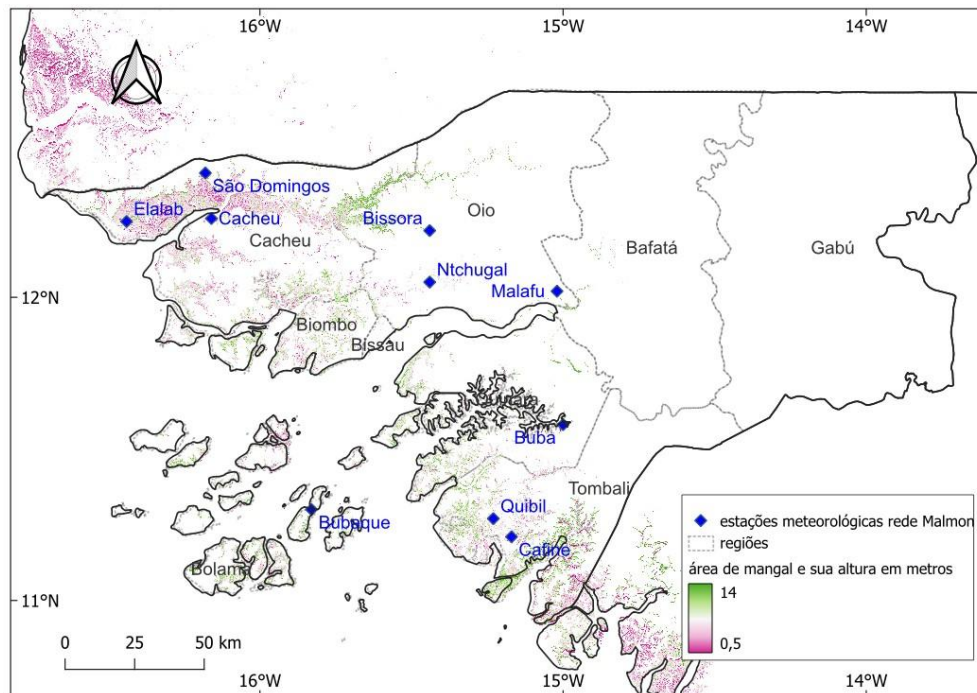


Figura 20. Localização das 10 estações meteorológicas instaladas no quadro do projeto Malmom-Desira e área ocupada pelo mangal e a sua altura média ponderada em metros segundo Simard et al. (2019).

Foi realizado um reconhecimento local que permitiu a identificação de áreas de terreno aberto amplo e sem obstáculos, bem nivelado. Outro critério nessa escolha de locais foi assegurar a colaboração de camponeses ou técnicos de entidades parceiras do Malmom, garantindo a vigilância e segurança dos equipamentos, prevenindo eventuais atos de vandalismo ou aproximação de animais, assim como ações de manutenção necessárias, como a limpeza regular (mensal) do coletor de udómetro.

Escolhidos os locais adequados, procedeu-se à instalação das primeiras seis estações meteorológicas nas localidades de São Domingos (setor de Cacheu), Elalab (Cacheu), N´tchugal (Oio), Malafo (Oio), Buba (Quinara) e Cafié (Tombali) no mês de abril de 2021. As restantes quatro estações foram instaladas no princípio do mês de janeiro de 2022 nas localidades de Bubaque (Bijagós), Quibil/Catió (Tombali), Bissorã (Oio) e Cacheu (Cacheu), tal como se ilustra na figura 21. De referir que as estações de Bubaque (Bijagós) e Buba (Quinara) não se situam nas três áreas de intervenção do Malmom, no entanto foi decidida a colocação de equipamentos nesses locais no âmbito da cooperação estabelecida com o IBAP-Instituto da Biodiversidade e Áreas Protegidas, que colaborou com o projeto através da cedência de espaços devidamente vigiados e com apoio técnico no processo de instalação.



Figura 21. Instalação de algumas das estações meteorológicas ATMOS 41 nas localidades da área de estudo.

As observações meteorológicas são gravadas num registador (*data logger*) ZL6 (do mesmo fabricante METER), ligado à estação meteorológica. Todos os dispositivos estão fixados num poste de ferro galvanizado com 2 metros de altura, estando os sensores colocados a 1,5 m cima do solo, exceto no caso de São Domingos, onde estão instalados a cerca de 3 metros de altura. A instalação a essa altura resulta da reutilização de uma infraestrutura previamente existente, um poste outrora utilizado numa estação meteorológica automática, localizada nas imediações da sede do Parque do IBAP nessa localidade.

Em todas as estações meteorológicas foram programados registos com um passo temporal de 30 minutos, sendo os dados descarregados para um computador portátil através de um cabo de comunicação digital SDI-12 (figura 21).

### 3.2.1 Problemas pontuais ou temporários ocorridos na rede de monitorização meteorológica Malmon

Durante o período de monitorização, foram detetadas algumas inconsistências nos dados registados pela instrumentação das estações meteorológicas da rede Malmon.

Essas falhas comprometeram temporariamente a continuidade do registo de dados nalgumas estações, sendo atribuídas principalmente a três fatores distintos:

- a) entupimento do pluviómetro: em várias ocasiões, verificou-se ausência de registo de precipitação ou registo de valores, mesmo em dias com ocorrência evidente de chuva. Após inspeção em campo, verificou-se que o pluviómetro integrado na estação ATMOS 41 apresentou sinais de obstrução, possivelmente causada por acúmulo de partículas, poeira, detritos vegetais ou insetos. Essa obstrução pode ter impedido o correto escoamento da água até o sistema de medição, afetando diretamente a precisão das leituras. Esta situação foi identificada, em 2022, nas estações de Quibil, Malafo e Bissorã;
- b) desconexão do cabo de comunicação com o registor ZL6: nalguns locais e períodos observou-se a interrupção completa dos registos de todos os parâmetros meteorológicos, causada pela desconexão do cabo de comunicação entre o sensor ATMOS 41 e o registor ZL6. Essa falha pode ter sido causada por movimentação acidental durante manutenção, vibrações, ou mesmo desgaste mecânico das ligações, ou mesmo a intervenção de animais ou crianças nas proximidades da estação. Durante os períodos em que esta desconexão ocorreu, não foi possível recolher ou armazenar qualquer dado, originando lacunas nas séries temporais, nomeadamente nas estações de Buba (2021), Elalab (2022), N'tchugal 2022 e 2024 e Bubaque (2024).
- c) registos nulos de radiação solar: foram ainda identificados períodos com registos contínuos de valor zero na variável de radiação solar, mesmo em dias de céu limpo e elevada incidência solar. A causa provável pode estar relacionada a falha eletrónica do componente de medição ou erro interno de comunicação com o registor. Esta anomalia foi observada, de forma persistente, na estação de Quibil desde dezembro de 2022.

### 3.3. Dados obtidos por questionário individual

Foram realizadas entrevistas individuais nas seis comunidades do projeto para investigar a perceção dos camponeses sobre a variabilidade e as alterações climáticas, as principais alterações observadas, os impactos na produção de arroz de mangal e as

medidas de adaptação local. As comunidades de projeto onde se realizou o inquérito das percepções camponesas foram Elia e Elalab (região de Cacheu), N´chugal e Malafo (região de Oio), Quibil e Cafine (região de Tombali), como se ilustra na figura 22. Na mesma figura apresentam-se as três estações climatológicas cujas séries climáticas de longa duração foram exploradas para estabelecer um enquadramento das tendências climáticas da temperatura e da precipitação, no âmbito dessa investigação.

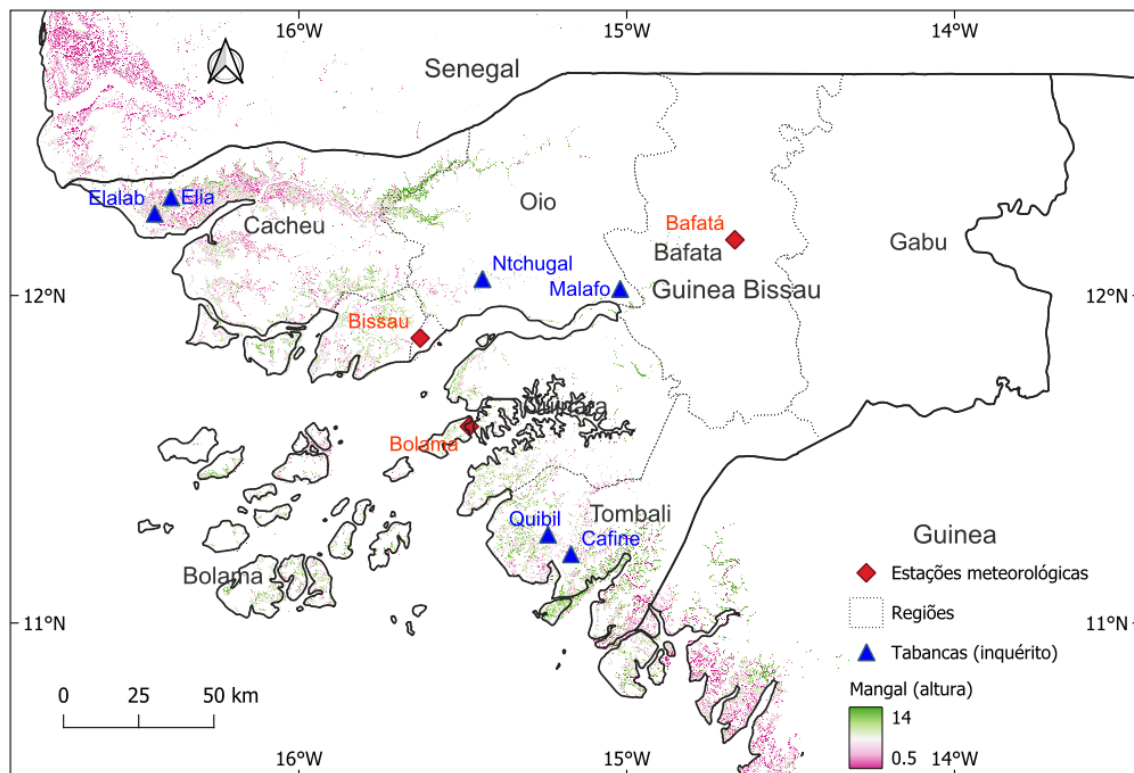


Figura 22. Comunidades camponesas objeto do inquérito sobre as percepções das alterações climáticas.

Para as entrevistas, foi elaborado um guião (anexo I) adaptado de Mendes (2017), para facilitar o trabalho mediante o preenchimento das respostas fornecidas pelos entrevistados, com base em questionários fechados, abertos e semiabertos, proporcionando uma leitura qualitativa ou quantitativa, consoante as questões. Os dados obtidos através do inquérito foram os seguintes:

- Dados demográficos e estruturais (idade do entrevistado);
- Número de parcelas agrícolas;
- Número de entrevistados que percebem variação na chuva e temperatura;
- Número de entrevistados que conhecem indicadores climáticos tradicionais;
- Grau de influência dos riscos climáticos na produção de arroz de mangal;
- Número de variedades de arroz cultivadas;

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

- Distribuição percentual das variedades de arroz cultivadas;
- Evolução da produção nos últimos 15 anos;
- Número de parcelas cultivadas antes e depois;
- Número de meses que a produção de arroz cobre a alimentação do agricultor e outros.

No total, foram entrevistados 115 chefes de agregado familiar, correspondendo a 20,2% de um universo de 569 agregados de seis aldeias, com idades entre 24 e 80 anos. A faixa etária dos 24-40 anos corresponde a 29,6%, enquanto os de 41-60 anos representam 50,4%, e os maiores de 60 anos constituem 20%. Esta faixa etária foi escolhida com a suposição de que os agricultores têm um conhecimento aprofundado do sistema de produção de arroz de mangal e possuem experiência e memória histórica, capaz de comparar as condições climáticas passadas com as atuais, assim como identificar alterações recentes na abordagem agrícola. Para avaliar os impactos das alterações climáticas, foram usados objetos (pedras, paus e troncos) de diferentes tamanhos para ilustrar vários níveis de impacto (neutro, muito fraco, fraco, forte e muito forte), ajudando os entrevistados a fornecer respostas mais precisas.

### 3.4. Dados de input do modelo DSSAT (Decision Support System for Agrotechnology Transfer, módulo CERES-Rice)

No âmbito das atividades de investigação do presente projeto foi concretizado um estágio de formação trimestral (março a maio de 2022) no Departamento de Formação e Pesquisa do AGRHYMET, Centro Climático Regional para a África Ocidental e Sahel (Niamey, Níger). Foi uma oportunidade para desenvolver uma iniciação à modelação climática explorando dados das projeções climáticas do projeto CMIP (Coupled Model Intercomparison Project, do World Climate Research Program). A atividade realizada enquadrou-se no âmbito do objetivo 6 desta investigação –“Modelizar a produção futura do arroz de mangal baseada em cenários climáticos futuros” – e envolveu a aprendizagem da utilização do modelo DSSAT (Decision Support System for Agrotechnology Transfer), módulo CERES-Rice.

#### 3.4.1 Dados climáticos NASA POWER

Foi necessário recorrer à base de dados climáticos NASA POWER (Prediction of Worldwide Energy Resources, <https://power.larc.nasa.gov/>) de forma a poder reunir os

dados meteorológicos de input no modelo DSSAT-CERES-Rice, que será objeto do capítulo 8 desta investigação. Os dados climáticos da rede meteorológica nacional da Guiné-Bissau são incompletos, têm cobertura espacial limitada e não integram algumas das variáveis climáticas essenciais para esta modelação. A utilização do NASA POWER justifica-se pela sua acessibilidade, abrangência espacial e reconhecida fiabilidade em estudos de modelação agrícola (Sparks, 2018).

Deste modo, para alimentar o modelo DSSAT com dados climáticos fiáveis e consistentes, recorreu-se à base de dados histórico de NASA POWER, através do portal <https://power.larc.nasa.gov> conforme referenciado por Darman et al. (2024). A utilização dos dados do NASA POWER nesta investigação fundamenta-se na sua abrangência global e pela disponibilidade de séries temporais diárias de variáveis meteorológicas, derivadas de reanálises atmosféricas e observações por satélite. Estes dados estão acessíveis gratuitamente através de uma interface web, com uma resolução espacial de meio grau de latitude por meio grau de longitude (Sparks, 2018). Adicionalmente, o conjunto de dados permite colmatar a falta ou baixa qualidade de informações meteorológicas locais, incompatíveis com os requisitos do modelo DSSAT, bem como à sua resolução temporal diária, constitui uma fonte viável e tecnicamente adequada para análises agrometeorológicas no âmbito da modelação de culturas.

A extração dos dados foi realizada com base nas coordenadas geográficas das localidades de interesse e convertidos para o formato requerido pelo DSSAT, garantindo a compatibilidade com os ficheiros de entrada do modelo.

Os variáveis meteorológicas necessárias para a simulação do rendimento da cultura do arroz no modelo DSSAT, foram os seguintes:

- Dados de precipitação (Rainfall);
- Dados de temperatura mínima (TMin);
- Dados de temperatura máxima (TMax);
- Dados de temperatura do ponto de orvalho (TDEW);
- Dados da radiação global na superfície da terra (SRAD);
- Dados de velocidade do vento (WIND) e;
- Dados de humidade relativa (RH2M).

Os dados diários considerados referem-se a um período contínuo de 30 anos (1984–2013), correspondente ao início da disponibilização sistemática da cobertura global

diária pelo conjunto de dados NASA POWER, a qual se mantém acessível até à atualidade. Este conjunto de dados constitui a base necessária para a execução das simulações no modelo DSSAT. Para a simulação da produção do ano da referência 2021, foram usados os dados das estações de Elalab e Cafine desse mesmo ano, enquanto os dados históricos do NASA POWER foram utilizados para simular a produção do período histórico.

### 3.4.2 Dados do cultivo de arroz

Os dados de cultura do arroz foram obtidos em registos de campo (facultados por agricultores locais parceiros do projeto Malmon, no ano agrícola 2021, em dois locais das regiões de estudo - Elalab Cacheu) e Cafine (Tombali) – e dizendo respeito a duas variedades de arroz de mangal: Caublak (*O. Sativa*) e Edjur (*O. glaberrima*). Foi assim possível reunir os seguintes dados de input:

- Tipos de variedade do arroz
- A data de sementeira;
- Número de plantas por metro quadrado.
- A data de floração;
- A data de maturação e;
- Rendimento por m<sup>2</sup>;

A escolha destas variedades de arroz para este estudo – Edjur e Caublak – prende-se com o facto de serem variedades utilizadas de modo predominante, respetivamente, no Cacheu (Norte) e em Tombali (Sul), refletindo as adaptações agroecológicas e as preferências locais mais consolidadas.

### 3.4.3 Dados do solo

Os dados do solo necessário para a simulação da produção no DSSAT são:

- Nível de pH;
- Teor de matéria orgânica do solo;
- Percentagem de Nitrogénio;
- Percentagem de carbono orgânico;
- Fósforo e;
- Potássio

Os dados utilizados foram obtidos no contexto de uma colaboração académica entre a equipa de investigação de doutorandos do projeto Malmon-Desira, encontrando-se disponibilizados em formato tabular e também sob a forma de publicações científicas, como por exemplo Merkohasanaj et al. (2025).

### 3.4.4 Parâmetros genéticos da variedade e sua calibração

Para a simulação do crescimento e rendimento da cultura do arroz, o modelo DSSAT utiliza coeficientes específicos da variedade, também designados por parâmetros genéticos de cultivar (ver Tabela III). Estes parâmetros descrevem o comportamento fisiológico da planta em diferentes fases do seu desenvolvimento. A calibração do modelo foi realizada com base em dados observacionais, permitindo o ajustamento adequado desses parâmetros genéticos. A precisão na parametrização destes valores é essencial para garantir a robustez e a credibilidade das simulações. Assim, os outputs simulados após a calibração do modelo DSSAT devem apresentar uma elevada concordância com os dados observacionais, de modo a permitir projeções mais rigorosas da produtividade futura sob diferentes cenários de variabilidade climática.

Tabela III. Parâmetros genéticos da Variedade de arroz no modelo DSSAT

Símbolo	Descrição	Unidade
VAR#	Código da variedade (cultivar)	—
VAR-NAME	Nome da variedade (cultivar)	—
EXPNO	Número da experiência	—
ECO#	Código do ecotipo (grupo ecológico da variedade)	—
P1	Grau-dia necessário até ao fim da fase juvenil (insensível ao fotoperíodo)	°C.dia
P2O	Fotoperíodo crítico abaixo do qual o desenvolvimento é retardado	Horas
P2R	Atraso no desenvolvimento por hora acima do fotoperíodo crítico	Dias
P5	Grau-dia desde a antese até à maturidade fisiológica	°C.dia
G1	Potencial genético de número de grãos por unidade de área	grãos/m <sup>2</sup> (relativo)
G2	Potencial genético de peso individual dos grãos	mg/grão (relativo)
G3	Potencial de taxa de enchimento de grão (biomassa acumulada por área)	g/m <sup>2</sup> /dia (relativo)
PHINT	Intervalo térmico entre o aparecimento de folhas sucessivas	°C.dia/folha
THOT	Temperatura máxima tolerada para o crescimento	°C
TCLDP	Temperatura crítica inferior para o desenvolvimento	°C
TCLDF	Temperatura crítica inferior para a floração	°C

### 3.4.5 Dados de produção

Os dados da produção referente ao ano de 2021, bem como a duração do ciclo cultural, foram obtidos através da colaboração entre a equipa de investigação de doutoramento de Malmon-Desira, dos estudantes da Universidade Lusófona da Guiné e dos agricultores locais envolvidos no projeto, residentes nas aldeias (ver Tabela IV).

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

Os dados obtidos foram baseados no registo sistemático de acompanhamento do cultivo de arroz, desde a fase de sementeira, passando pelas etapas de crescimento, floração, maturação, até à pesagem final da colheita.

Com base nos dados de produção de 2021, procedeu-se à simulação da produção histórica no período de 1984 a 2013. Esta simulação foi utilizada para calcular a produção média de referência, que serviu como base de referência para a avaliação da produção futura no modelo DSSAT.

*Tabela IV. Dados observados da produção e duração do ciclo vegetativo das variedades Caublak e Edjur*

<b>Tipo de variedade do arroz</b>	<b>Duração do ciclo vegetativo</b>	<b>Rendimento em kg/há</b>
<i>Caublak</i> - Repetição 2	120	2358
<i>Caublak</i> - Repetição3	111	2072
Edjur - Repetição 1	90	1936.8
Edjur- Repetição 2	90	2275.4

## CAPÍTULO 4. METODOLOGIAS DE INVESTIGAÇÃO

### 4.1. Estruturação e controlo de qualidade dos dados meteorológicos

#### 4.1.1 Séries climatológicas do Instituto Nacional de Meteorologia da Guiné-Bissau

Foram aplicados diversos procedimentos metodológicos para verificar a qualidade das séries climatológicas exploradas nesta investigação. Nesse exercício recorreu-se a algumas das funcionalidades do programa CLIMPACT2 recomendadas pelo painel de especialistas da Organização Meteorológica Mundial (<https://climpact-sci.org/about/project/>), bem como à realização de testes de homogeneidade disponíveis na ferramenta XLSTAT, um complemento estatístico para o Microsoft Excel.

O primeiro procedimento realizado correspondeu à deteção de lacunas (valores em falta nas sucessões cronológicas das observações), sendo em cada série contabilizado automaticamente, no CLIMPACT2, o número de dias sem registo durante um ano. Nesta verificação, a estação de Bissau/Observatório não apresentou quaisquer lacunas em cada um dos parâmetros observados. A estação de Bafatá não apresenta dados de temperatura máxima e mínima em 2018 e 2019 e apresentou 24,6% de lacunas em 2020, correspondendo a 3 meses de observação. Por último, no que diz respeito à estação de Bolama, foram observadas anomalias (registos considerados suspeitos, de tão improváveis) nos valores de temperatura mínima de 2015-2020, correspondendo a 15% dos dados diários. Os períodos com registos suspeitos foram excluídos das análises.

Quatro testes de homogeneidade absoluta foram utilizados para detetar possíveis heterogeneidades nas séries de dados de precipitação e temperatura. Os testes utilizados foram o teste Pettitt, o teste SNHT, o teste Buishand e o teste Von Neumann (Ahmad & Deni, 2013; Piticar & Ristoiu, 2012) sob hipótese nula ( $H_0$ ) ou alternativa ( $H_a$ ) de acordo com a presença de tendência ao longo da série. Assim, os dados são considerados homogéneos quando o valor de prova ( $p$ -valor ou  $p$ -value) obtido for superior ao nível de significância alfa = 0,05. Por outro lado, se o valor de prova calculado for inferior a esse nível, rejeita-se a hipótese nula em favor da hipótese alternativa, indicando a presença de heterogeneidade nos dados. A aplicação conjunta dos quatro testes visa garantir resultados mais confiáveis. Todos estes testes assumem, como hipótese nula, que os elementos das séries são independentes e identicamente distribuídos.

Os testes foram realizados utilizando a ferramenta XLSTAT (Begum & Najim, 2020) e foram aplicados, no caso das séries de temperatura do ar, às séries mensais dos valores médios das temperaturas máximas e das temperaturas mínimas, no período 1960-2020. Para a precipitação, os testes foram aplicados a dois tipos de séries: séries mensais da

contagem dos dias com precipitação igual ou superior a 1 mm correspondentes aos meses chuvosos do ano (maio a dezembro), e as séries de precipitação total mensal; note-se que a inclusão de dias com precipitação inferior a 1 mm é desaconselhável, pois poderia levar a heterogeneidades devidas unicamente a erros de medição de quantidades muito baixas de precipitação e até de orvalho (Aguilar et al., 2003; Wijngaard et al., 2003).

Entre os testes de homogeneidade utilizados, refira-se ainda que o teste de Pettitt tem a particularidade de ser amplamente utilizado na análise de séries climatológicas para identificar pontos de mudança ou ruturas nas variáveis meteorológicas ao longo do tempo (Bodian, 2014; Faye et al., 2017; Lubes et al., 1994). Ao detectar alterações na média de uma série temporal, os resultados do teste de Pettitt podem indicar possíveis alterações climáticas ou impactos de fatores externos como modificações ambientais no entorno, urbanização, ou outras, sugestão que se verifica quando o teste identifica um ponto de rutura significativo ( $p < 0,05$ ), fornecendo um momento exato dessa possível alteração (Aguilar et al., 2003).

### 4.1.2 Observações meteorológicas da rede Malmon

Após a aquisição e compilação das observações sub-horárias (de 30 em 30 minutos) das estações meteorológicas da rede Malmon foram realizados procedimentos estatísticos e gráficos visando a verificação e controlo da qualidade destes dados. Assim, recorreu-se ao cálculo e comparação dos valores obtidos (em estações próximas) relativos a várias medidas de estatística descritiva (média, desvio padrão, mínimo, máximo) de forma a detectar eventuais valores suspeitos e verificar a consistência e coerência temporal dos registos. Por outro lado, recorrendo ao programa Instat (Universidade de Reading), procedeu-se à construção de gráficos, tais como *boxplots* e histogramas, que são ilustrativos das distribuições dos dados e permitem, através da sua inspeção visual, identificar indícios de lacunas, registos erróneos ou suspeitos. Uma vez confirmada a ausência de valores aberrantes (extremamente anómalos), de inconsistências e de lacunas, os registos foram então organizados em séries de observação horária, diária, mensal e anual, para cada uma das dez estações meteorológicas da rede Malmon.

### 4.2 Cálculo de parâmetros climatológicos (dados INMGB)

A ferramenta Climpack (<https://climpack-sci.org/>) foi utilizada para calcular índices climáticos extremos (Gbode et al., 2019; Santos et al., 2019). Os principais índices climáticos selecionados foram baseados nos índices recomendados pelo painel de

especialistas em detecção, monitorização e índices de alterações climáticas (ETCCDMI) (Bedoum *et al.*, 2017; Reis *et al.*, 2020; Yin & Sun, 2018). Naturalmente, na seleção dos índices atendeu-se, igualmente, à sua relevância no contexto do estudo científico das condições agroclimáticas para a cultura do arroz, quer do ponto vista dos fatores adversos, quer dos fatores favoráveis. Os índices de extremos de temperatura do ar utilizados neste estudo estão detalhados na Tabela V, enquanto a Tabela VI especifica a lista de índices extremos de precipitação diária.

*Tabela V. Índices de temperatura do ar utilizados neste estudo. TX significa temperatura máxima; TN é a temperatura mínima.*

Índices	Descrição	Unidades
Dtr	Diferença média anual entre TX diária e TN diária	°C
Su	Número anual de dias em que TX > 25 °C	Dias
Tmm	Temperatura média anual	°C
Tnx	TN diária (anual) mais elevada	Dias
Tr	Número anual de dias em que TN > 20 °C	Dias
TXge30	Número anual de dias em que TX ≥ 30 °C	Dias
TXge35	Número anual de dias em que TX ≥ 35 °C	Dias
TXX	TX diária (anual) mais elevada (Máximo anual absoluto)	°C
TX90p	Percentagem anual de dias em que TX > percentil 90	Dias
WSDI	Número anual de dias com pelo menos 6 dias consecutivos em que TX > percentil 90	Dias
Tnm	Média anual da temperatura mínima diária	°C
Tnn	TN diária (anual) mais baixa (mínimo anual absoluto)	°C

*Tabela VI. Índices de precipitação utilizados neste estudo*

Índices	Descrição	Unidades
Cdd	Número máximo anual de dias secos consecutivos (quando precipitação < 1,0 mm)	Dias
Cwd	Número máximo anual de dias chuvosos consecutivos (quando precipitação ≥ 1,0 mm)	Dias
Prcptot	Soma anual da precipitação diária ≥ 1,0 mm	Dias
r10mm	Número anual de dias em que a precipitação é ≥ 10 mm	Dias
r20mm	Número anual de dias em que a precipitação é ≥ 20 mm	Dias
r30mm	Número de dias em que a precipitação ≥ 30 mm	Dias
r95p	Soma anual da precipitação diária > percentil 95	Dias
95ptot	Intensidade média dos eventos de precipitação acima do percentil 95	mm
rx1day	Total máximo anual de precipitação de 1 dia	mm
rx3day	Total máximo de precipitação em 3 dias	mm
rx5day	Total máximo anual de precipitação de 5 dias	mm
Sdii	Precipitação total anual dividida pelo número de dias chuvosos (quando a precipitação total ≥ 1,0 mm)	mm

#### 4.3. Avaliação de tendências em séries cronológicas

Para avaliar as tendências dos índices selecionados, foi aplicado o teste não paramétrico de Mann-Kendall. Este teste foi utilizado em inúmeros estudos, como Reis et al. (2020), Santos et al. (2019). Para avaliar a magnitude das tendências foi utilizado o estimador de inclinação de Sen (Rathnayaka et al., 2021; Salmi et al., 2002; Sen, 1968), por meio da ferramenta MAKESENS, acessível em <https://en-beta.ilmatieteenlaitos.fi/makesens>. Em diferentes estudos (e.g. Achite et al., 2022; Yetik et al., 2024) tem sido demonstrado que o estimador de Sen, quando combinado com o teste de Mann-Kendall, se revela bastante adequado para estimar a magnitude de tendências climáticas devido à sua robustez e eficiência em séries temporais não normalmente distribuídas. A ferramenta MAKESENS incorpora os parâmetros que permitem calcular o teste de Mann-Kendall sob a hipótese nula ( $H_0$ ) ou alternativa ( $H_a$ ) ao nível de significância de 5% e a magnitude da tendência utilizando o estimador de inclinação Sen. A variação de tendência é considerada significativa quando o valor de  $p$  obtido  $\leq 0,05$ , caso contrário não é significativo.

#### 4.4. Análise de variabilidade interanual de precipitação e temperatura do ar

Para avaliar a evolução temporal e a variabilidade da precipitação e temperatura do ar no território de estudo (períodos 1960-2020; 1981-2020, consoante as séries climáticas), foi calculado o desvio do valor anual da variável respetiva em relação à normal de referência mais recente estabelecida pela OMM (1991-2020). Este índice indica um excedente ou défice de precipitação (ou anomalias de temperatura) para o ano analisado em comparação com o período de referência (Niang et al., 2008). Este índice é designado como índice de Lamb, também referido como fórmula Wilks (1995), ou ainda como índice padronizado de precipitação, conforme descrito por Guttman (1999) e Moreira et al. (2015), sendo representado pela seguinte equação:

$$I = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma}$$

Sendo  $I$  o índice ou anomalia climática,  $x_i$  a precipitação ou temperatura do ano  $i$ ,  $\bar{x}$  a precipitação ou temperatura média para o período de referência, e  $\sigma$  o desvio padrão da precipitação ou temperatura da série climatológica.

Para a temperatura, os índices positivos indicam desvios acima da média climatológica, enquanto os índices negativos refletem desvios abaixo dessa média.

#### 4.5 Cálculo do início, final e duração da estação chuvosa e definição dos períodos secos

Como foi descrito no capítulo 3, nesta investigação procedeu-se ao estudo da variabilidade temporal dos parâmetros de caracterização da estação chuvosa (datas de início e termo; duração em dias) relativamente a dois domínios geográficos, um de contexto regional (África Ocidental), e outro de âmbito mais específico, focado na Guiné-Bissau.

##### 4.5.1 Data de início da estação das chuvas

A data de início da estação chuvosa (dia juliano) foi determinada através do cumprimento de dois critérios. Assumiu-se que, a partir de 1 de maio, se pode definir determinado dia como o início da estação das chuvas se: (i) a quantidade de precipitação registada durante um ou dois dias consecutivos for igual ou superior a 20 mm e se (ii) durante os 30 dias seguintes não houver uma pausa na chuva superior a 7 dias, para evitar os falsos inícios (Akinseye et al., 2016; Ati et al., 2002; Balme et al., 2005; Marteau et al., 2009, 2010; Paiva, 1996; Pereira et al., 2009; Sivakumar, 1988; Stern, 1981). Aplicando estas condições, na figura 23 ilustram-se dois casos hipotéticos de definição de início de estação chuvosa, incluindo uma situação de falso início. Este critério agronómico proposto por Sivakumar (1988) e Stern (1981), foi baseado nas observações e estudos realizados no Instituto Internacional de Pesquisa de Culturas para os Trópicos Semiáridos (ICRISAT, Sahel), no Níger. A pertinência na escolha desta metodologia decorre de permitir a identificação de um começo da estação chuvosa não confundível com um falso início das chuvas. Este critério de cálculo da data de início da estação chuvosa foi aplicado tanto em relação ao estudo de contexto regional (África Ocidental), como igualmente no caso da análise centrada na Guiné-Bissau.

As falsas datas de início ou falsos inícios da estação chuvosa referem-se a períodos iniciais de precipitação que apontam para o começo da estação chuvosa, mas são seguidos por uma interrupção significativa das chuvas, o que pode ser fatal para o estabelecimento das culturas (Adama et al., 2019; Marteau et al., 2010; Sultan & Janicot, 2003), ao levar a perdas na germinação das plantas (se uma chuva inicial for seguida de um período seco as sementes podem desidratar e morrer). Por outro lado, o replantio necessário após um falso início da estação chuvosa significa custos adicionais para os agricultores e um atraso no ciclo produtivo, com possíveis efeitos nas colheitas.

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

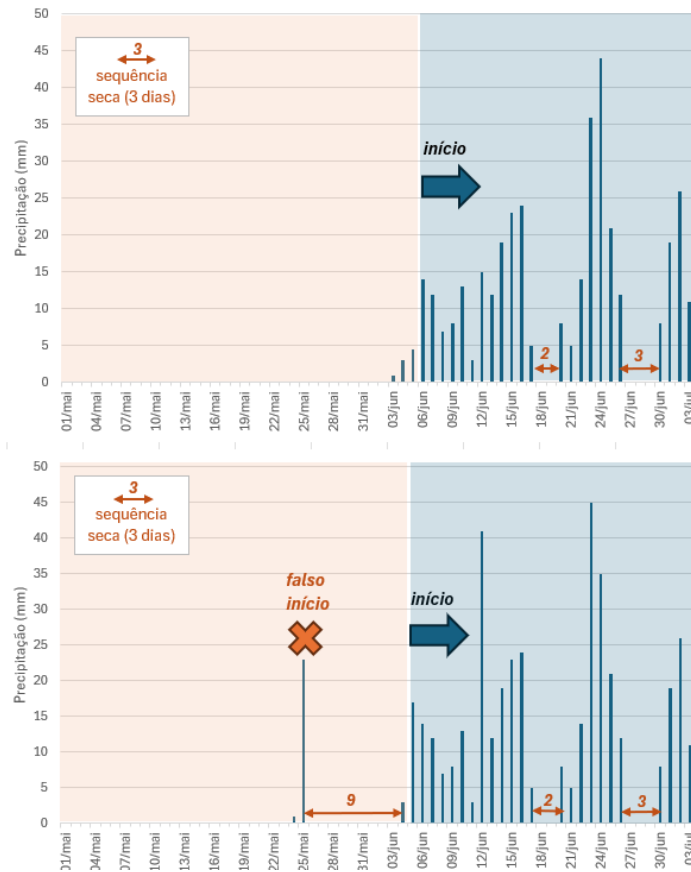


Figura 23- Definição do início da estação das chuvas, segundo Sivakumar (1988) e Stern (1981).

### 4.5.2 Data de fim da estação das chuvas

A data de fim da estação chuvosa (dia juliano) foi determinada com base no critério do balanço hídrico entre a precipitação e a evaporação, calculado à escala diária. Relativamente ao estudo abrangendo a África Ocidental, definiu-se o fim da estação chuvosa a partir de setembro, quando o balanço hídrico entre a água no solo e a evaporação fosse inferior a 0,05 mm, considerando uma evaporação diária de 5 mm, num solo com reserva útil de 70 mm (Dekoula et al., 2018; R. Stern et al., 2006; Yao et al., 2020). No caso específico da Guiné-Bissau, a taxa de evaporação foi fixada em 4 mm, correspondente à média diária observada durante outubro e novembro nas três principais regiões do país, adotando o limiar estimado num estudo anterior (Samuel et al., 2019).

### 4.5.3 Duração da estação chuvosa

A duração da estação foi calculada pela diferença entre a data de fim da estação chuvosa e a data de início da mesma estação chuvosa, definidas em dias Julianos, e tomando 1 de janeiro como ponto de referência.

#### 4.5.4 Períodos secos, probabilidade e risco da sua ocorrência após a sementeira

O período seco (*dry spell*) é um indicador da perturbação das atividades agrícolas e do desenvolvimento das culturas após o início da chuva (Adama et al., 2019; Sultan et al., 2015; Yao et al., 2020). Tendo em atenção a sua relevância para a presente investigação, foi calculada a probabilidade de ocorrência de dias sem chuva ou períodos secos superiores a 7 e 10 dias nos meses de maio, junho e julho em cada localidade, utilizando a ferramenta Instat+.

Foi igualmente avaliado o risco de surgimento de períodos secos superiores a 7 e 10 dias seguintes à sementeira no período entre 15 de maio e 30 de junho, considerando diferenças de 3 dias entre as datas de sementeira. Este período corresponde ao início da estação chuvosa e ao arranque das atividades de preparação dos viveiros ou da sementeira direta.

#### 4.6 Aspetos metodológicos do inquérito aos camponeses sobre as suas perceções das alterações climáticas

##### 4.6.1 Planeamento do inquérito e seleção dos entrevistados

Foram realizadas entrevistas individuais nas seis comunidades de estudo no projeto Malmon (Elalab e Elia no Norte, Malafo e N'tchugal no Oio e Cafiine e Quibil em Tombali) para investigar a perceção dos camponeses sobre a variabilidade e as alterações climáticas, as principais alterações observadas, os impactos na produção de arroz de mangal e as medidas de adaptação local.

Para as entrevistas, foi elaborado um guião pelo autor, adaptado de Mendes (2017), para facilitar o trabalho mediante o preenchimento das respostas fornecidas pelos entrevistados, com base em perguntas fechadas, abertas e semiabertas, e de respostas qualitativas e quantitativas.

Considerando que a maioria dos entrevistados não sabe ler nem escrever, o consentimento informado dos participantes para responder ao inquérito foi confirmado oralmente. O inquérito foi efetuado através de uma tradução e leitura em voz alta, recorrendo a uma linguagem simples e ajustada ao seu nível de compreensão. Foram igualmente esclarecidos o propósito do estudo, as solicitações previstas para os participantes e a garantia de confidencialidade dos seus dados.

Para realizar o inquérito junto das comunidades camponesas, foi utilizado um guião previamente testado nalgumas comunidades, sendo posteriormente validado e ajustado aos objetivos da pesquisa. A entrevista foi direcionada aos chefes de agregado familiar de cada tabanca, que, de acordo com os usos e costumes locais, são normalmente homens,

raramente mulheres. A amostragem da entrevista variou entre 10% e 87,5% (Marshall et al., 2013), variação esta explicada pela realidade e complexidade de cada *tabanca*, pelo tempo limitado do investigador e pela disponibilidade dos camponeses ao longo do ano, fatores que nuns casos permitiram entrevistar apenas 10% da população-alvo e noutros possibilitaram alcançar até 87,5%.

As entrevistas foram realizadas em dois períodos distintos: o primeiro entre novembro e dezembro de 2021 e o segundo em dezembro de 2022, tendo sido conduzidas pelo autor com o apoio dos camponeses envolvidos no projeto. Na região de Cacheu, contou-se também com a participação de um estudante da Universidade Lusófona da Guiné (Manecas da Silva), que estagiava no projeto para a elaboração da sua monografia de fim de curso de licenciatura.

O método utilizado para selecionar os representantes dos agregados familiares para o inquérito foi a amostragem não probabilística em bola de neve, um método que utiliza cadeias ou redes de referência para localizar pessoas com o perfil necessário para a pesquisa, sendo tipicamente usado em populações-alvo difíceis de identificar (Bockorni & Gomes, 2021; Dewes, 2013; Vinuto, 2014). A aplicação deste método foi facilitada pelos agricultores integrados no projeto Malmon nas respetivas *tabancas*, colaborando na identificação dos entrevistados. A entrevista baseou-se em perguntas sobre a perceção dos camponeses acerca da variabilidade e alterações climáticas, seus impactos na cultura do arroz de mangal e as estratégias de adaptação local para mitigar esses efeitos. Para proporcionar essas informações, os entrevistados deveriam cumprir o seguinte perfil:

- Ser agricultor de arroz de mangal com longa experiência, residente e chefe de agregado familiar;
- Conhecer o sistema de produção do arroz de mangal (técnicas de manutenção de diques e canais de drenagem, conhecimento de diferentes variedades de arroz);
- Ser maior de idade.

### 4.6.2 Estruturação dos questionários aos camponeses

Os questionários destinados aos agricultores foram organizados em oito secções principais:

1. Informações gerais sobre o entrevistado
  - ✓ Recolha de dados pessoais e demográficos.
2. Perceção do agricultor sobre a variabilidade climática
  - ✓ Avaliação das opiniões e observações relativas às alterações nos padrões climáticos.

3. Impactos das alterações climáticas na cultura do arroz de mangal
  - ✓ Investigação sobre como as alterações climáticas afetam o cultivo específico do arroz em áreas de mangal.
4. Impactos de outros fatores na cultura do arroz de mangal
  - ✓ Análise de influências adicionais, para além das climáticas, que possam afetar a produção de arroz nestas áreas.
5. Impactos nos componentes do sistema de cultivo
  - ✓ Variedades mais cultivadas atualmente em comparação com as variedades mais antigas
  - ✓ Evolução da produção e da superfície cultivada nos últimos anos
6. Impactos socioeconómicos
  - ✓ Os meses em que a produção agrícola do arroz de mangal consegue cobrir as despesas alimentares durante o ano;
  - ✓ Outras atividades geradoras de rendimento e métodos de aquisição das terras agrícolas
7. Estratégias e práticas de adaptação
  - ✓ Identificação das medidas e técnicas adotadas pelos agricultores para se ajustarem às novas condições ambientais.
8. Estratégias de adaptação previstas para o clima futuro
  - ✓ Planeamento e preparação para enfrentar futuras alterações climáticas e seus possíveis desafios.

Em seguida, recorreu-se ao SPSS estatística para Windows (IBM Corp., 2023) para a introdução, análise estatística e tratamento dos dados recolhidos, seguindo as etapas seguintes:

**Definição das variáveis:** Utilizando o editor de dados, foram estabelecidas variáveis correspondentes a cada questão do inquérito.

**Inserção dos dados:** As respostas fornecidas pelos agricultores foram introduzidas, com cada linha representando um caso e cada coluna uma variável específica.

**Codificação das respostas:** Procedeu-se à atribuição de códigos numéricos ou categóricos às diferentes respostas, facilitando a análise subsequente. Por exemplo, em respostas diretas como "Sim" ou "Não", o "Sim" pode ser representado pelo código 1 e o "Não" pelo código 2.

**Verificação dos dados:** Realizou-se uma revisão minuciosa para identificar e corrigir possíveis erros ou inconsistências nos dados inseridos.

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

Análise estatística: Foram aplicadas as funcionalidades do SPSS para executar análises estatísticas adequadas aos objetivos do estudo., tais como as estatísticas descritivas, análise das frequências, uso das tabelas cruzadas, construção dos gráficos e outros.

### 4.7. Caracterização agroclimática do período 2021-2024 nas áreas de intervenção do projeto Malmon

#### 4.7.1 Processamento dos dados meteorológicos e cálculo de índices climáticos

Para processar os dados meteorológicos horários foram utilizadas as funcionalidades das tabelas dinâmicas do Excel, permitindo a conversão dos dados de registos horários em dados diários, mensais e anuais, bem como o cálculo de totais, médias, valores máximos, mínimos e a identificação de valores superiores a um determinado limiar.

O primeiro passo consistiu em garantir que cada coluna representa corretamente um parâmetro meteorológico (como temperatura ou precipitação), com formato de “Numero” e que a coluna de data e hora está formatada como “Data”, de forma reconhecida pelo Excel. Em seguida, são criadas colunas para identificar os anos, meses e dias, utilizando as funções =ANO(), =MÊS() e =DIA() a partir da coluna de data e hora (Date/Time).

Com estas colunas preparadas, procedeu-se à inserção de uma tabela dinâmica através do menu “Inserir > Tabela Dinâmica”. Para a sua configuração, a coluna de datas (ano, mês e dia) é arrastada para a área de linhas, permitindo agrupar os dados conforme necessário. Da mesma forma, os parâmetros meteorológicos de interesse são colocados na área de valores, sendo configuradas funções de agregação, como soma, média, máximo e mínimo. Adicionalmente, aplicaram-se filtros para selecionar períodos específicos ou excluir dados indesejados.

O cálculo de estatísticas específicas foi realizado dentro das Tabela Dinâmicas, selecionando definições da opção “Campo de Valor”, onde se escolheu a função apropriada (por exemplo Média, Máximo, Mínimo, Soma). Para contar os valores superiores a um limite específico, adicionou-se uma coluna auxiliar nos dados originais que verifica esta condição (por exemplo, =SE(D2>limite;1;0)) e, posteriormente, soma-se essa coluna na tabela dinâmica.

Recorrendo a estes procedimentos simples, constituiu-se uma base de dados meteorológicos, integrando as 10 estações da rede Malmon, com parâmetros organizados à escala diária, a partir da qual foram calculados um conjunto de índices climáticos

fundamentais e parâmetros que sustentam diversas análises, como a do comportamento da estação das chuvas, ou o balanço hídrico nas três áreas de intervenção do projeto.

Os índices climáticos de base diária foram calculados a partir de variáveis meteorológicas como temperatura do ar, precipitação, vento, radiação solar e umidade relativa, e a sua seleção prede-se com a sua relevância para a cultura do arroz, afetando a sua produtividade. A Tabela VII apresenta os 20 índices climáticos calculados, com especial destaque para os relacionados com temperatura e precipitação.

*Tabela VII. Parâmetros climáticos calculados a partir dos dados diários*

Parâmetro	Abreviatura
Temperatura média	Ta
Temperatura mínima absoluta	Tn
Temperatura mínima média	$\bar{T}_n$
Temperatura máxima absoluta	Tx
Temperatura máxima média	$\bar{T}_x$
Nº de Dias T>35°C	NDT35
Nº de Dias T>38°C	NDT38
Precipitação total	R
Precipitação diária máxima	PMD
Precipitação máxima 3 dias consecutivos	PM3D
Precipitação máxima 5 dias consecutivos	PM5D
Nº de dias de precipitação >= 1mm	NDP
Nº de dias de precipitação ≥10	NDP10
Nº de dias de precipitação ≥50	NDP50
Nº de dias de precipitação ≥100	NDP100
Velocidade média do vento de 2m	VV
Rajada Máxima	Rjx
Direção do Vento	DV
Umidade Relativa média	HR
Radiação Solar	RS

*Conversão das observações da velocidade do vento para altura de 10m:* a velocidade do vento, originalmente medida a 1,5 m, foi convertida para a altura padrão de 10 m por meio da lei da potência, amplamente recomendada quando não se dispõe de informações detalhadas sobre a rugosidade da superfície. A conversão foi realizada segundo a expressão

$$VV_{10m} = VV_{1.5m} \times \left(\frac{10}{1.5}\right)^{0.15},$$

em que o expoente 0,15 corresponde a um valor típico para condições atmosféricas neutras (Irwin, 1979; Petersen et al., 1998).

*Conversão das unidades de medição da radiação solar:* de igual modo, a radiação solar global, fornecida em  $W m^{-2}$ , foi convertida para  $MJ m^{-2}$  através do fator 0,0864, conforme

recomendado pelo guia de referência da FAO para estimativa de evapotranspiração (Allen et al., 1998).

#### 4.8. Simulações da desenvolvimento e produção da cultura do arroz de magal baseada em cenários climáticos no futuro utilizando o modelo DSSAT

Para a simulação o crescimento, desenvolvimento e rendimento das culturas do arroz foi usado o modelo DSSAT (The decision support system for agro technology transfer <https://dssat.net>). É um modelo que leva em consideração os efeitos do clima, genética da cultura, água do solo, carbono e nitrogênio e gestão de culturas. Ele integra modelos de simulação de mais de 45 culturas, incluindo o DSSAT-CERES-rice para a cultura do arroz (Gérardeaux et al., 2021; Goswami & Dutta, 2020; Kumar et al., 2019; Sun et al., 2020; Vysakh et al., 2016). Assim, neste estudo foi usado o CERES-Rice (Crop Environment Resource Synthesis for rice) do modelo DSSAT para simular o crescimento e desenvolvimento da cultura do arroz, permitindo uma integração dos impactos das condições climáticas, manejos agronômicos, assim como das características genéticas das variedades na produção do arroz (Sun et al., 2020). A figura 24 esquematiza a metodologia para simulação do rendimento do arroz com o DSSAT CERES-Rice, que engloba cinco principais etapas, começando pela recolha dos diferentes dados que constituem os inputs do modelo, seguindo-se a organização e formatação dos referidos dados, antes de simulação e validação dos resultados.

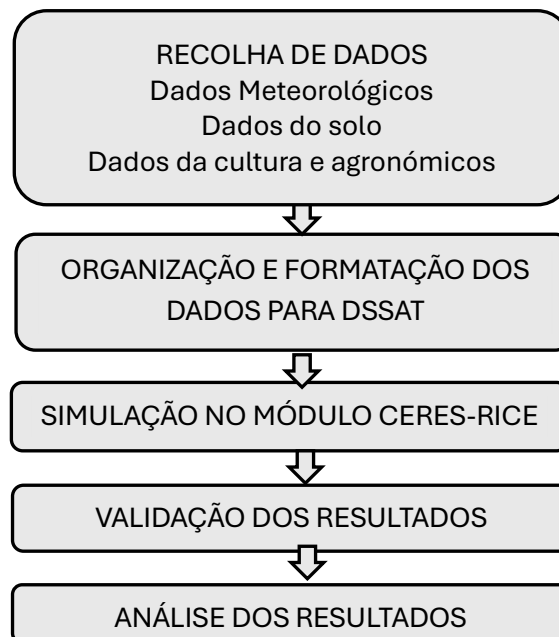


Figura 24. Resumo metodológico das simulações da produção no modelo DSSAT

#### 4.8.1 Seleção de Modelos Climáticos, Geração de Cenários Futuros e Simulação no DSSAT

O CMIP5 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 5) reúne um conjunto de modelos climáticos globais (Global Climate Models – GCMs) desenvolvidos por centros de investigação internacionais, que simulam a evolução do sistema climático terrestre em resposta a diferentes cenários de emissões de gases com efeito de estufa. Estes modelos apresentam resoluções espaciais que variam entre 0,5° e 4° de latitude/longitude para a componente atmosférica, e entre 0,2° e 2° para a componente oceânica (Gérardeaux et al., 2021; Hurrell et al., 2011; Taylor et al., 2012).

A utilização dos dados climáticos provenientes do CMIP5, em detrimento dos mais recentes dados do CMIP6, justifica-se essencialmente pela consolidação metodológica e pela integração estruturada destes dados no protocolo do AgMIP (Agricultural Model Intercomparison and Improvement Project). O procedimento AgMIP, implementado no AGRYMET, foi inicialmente desenvolvido com base nas simulações do CMIP5, que serviram de referência para a avaliação de impactos das alterações climáticas no sector agrícola (Rosenzweig et al., 2016). A seleção dos modelos climáticos para os cenários futuros e subsequente simulação da produção agrícola foi, deste modo, realizada com base nos critérios definidos pelo protocolo AgMIP, conforme estabelecido por Hudson & Ruane (2013) e Rosenzweig et al. (2016).

Com base nesse protocolo, foram identificados, para cada estação meteorológica considerada (Elalab, Cacheu e Cafine, Tombali), cinco modelos climáticos representativos, selecionados entre os 29 modelos globais disponibilizados pelo CMIP5. A seleção foi operacionalizada com recurso a scripts – designadamente o script `run_agmip_CMIP5_TandP.R` e `agmip_CMIP5_TandP.R` - desenvolvidos em linguagem R, que permitem aplicar automaticamente os critérios de seleção definidos pelo AgMIP.

A escolha final dos modelos baseou-se na sua capacidade de reproduzir com maior fidelidade os dados históricos de temperatura e precipitação. A seleção final considerou a proximidade estatística dos resultados de cada modelo ao valor médio de cinco tipologias climáticas definidas metodologicamente:

- Quente e húmido
- Quente e seco
- Condições médias
- Fresco e seco
- Fresco e húmido

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

Cada modelo selecionado é representado por uma letra ou número que o associa à respetiva tipologia climática (ver Figura 25, exemplo da estação de Elalab), sendo esta associação o critério principal de seleção. Esta abordagem permite garantir uma representação robusta da variabilidade climática futura, aumentando a fiabilidade das simulações agroclimáticas.

A Tabela VIII apresenta uma síntese dos modelos selecionados por localidade, cenário climático e horizonte temporal, e com mais detalhes no anexo II.

Em Cafine, observa-se que, tanto no cenário RCP4.5 e RCP8.5, os modelos representativos das condições quente e seca (HADGEM2-ES), quente e húmida (GISS-E2-R) e da condição média (BCC-CSM1-1) foram selecionados de forma coincidente através do procedimento do AGMIP.

Com base nos modelos CMIP5 selecionados, procedeu-se às simulações dos dados climáticos futuros. Estes dados serviram de input para a simulação do rendimento futuro da cultura do arroz de mangal, utilizando o modelo DSSAT.

Em cada localidade, os cinco modelos climáticos selecionados serão aplicados para a geração de projeções climáticas futuras, com base em dois cenários de emissões — RCP4.5 e RCP8.5 (Patamares de Concentração Representativos) (Church, Clark, et al., 2013; Diatta et al., 2021).

Neste estudo, seguiram-se os procedimentos metodológicos propostos pelo AgMIP para a realização das simulações climáticas, contemplando dois horizontes temporais: 2040–2069, correspondente ao médio prazo (meados do século), e 2070–2099, referente ao longo prazo (final do século). A combinação entre diferentes modelos, cenários climáticos e estes dois períodos resulta num total de vinte combinações distintas, permitindo uma análise abrangente e comparativa das projeções futuras.

O objetivo desta abordagem é avaliar os potenciais impactos das alterações climáticas no rendimento futuro da cultura do arroz, permitindo assim apoiar estratégias de adaptação agrícola baseadas em evidência científica.

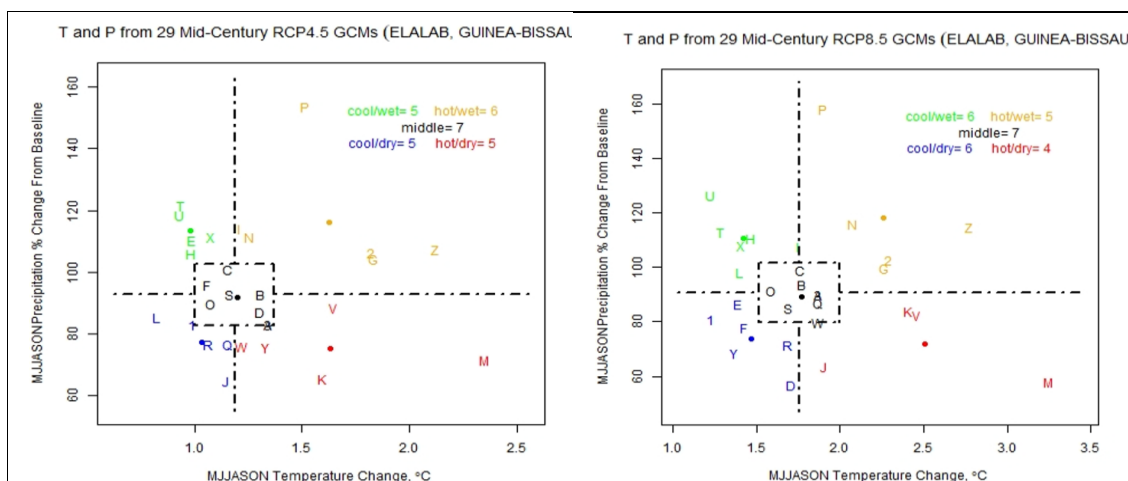


Figura 25. Os cinco modelos (R, E, S, K, 2) escolhidos de acordo com o critério AGMIP para o cenário RCP4.5 (esquerda) e cinco modelos (F, H, B, V, N), para o cenário RCP8.5 (direita) da estação Elalab.

Tabela VIII. Resumo dos diferentes modelos escolhidos com base nos critérios do AGMIP para a projeção climática futura em diferentes cenários e localidade

RCP4.5					
Localidade	Quente e seco	Quente e húmido	Médio	Fresco e seco	Fresco e húmido
Elalab	K = HADGEM2-ES	2= GISS-E2-R	S = MRI-CGCM3	R = MPI-ESM-MR	E = CCSM4
Cafine	K = HADGEM2-ES	2= GISS-E2-R	B = BCC-CSM1-1	L = INMCM4	U = FGOALS-g2
RCP8.5					
Localidade	Quente e seco	Quente e húmido	Médio	Fresco e seco	Fresco e húmido
Elalab	V = CMCC-CM	N = IPSL-CM5A-MR	B = BCC-CSM1-1	F = CESM1-BGC	H = GFDL-ESM2G
Cafine	K = HADGEM2-ES	2= GISS-E2-R	B = BCC-CSM1-1	F = CESM1-BGC	H = GFDL-ESM2

#### 4.8.2 Cálculos dos índices de anomalias futuras de precipitação e temperatura

As anomalias futuras de precipitação e temperaturas para os dois horizontes (2040-2069 e 2070-2099), foram calculadas com base no período climatológico de referência 1984-2013, período a partir do qual, os dados da NASA POWER estão disponíveis na plataforma.

Assim, no caso da precipitação, e considerando as referências de diversos autores (Guttman, 1999; Mckee et al., 1993; Moreira et al., 2015), os valores dos índices foram utilizados para classificar períodos de seca ou de humidade, sendo que índices negativos indicam condições secas e índices positivos indicam condições húmidas.

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

As secas são categorizadas conforme a intensidade do índice: seca moderada corresponde a valores entre -1,00 e -1,49; seca severa entre -1,50 e -1,99; e seca extrema quando o índice é igual ou inferior a -2,00. Da mesma forma, os períodos húmidos são classificados como moderadamente húmidos (índices entre +1,00 e +1,49), severamente húmidos (entre +1,50 e +1,99), e extremamente húmidos a partir de +2,00. Anos considerados normais apresentam índices variando entre -0,99 e +0,99.

### 4.9. Programas informáticos usados

Na presente investigação foram utilizados doze programas informáticos, com acesso livre ou permitido por licenças académicas da Universidade de Lisboa (tabela IX). Na tabela IX são listados esses programas e indica-se respetiva aplicação essencial no contexto das análises que integram este estudo.

No caso específico dos dados em formato NetCDF (dados diários de precipitação em grelha regular CHIRPS 2.0), todos os cálculos foram realizados utilizando códigos Python disponíveis e o programa Climate Data Operators (CDO).

O *Climate Data Operators* (CDO) é um conjunto de ferramentas para processamento e análise de dados climáticos, desenvolvido pelo *Max-Planck Institut für Meteorologie* (Alemanha). Suporta diversos formatos, como o NetCDF, permitindo operações como interpolação, estatísticas e manipulação de séries temporais. O CDO é amplamente utilizado na climatologia para lidar com grandes volumes de dados de modelos climáticos e observações. Relativamente à geração de mapas a partir de informação em formato NetCDF, o Panoply foi a ferramenta explorada.

O Panoply é um software da NASA para visualização e análise de dados geoespaciais em formatos como NetCDF, HDF e GRIB. Permite criar mapas, gráficos e animações de variáveis climáticas, facilitando a interpretação de padrões atmosféricos e oceânicos. Em climatologia, é útil para explorar dados de modelos climáticos, de dados de satélites e reanálises.

O XLSTAT é um software de análise estatística desenvolvido pela Addinsoft, integrado no Excel. Oferece diversas ferramentas para estatísticas descritivas, modelação preditiva e testes estatísticos.

O CLIMPACT2 é uma ferramenta para calcular índices de extremos climáticos, desenvolvida com base nas recomendações da Organização Meteorológica Mundial e do ETCCDI (*Expert Team on Climate Change Detection and Indices*). Permite analisar variabilidade e tendências em fenómenos como ondas de calor, precipitação intensa e

secas. É essencial na climatologia para monitorizar alterações climáticas e avaliar impactos regionais. À semelhança do Instat+, o CLIMPACT2 foi fundamental para o tratamento dos dados das séries de longa duração das estações meteorológicas da Guiné-Bissau.

*Tabela IX. Diferentes ferramentas e programas informáticos usados durante a elaboração deste trabalho.*

Programa/Aplicação	Produtor e fonte	Procedimentos/funcionalidades usadas
Excel	Microsoft	Estruturação dos dados, estatística descritiva, gráficos
XLSTAT	Addinsoft/Lumivero <a href="https://www.xlstat.com/">https://www.xlstat.com/</a>	Testes de homogeneidade
Climpact2	<a href="https://climpact-sci.org/">https://climpact-sci.org/</a>	Índices de extremos
Instat+  R-Instat	R.D. Stern & E.F. Allan (University of Reading) <a href="https://r-instat.org/">https://r-instat.org/</a>	Controlo de qualidade dos dados, estatística descritiva, cálculo das datas de início, fim e duração da estação das chuvas Gráficos
JASP	JASP Team (2024). JASP (Version 0.19.3)	Estatística descritiva, gráficos (diagramas de caixas)
WRPLOT View	Lakes Environmental <a href="https://www.weblakes.com/software/freeware/wrplot-view/">https://www.weblakes.com/software/freeware/wrplot-view/</a>	Construção das rosas dos ventos
SPSS	IBM <a href="https://www.ibm.com/products/spss-statistics">https://www.ibm.com/products/spss-statistics</a>	Estatística descritiva, gráficos (dados dos inquéritos aos camponeses)
MAKESENS	Salmi et al, 2011 <a href="https://www.researchgate.net/publication/259357211_MAKESENS_20_betaxls">https://www.researchgate.net/publication/259357211_MAKESENS_20_betaxls</a>	Cálculos do teste de Mann-Kendall e do estimador de Sem
CDO Climate Data Operators	Max-Planck-Institut für Meteorologie <a href="https://code.mpimet.mpg.de/projects/cdo">https://code.mpimet.mpg.de/projects/cdo</a>	Manipulação e tratamento estatístico de dados em formato Netcdf
Python	<a href="https://www.python.org/">https://www.python.org/</a>	Códigos para cálculo do teste de Mann-Kendall e do estimador de Sen usando dados em formato Netcdf
Panoply	NASA <a href="https://www.giss.nasa.gov/tools/panoply/">https://www.giss.nasa.gov/tools/panoply/</a>	Visualização e construção de mapas utilizando dados em formato Netcdf
QGIS	<a href="https://qgis.org/">https://qgis.org/</a>	Construção de mapas utilizando ferramentas de análise espacial de dados

O Instat+ (versões 3.036 e R-Instat) foi um programa de uso fundamental nesta investigação, tendo em atenção a sua ampla utilização em estudos de climatologia e

agroclimatologia em África (Akinseye et al., 2016; Attoumane et al., 2022; Dekoula et al., 2018; Kadyampakeni et al., 2017; Kouassi et al., 2018; Sivakumar, 1988; Stern et al., 2006; Yao et al., 2020). O InStat+ é uma ferramenta de análise estatística desenvolvida pelo Met Office Statistical Services Centre (Reino Unido), tendo sido usada neste trabalho para o cálculo de parâmetros agroclimáticos (data do início e fim da estação chuvosa e a sua duração). A mesma ferramenta também foi usada para o cálculo dos períodos secos, suas probabilidades e risco da sua ocorrência após a sementeira.

O SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*) é um software estatístico amplamente utilizado para análise de dados em investigação científica e estudos académicos. Possui uma interface gráfica intuitiva e suporta estatísticas descritivas, testes inferenciais, regressão, ANOVA e modelagem preditiva. Igualmente, o JASP é também um software estatístico de código aberto, intuitivo e gratuito, desenvolvido para facilitar análises estatísticas sem necessidade de programação. Possui uma interface amigável semelhante ao SPSS e as suas funcionalidades incluem testes estatísticos, métodos multivariados e visualizações gráficas interativas.

O WRPLOT View é um software de visualização de dados meteorológicos, desenvolvido pela *Lakes Environmental* (weblakes.com), utilizado para gerar rosas-dos-ventos e analisar padrões de dispersão atmosférica. Neste trabalho, permitiu, além da construção de rosas dos ventos, a determinação da frequência com que os ventos ocorrem em cada setor direcional, bem como a sua distribuição por classes de velocidade num local específico (Agah et al., 2022; Gonzales et al., 2024; Mattiuzzi & Marchioro, 2012).

A ferramenta SPSS estatística para Windows (IBM Corp., 2023) foi usada para a introdução, análise estatística e tratamento dos dados recolhidos através do inquérito sobre as perceções dos agricultores a respeito das alterações climáticas.

O MAKESENS é uma ferramenta estatística desenvolvida por Salmi et al. (2002) para analisar tendências em séries temporais climatológicas, utilizando o teste de Mann-Kendall e a estimação da inclinação de Sen. Permite identificar alterações significativas em variáveis como temperatura, precipitação e outros indicadores climáticos. Na climatologia, é amplamente utilizada para detetar tendências de longo prazo e suportar estudos sobre as alterações climáticas.

Por fim, uma breve referência à importância do uso do QGIS para esta investigação. O QGIS é um software de Sistema de Informação Geográfica (SIG) de código aberto que permite visualizar, editar e analisar dados espaciais. Foi amplamente aqui utilizado para mapear variáveis climáticas, como temperatura e precipitação, além do seu uso na cartografia, de um modo geral.

#### 4.10. Esquema metodológico

Visando uma melhor compreensão da sequência de análises integradas nesta investigação, procedeu-se uma esquematização simplificada das principais etapas que estruturam o conjunto de trefas levadas a cabo (Figura 26).

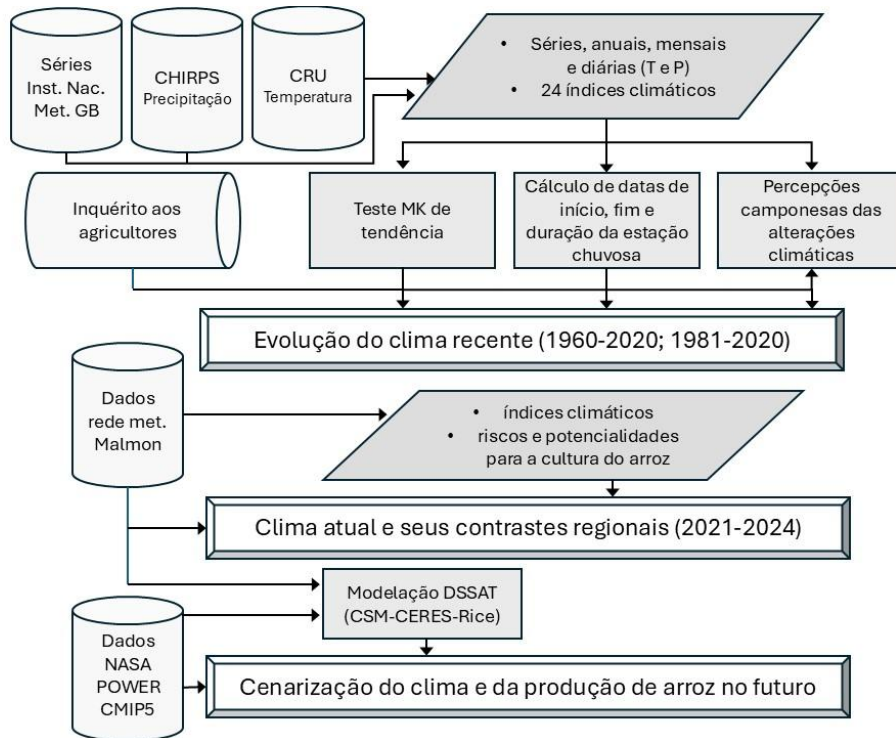


Figura 26. Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau. Esquema metodológico simplificado.



PARTE III  
RESULTADOS E DISCUSSÃO

CAPÍTULO 5. A EVOLUÇÃO RECENTE DO CLIMA NA GUINÉ-BISSAU

5.1. Tendências climáticas recentes

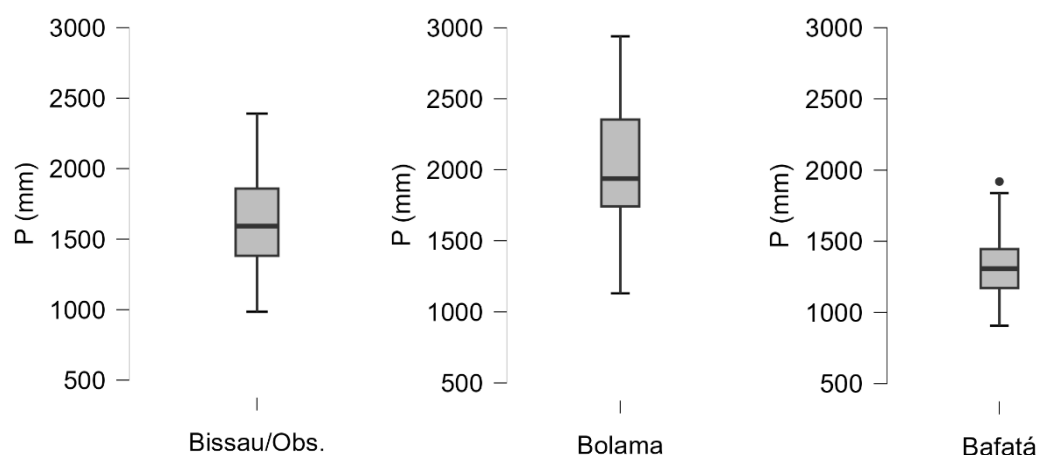
5.1.1. Precipitação

*Precipitação anual: distribuição espacial e variabilidade interanual*

Tendo presente a extensão temporal do período com séries de precipitação total anual de longa duração, adotou-se o período 1960-2020 para esta caracterização climatológica. Na tabela seguinte apresentam-se as medidas estatísticas descritivas do regime de pluviosidade anual em Bissau/Observ., Bolama e Bafatá. Diagramas de caixas (mínimo, primeiro quartil-q1, mediana-q2, terceiro quartil-q3 e máximo) relativos à distribuição estatística das séries de precipitação anual apresentam-se na figura 27.

*Tabela X. Parâmetros estatísticos da precipitação total anual, no período 1960-2020.*

Estação	Precipitação total anual				
	Máximo (mm)	Média (mm)	Mínimo (mm)	Desv.padrão (mm)	Coef. Variação (%)
Bissau/Obs.	2390,4 (2020)	1628,5	985,0 (1983)	322,2	19,8%
Bafatá	1919,7(1978)	1323,3	907,2 (1977)	225,6	17,4%
Bolama	2939,5 (1976)	2034,9	1129,5 (1977)	403,3	19,8%



*Figura 27. Diagramas de caixas das séries anuais de precipitação (1960-2020) de Bissau/Observatório, Bolama e Bafatá.*

Tanto num contexto global, como no domínio dos climas tropicais com estação seca, o valor médio da precipitação anual nas regiões costeiras da Guiné-Bissau (tabela X)

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

é considerado elevado ( $> 1500$  mm), sobretudo no Sul e na região insular das Bijagós. Bafatá, na área central do território, regista precipitação inferior, mas ainda assim atingindo um nível relativamente elevado, rondando os 1300 mm.

Mesmo nos anos mais secos (valores mínimos deste período de 60 anos, tabela X), a precipitação anual superou os 900 mm no caso das três estações analisadas. Por seu turno, nos anos extremamente chuvosos (valores máximos, tabela X, figura 27), o total anual ultrapassa os 2000 mm em Bissau, e aproxima-se dos 3000 mm em Bolama.

A variabilidade interanual da precipitação expressa-se em valores de coeficiente de variação de 17 a 20%, revelando que as flutuações da precipitação anual são relativamente baixas a moderadas. É nas regiões costeiras, e mais ainda nas Bijagós, que se acentua a dispersão interanual dos quantitativos anuais e no sentido dos valores elevados (figura 27).

Relativamente ao período 1981-2020, representa-se na figura 28 a repartição regional da média da precipitação anual, contextualizando o padrão pluviométrico da África Ocidental (dados CHIRPS-2). No que diz respeito ao território da Guiné-Bissau, e utilizando as séries das estações climatológicas e postos pluviométricos disponíveis, ilustra-se, na figura 29, a distribuição espacial da precipitação anual média, no mesmo período (1981-2020).

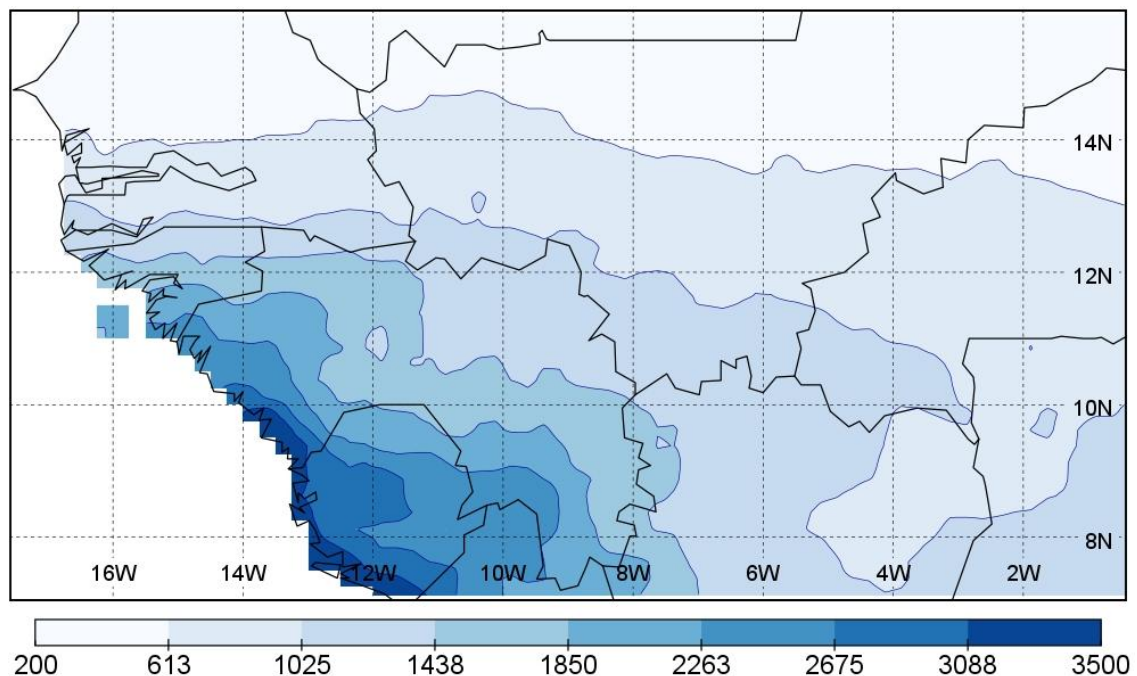


Figura 28. Precipitação média anual (1981-2020) na África Ocidental, valores em mm. Fonte dos dados: CHIRPS, 2.0

A precipitação média anual na região da África Ocidental revela um claro gradiente crescente de norte para sul entre as latitudes 17°N e 12°N (figura 28). Além disso, observa-se um aumento da pluviosidade de nordeste para sudoeste, particularmente a sul da latitude 12°N. A média anual varia entre 230 mm na parte mais setentrional da área representada, aumentando progressivamente tanto para sul como para sudoeste, atingindo um máximo de aproximadamente 3.500 mm na extremidade no litoral da Serra Leoa e na parte sul do litoral da Guiné-Conacri (figura 28).

A precipitação média anual na Guiné-Bissau varia de 1000 mm a mais de 1900 mm por ano consoante as suas regiões (figura 29). A região Sul, que inclui as regiões de Tombali, Quinará e o arquipélago dos Bijagós, apresenta o maior volume de precipitação anual do país, em comparação com as regiões situadas no Norte e no Leste. Observam-se dois gradientes nítidos, aumentando os valores de Norte para Sul e de Leste para as regiões costeiras. A precipitação média anual na região Sul pode atingir até 2000 mm por ano, enquanto a região do centro, que inclui o Setor Autónomo de Bissau, Sul da Região de Oio e Bafatá, bem como a área Sul e Este da região de Cacheu, tem valores de precipitação que oscilam entre 1300-1500 mm anuais. Por outro lado, os territórios localizados no extremo Norte e Oeste da região de Cacheu, Norte da região de Oio e Bafatá, e a região de Gabu recebem menos precipitação, variando entre 1000-1200 mm anuais, como se ilustra na figura 29.

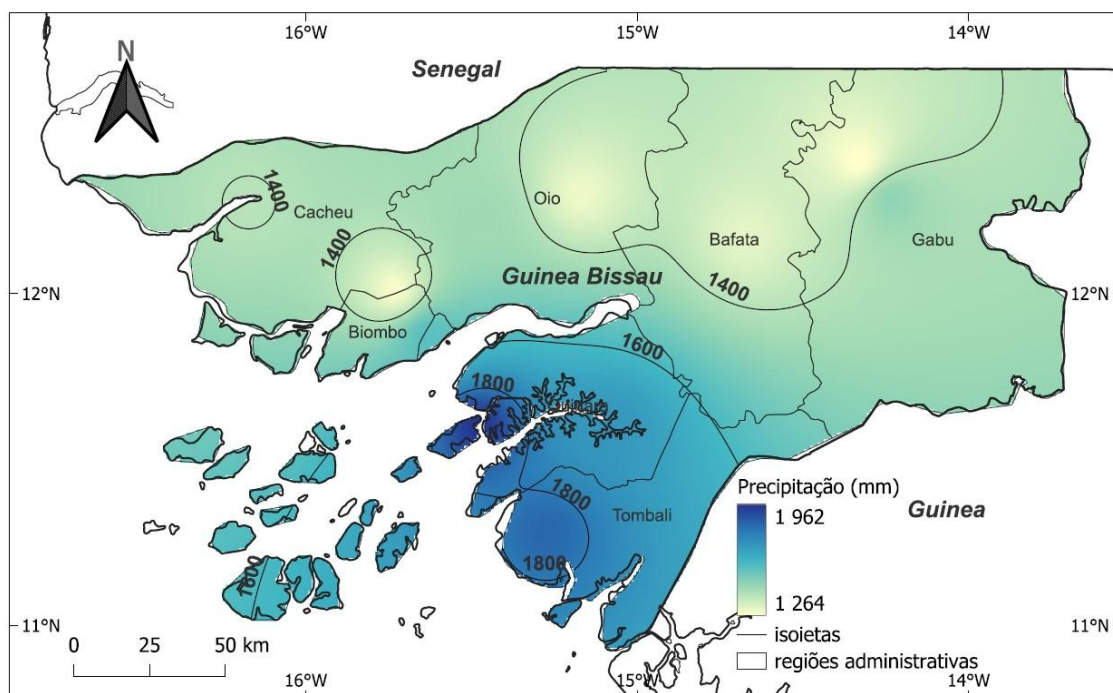


Figura 29. Repartição espacial de precipitação média anual na Guiné-Bissau (1981-2020).

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

No seu conjunto, os elementos descritos nesta secção são demonstrativos de que, no território da Guiné-Bissau se estabelece a transição entre a faixa climática sudanesa da África Ocidental, sub-húmida, abrangendo as áreas da extremidade mais setentrional e interior do país, para a banda guineense, húmida, com chuvas anuais muito abundantes (> 2000 mm), condições que são já manifestamente patentes nas regiões costeiras, insulares e do Sul (Quinará e Tombali). Esta transição documentada neste trabalho vai ao encontro das divisões da África Ocidental em bandas climáticas referidas noutras investigações, tais como CILSS (2016), Jiang et al. (2023) e Ragatoa et al. (2024).

### *Tendências da precipitação anual*

A variabilidade interanual da precipitação nas três principais estações da Guiné-Bissau é ilustrada na figura 30.

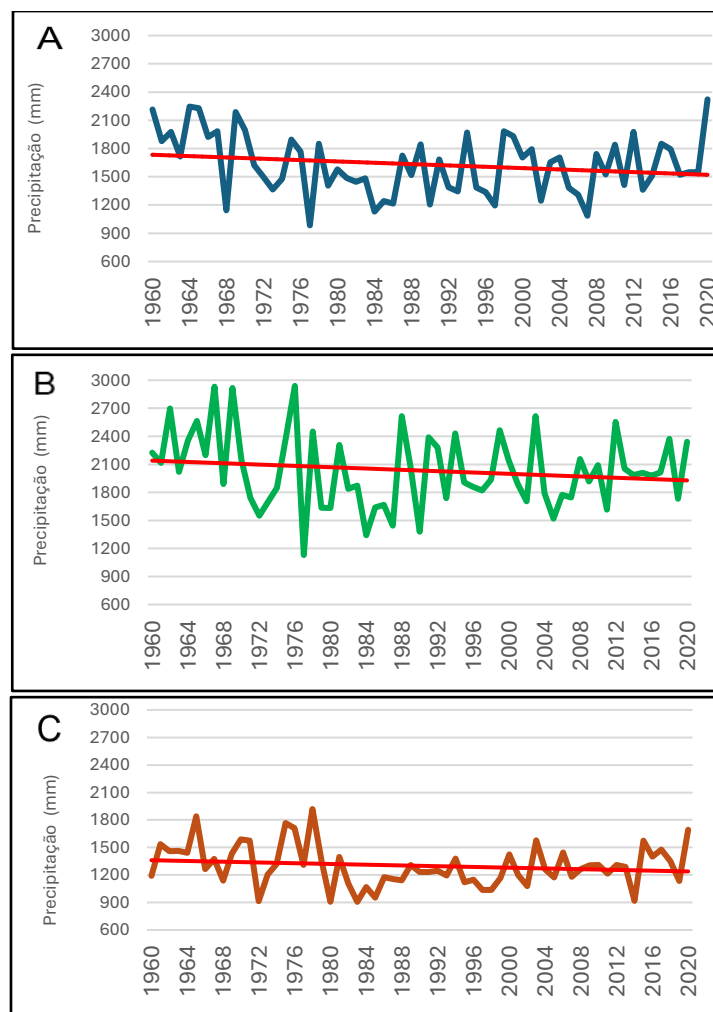


Figura 30. Variabilidade interanual da precipitação (1960-2020). A: Bissau/Observatório; B: Bolama; C: Bafatá.

O estudo da evolução da precipitação na Guiné-Bissau no decurso do período mais longo de 1960-2020 revela que, apesar da ligeira redução da precipitação anual observada na figura 30 em cada uma das três estações meteorológicas, não foi detetada, no entanto, nenhuma tendência estatisticamente significativa para um nível de significância de 5%. Relembre-se que para esta finalidade foram aplicados o teste de Mann-Kendall e o cálculo do estimador de Sen (como explicado no capítulo 4).

Numa análise mais detalhada, além de uma tendência geral de diminuição da precipitação ao longo da série climatológica, é possível identificar três períodos particulares: o primeiro período corresponde a 1960-1967, caracterizado como sendo o período mais chuvoso de toda a série; o segundo período é definido pelos anos 1968-1990, assinalado por uma maior predominância de anos secos, como os anos 1968 (Figura 30, a-c), 1972 (Figura 30 b, c), 1977 e 1984 (Figura 30 a, b) e 1981 e 1982 (Figura 30, c); por último, o terceiro e último período corresponde a 1991-2020, o qual apresentou uma maior variabilidade de precipitação e também uma maior frequência de anos húmidos, revelando um aumento relativo da precipitação nesta região da África Ocidental.

Os resultados descritos e a disponibilidade de séries climatológicas à escala diária para o período 1981-2020 levaram a efetuar um novo conjunto de análises de tendências climáticas em relação a este mesmo intervalo temporal de 40 anos (1981-2020).

#### *Precipitações mensais: distribuição espacial e variabilidade interanual*

Nas tabelas seguintes (XI -XIII) apresentam-se as medidas estatísticas descritivas do regime de pluviosidade à escala mensal, em Bissau/Obs., Bolama e Bafatá. A Figura 31 apresenta a precipitação mensal em Bissau-Observatório através de um diagrama de caixas, evidenciando a distinção entre a estação chuvosa e a estação seca ao longo do ano.

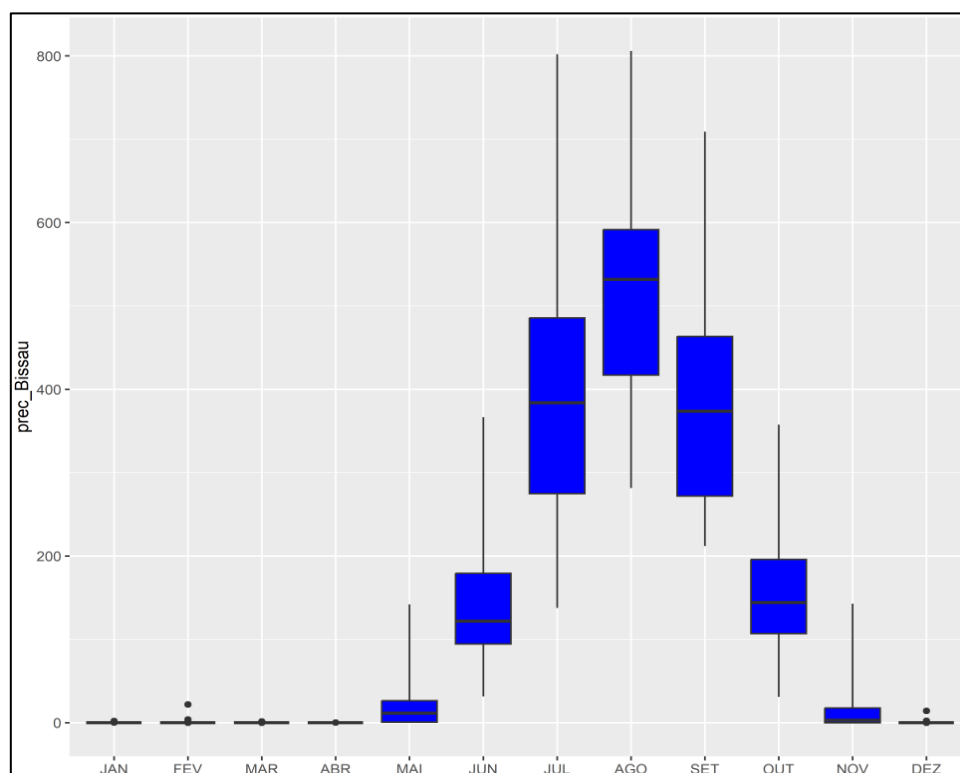
O resumo estatístico da estação Bissau Observatório, apresentado na Tabela XI, revela que o período de junho a outubro regista os maiores valores de precipitação, correspondendo à estação chuvosa. Entre julho, agosto e setembro, a precipitação média situa-se entre 382,9 e 510,4 mm, com um desvio padrão que varia de 123,9 a 150,8 mm, evidenciando uma elevada variabilidade interanual. O mais chuvoso é, destacadamente, agosto, seguindo-se julho. Por outro lado, a estação seca decorre entre novembro e abril, com valores médios de precipitação praticamente nulos. O número médio de dias com precipitação nos meses mais chuvosos oscila entre 18 e 23 dias, enquanto na estação

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

seca, especialmente de janeiro a abril, a ocorrência de eventos diários de precipitação é nula ou muitíssimo rara.

*Tabela XI. Parâmetros estatísticos das precipitações mensais, no período 1960-2020, na estação de Bissau/Observatório*

Mês	Precipitação total mensal (mm)				Nº de dias de precipitação			
	Média	Desv.P.	Máx.	Mín.	Média	Desv.P.	Máx.	Mín.
jan	0,1	0,3	2,1	0,0	0	0	1	0
fev	0,6	2,9	22,1	0,0	0	0	1	0
mar	0,1	0,4	1,6	0,0	0	0	1	0
abr	0,0	0,0	0,3	0,0	0	0	1	0
mai	20,8	27,7	142,0	0,0	2	1	5	1
jun	140,7	73,0	366,4	31,6	9	3	16	2
jul	398,9	150,8	802,0	137,7	18	3	25	10
ago	510,4	130,4	805,9	281,5	21	3	27	14
set	382,9	123,9	708,8	211,8	18	3	23	13
out	157,4	77,2	357,6	30,9	10	3	18	3
nov	15,9	27,4	142,7	0,0	2	1	7	1
dez	0,6	2,6	14,4	0,0	1	1	2	1



*Figura 31.. Diagrama de caixas (mínimo, primeiro quartil-q1, mediana-q2, terceiro quartil-q3 e máximo) das séries de precipitação mensal de Bissau/Observatório (1960-2020).*

Tabela XII. Parâmetros estatísticos das precipitações mensais, no período 1960-2020, na estação de Bolama.

Mês	Precipitação total mensal (mm)				Nº de dias de precipitação			
	Média	Desv.P.	Máx.	Mín.	Média	Desv.P.	Máx.	Mín.
jan	0,4	0,9	4,5	0,0	0	0	1	0
fev	0,8	2,6	17,3	0,0	0	0	1	0
mar	0,3	0,8	5,1	0,0	0	0	1	0
abr	0,1	0,2	1,2	0,0	0	0	0	0
mai	29,5	35,4	168,7	0,0	3	2	7	1
jun	193,1	83,8	398,3	33,1	11	3	17	5
jul	531,5	178,4	890,9	259,5	21	3	28	16
ago	642,6	173,9	1079,2	327,1	24	2	28	18
set	417,7	110,5	683,6	230,2	20	3	26	13
out	191,4	97,4	467,1	28,7	12	3	19	6
nov	18,2	21,8	98,8	0,0	2	2	8	1
dez	1,3	5,9	44,4	0,0	2	1	2	1

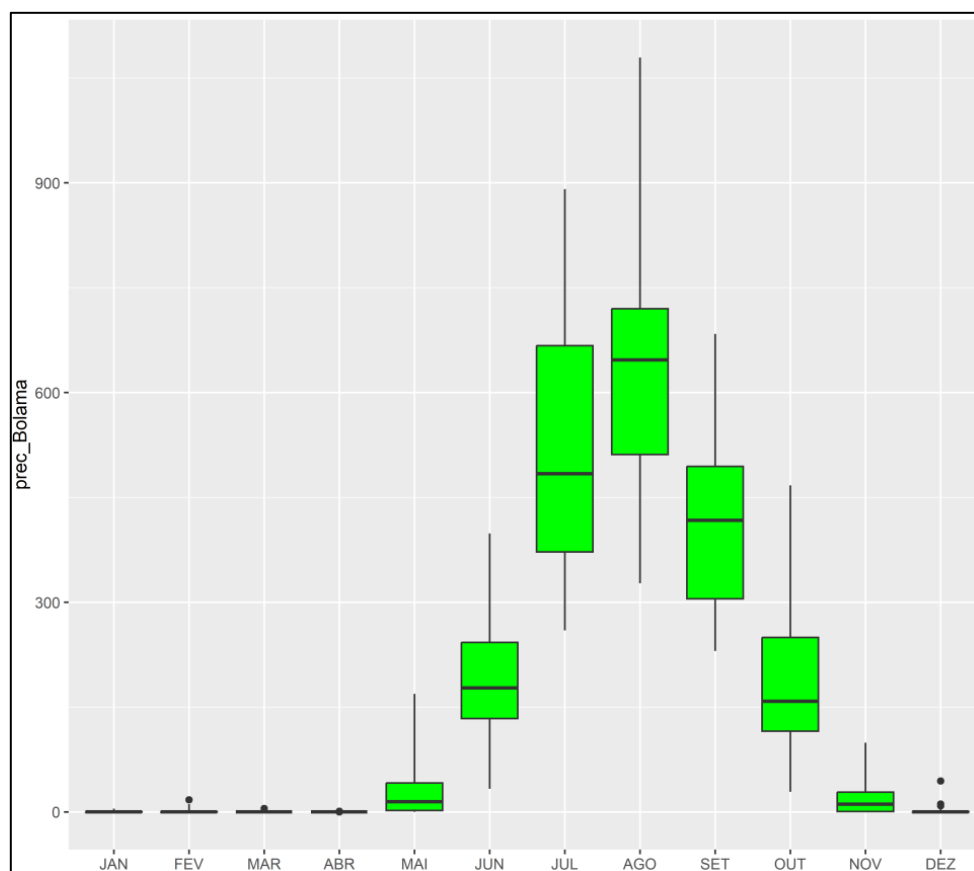


Figura 32. Diagrama de caixas (mínimo, primeiro quartil-q1, mediana-q2, terceiro quartil-q3 e máximo) das séries de precipitação mensal de Bolama (1960-2020)

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

Também a estação de Bolama, conforme resumido na Tabela XII e ilustrado na figura 32, apresenta um regime pluviométrico marcadamente sazonal, caracterizado por uma estação chuvosa bem definida entre junho e outubro. Neste período, as precipitações máximas ocorrem em julho, agosto e setembro, com valores médios situados entre 417,7 mm e 642,6 mm, e um desvio padrão médio entre 110,5 mm e 178,4 mm, refletindo uma variação significativa de ano para ano. Tal como em Bissau, agosto é o mês mais chuvoso, seguindo-se o mês de julho. Também de forma similar a Bissau, o intervalo interquartilício da precipitação em julho e setembro é superior ao de agosto, revelando uma mais acentuada variabilidade relativa. Em Bolama, o número médio de dias chuvosos entre julho, agosto e setembro varia entre 20 e 24 dias, com um desvio padrão de 3 dias, sendo agosto o mês com mais dias de precipitação ao longo do ano. Durante a estação seca (janeiro a abril), o número médio de dias com precipitação é praticamente nulo.

Os parâmetros estatísticos das precipitações mensais, apresentados na Tabela XIII e ilustrados na figura 33, mostram que, em Bafatá a estação chuvosa tem início entre maio e junho.

*Tabela XIII. Parâmetros estatísticos das precipitações mensais, no período 1960-2020, na estação de Bafatá.*

Mês	Precipitação total mensal (mm)				Nº de dias de precipitação			
	Média	Desv.P.	Máx.	Mín.	Média	Desv.P	Máx.	Mín.
Jan	0,0	1,0	7,5	0,0	0	0	1	0
Fev	0,0	2,2	17,4	0,0	0	0	1	0
Mar	0,0	0,5	3,5	0,0	0	0	1	0
Abr	0,0	0,4	2,3	0,0	0	0	1	0
Mai	20,6	28,7	124,5	0,0	2	2	7	0
Jun	141,4	61,0	320,1	0,0	8	3	15	0
Jul	268,4	92,2	541,0	103,8	15	4	23	6
Ago	342,9	110,7	620,1	184,1	18	4	27	10
Set	326,6	93,0	608,9	161,4	17	4	24	9
Out	151,9	73,4	381,7	26,9	9	3	17	3
Nov	2,4	20,6	83,5	0,0	1	1	3	0
Dez	0,0	2,6	15,6	0,0	0	1	3	0

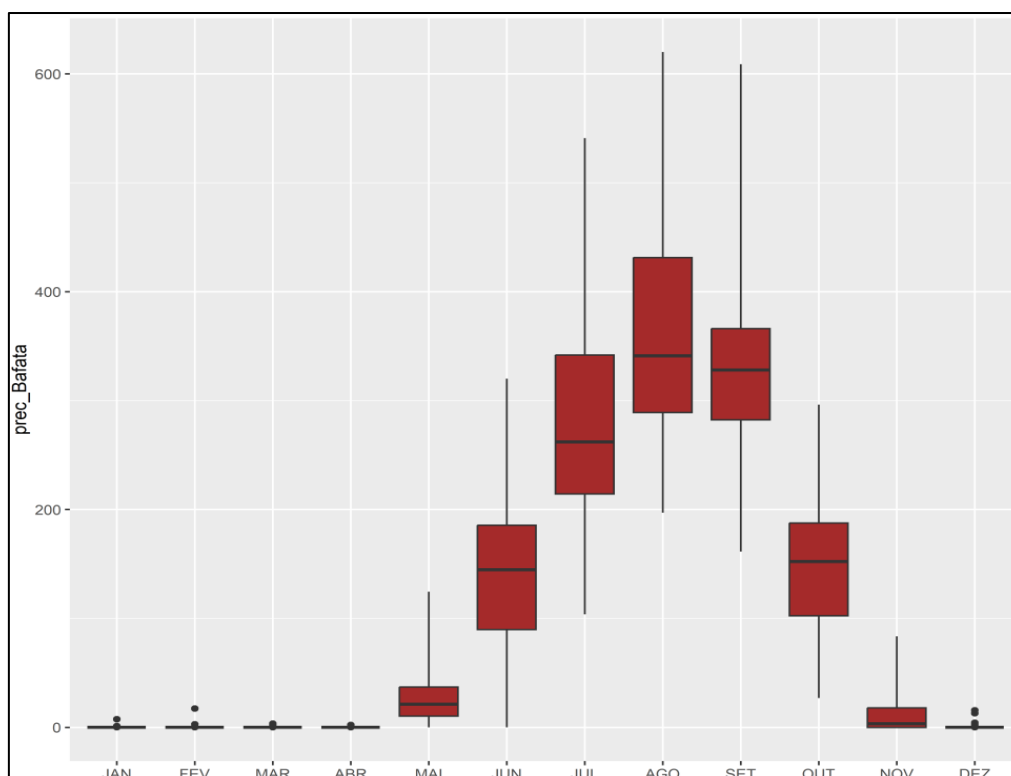


Figura 33. Diagrama de caixas (mínimo, primeiro quartil-q1, mediana-q2, terceiro quartil-q3 e máximo) das séries de precipitação mensal de Bafatá (1960-2020)

Em Bafatá, os valores máximos de precipitação ocorrem entre julho, agosto e setembro, com médias variando entre 268,8 mm e 342,9 mm, enquanto o desvio padrão oscila entre 92,2 mm e 110,3 mm, refletindo uma variação interanual expressiva. Agosto é o mês mais chuvoso, mas, contrariamente ao que sucede nas regiões costeiras (Bissau e Bolama), em Bafatá é setembro o segundo o mês mais chuvoso, em vez de julho, se atendermos aos valores da média e mediana respetivos.

Durante estes meses centrais da estação húmida (julho a setembro), o número médio de dias chuvosos situa-se entre 15 e 18 dias, com um desvio padrão de 4 dias, sendo agosto o mês com o maior número de dias de precipitação. Os meses de maio e novembro são considerados de transição entre a estação seca e a chuvosa. Já entre dezembro e abril, período correspondente à estação seca, o número médio de dias com precipitação é praticamente nulo.

O diagrama de caixas da figura 33 põe bem em evidência como, em Bafatá, a estação seca se caracteriza por uma quase ausência de precipitação entre dezembro e abril, tendo sido extremamente raras neste período de 60 anos.

Permitindo uma mais fácil comparação das três estações analisadas, na figura 34 apresenta-se o regime médio da precipitação total e do nº de dias da precipitação, das mesmas estações climatológicas. De uma forma geral, a estação chuvosa na Guiné-Bissau

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

está bem definida, ocorrendo entre junho e outubro, enquanto maio e novembro são meses de transição entre a estação seca e a chuvosa. O pico da precipitação ocorre entre julho e setembro, sendo agosto o mês com os maiores valores registados em todas as estações (figura 34). Comparando as diferentes regiões, Bolama regista os valores mais elevados de precipitação total, com um pico em agosto superior a 600 mm, enquanto Bafatá apresenta os menores totais pluviométricos entre as três estações analisadas.

No que diz respeito ao número de dias chuvosos, este segue o mesmo padrão da precipitação total, com os valores máximos entre julho e setembro. Bolama regista a maior quantidade de dias com chuva, atingindo uma média de 24 dias em agosto, seguida de Bissau, com 21 dias, e Bafatá, com 18 dias no mesmo mês. Durante a estação seca, a precipitação é ausente ou praticamente inexistente, caracterizando um regime climático marcadamente sazonal.

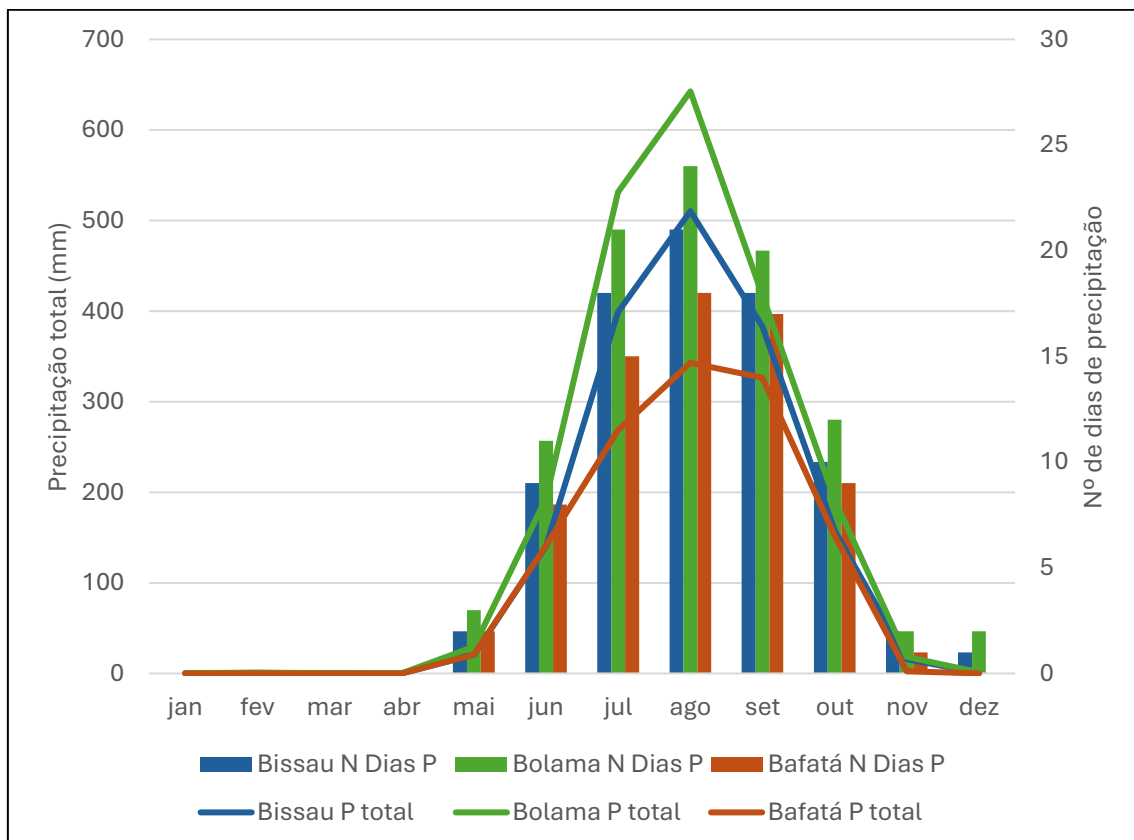


Figura 34. Regime médio da precipitação (total em linha e nº de dias de precipitação em barras) em Bissau, Bolama e Bafatá.

### Tendências das precipitações mensais

Os resultados do teste de Mann-Kendall e do estimador de inclinação de Sen relativos às séries de precipitação total mensal no período 1960-2020 (Tabela XIV) para os meses que correspondem à época chuvosa (maio a outubro) revelam, nas três estações,

uma tendência de diminuição da precipitação em quase todos os meses, exceto setembro e outubro – neste último caso, com exclusão de Bolama. A tendência de diminuição da precipitação ao longo do período 1960-2020 só atingiu significância estatística em agosto em Bissau/Observatório, representando uma diminuição da precipitação mensal de 18,6 mm por década. Numa análise geral, importa referir que as maiores reduções na precipitação foram registadas em julho e agosto, considerados os meses mais chuvosos de todo o ano (Tabela XIV).

*Tabela XIV. Tendências estimadas (por década) da precipitação total mensal, para as três estações estudadas, no período de 1960 a 2020*

mês	Bissau/Observatório		Bolama		Bafatá	
	Precipitação mensal (mm)	alteração por década (mm; %)	Precipitação mensal (mm)	alteração por década (mm; %)	Precipitação mensal (mm)	alteração por década (mm; %)
mai	20,2	-0.6 (-3%)	29,3	-0.8 (-2.7%)	25,7	-1.3 (-5.6%)
jun	145,5	-4.2 (-2.9%)	193,6	-4.5 (-2.3%)	140,2	-4.7 (-3.4%)
jul	393,4	-10.0 (-2.5%)	535,6	-10.2 (-1.9%)	275,9	-8.1 (-2.9%)
ago	512,3	<b>-18.6 (-3.6%)*</b>	643,6	-7.1 (-1.1%)	361,4	-3.7 (-1.0%)
set	384,7	2.2 (+0.6%)	417,9	0.7 (+0.17%)	331,3	5.3 (+1.6%)
out	154,5	-1.2 (-0.8%)	191,4	0.2 (+0.1%)	154,7	-4.7 (-3.0%)

+ Significativo para nível de  $p < 0.1$

#### *Tendências de índices diários de extremos de precipitação*

A disponibilidade de dados diários para o período 1981-2020 permitiu realizar uma análise detalhada do comportamento evolutivo dos índices extremos de precipitação nos últimos 40 anos. Quanto à precipitação total anual (PRCPTOT), representada na Figura 35, a estação Bissau/Observatório (Figura 35.A-1) e Bolama (Figura 35.B-1), apresentam um aumento de 51,8 mm e 42,0 mm/década, respetivamente, enquanto Bafatá (Figura 35.C-1) apresenta um aumento significativo de 82,6 mm/década.

O número máximo anual de dias consecutivos sem precipitação ou com precipitação inferior a 1,0 mm (CDD) tendeu a aumentar em quase todas as regiões. Em Bafatá (Fig. 32.C-2) foi mesmo observado um aumento estatisticamente significativo, enquanto em Bissau (Fig. 32.A-2) e Bolama (Fig. 32.B-2) tal não foi confirmado. A precipitação máxima em cinco dias consecutivos (RX5day) mostrou um aumento significativo nos três locais, embora este incremento tenha sido estatisticamente significativo apenas na estação de Bafatá (Fig. 32.C-3). Observou-se também uma tendência positiva (aumento) nos índices R10mm, R20mm e R30mm, que correspondem

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

ao número anual de dias com precipitação igual ou superior a 10mm, 20mm e 30mm, respetivamente, bem como nos índices r95P, 95ptot, prcptot, rx1dia e rx3dia. No período de 1981 a 2020, registou-se, portanto, um aumento na frequência de precipitação diária intensa nas três estações, tendo este aumento sido mais pronunciado e estatisticamente significativo em Bafatá, a localidade mais interior.

No que diz respeito à intensidade de precipitação (SDII), foi detetada uma tendência crescente significativa em Bafatá (Fig. 32.C-4). O índice relativo ao máximo anual de dias húmidos consecutivos ou com precipitação igual ou superior a 1,0 mm (CWD) apresentou um aumento significativo em Bolama e uma diminuição significativa em Bafatá, enquanto em Bissau não foram observadas alterações. A Tabela XV resume os resultados do teste de tendência de Mann-Kendall e as correspondentes variações estimadas, bem como a sua significância estatística, enquanto a Figura 35 ilustra a variabilidade de alguns índices de precipitação e as suas tendências de evolução.

*Tabela XV. Tendências estimadas (por década) dos índices de precipitação, para as três estações estudadas, no período de 1981 a 2020.*

<b>1981 -2020</b>	<b>Bissau/Observatório</b>	<b>Bolama</b>	<b>Bafatá</b>
Índice	alteração por década (dias; mm)	alteração por década (dias; mm)	alteração por década (dias; mm)
Cdd	3.7	0.42	5.17*
Cwd	0.0	2.35**	-0.56
prcptot	42.0	51.58	82.6**
r10mm	0.4	0.59	1.57*
r20mm	0.5	0.65	2.31***
r30mm	0.4	0.00	2.22***
r95p	29.5	55.67	52.70*
r95ptot	1.5	2.57	2.92*
rx1day	0.4	11.72	9.79**
rx3day	0.7	8.17	11.94 ***
rx5day	7.7	10.07	15.85***
Sdii	0.6	-0.14	1.91***

\* Significativo para nível de  $p < 0.05$ ; \*\* Significativo para nível de  $p < 0.01$ ; \*\*\* Significativo nível de  $p < 0.001$

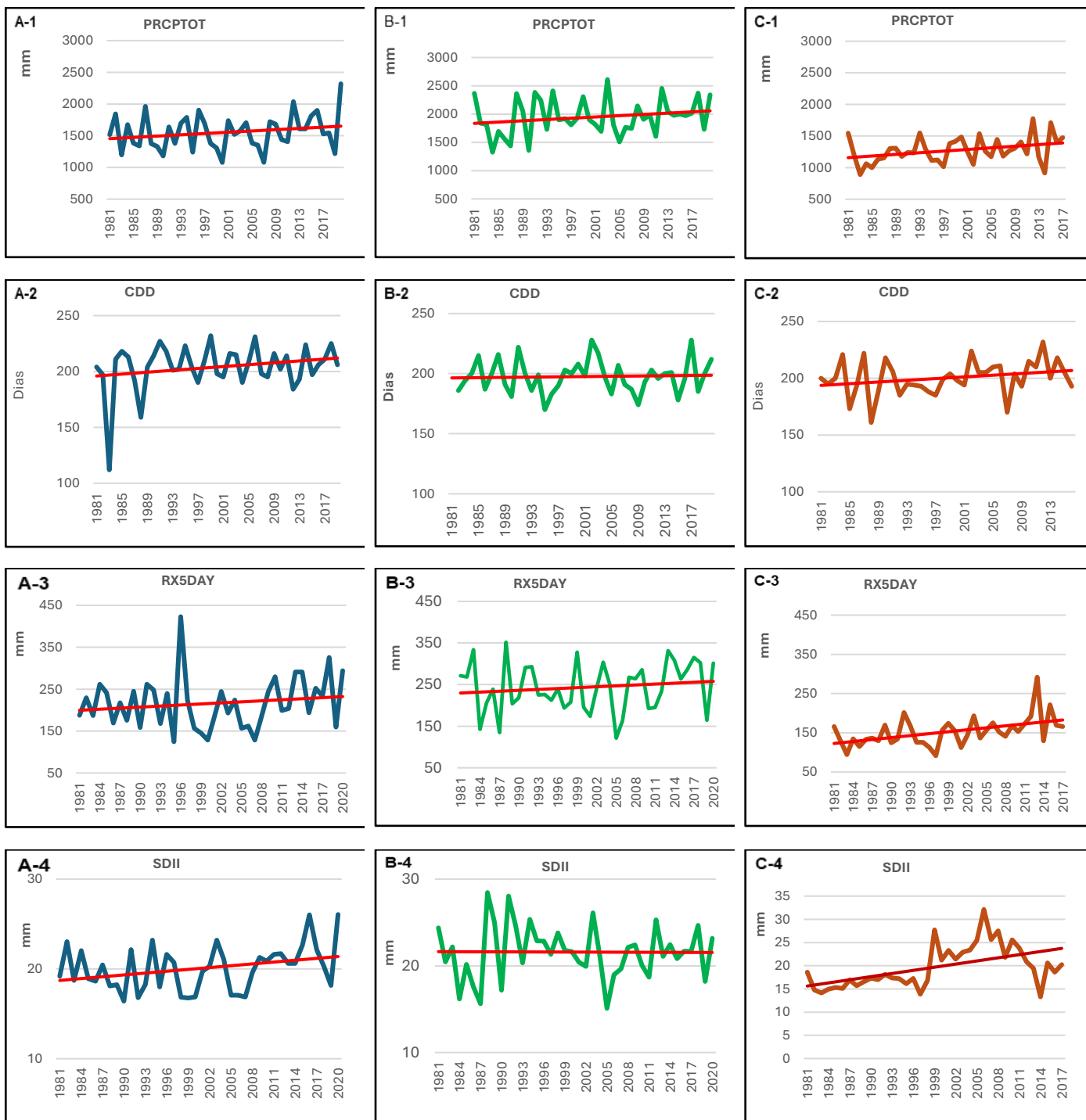


Figura 35. Variabilidade interanual dos índices de precipitação na Guiné-Bissau no período 1981 a 2020. (A: Bissau/Observatório; B: Bolama; C: Bafatá; PRCPTOT: Soma anual da precipitação diária  $\geq 1,0$  mm; CDD: Número máximo anual de dias secos consecutivos (quando precipitação  $< 1,0$  mm); RX5DAY: Precipitação total máxima anual de 5 dias; SDII: Precipitação total anual dividida pelo número de dias chuvosos (quando precipitação total  $\geq 1,0$  mm).

5.1.2. Temperatura do ar

*Temperaturas máximas e mínimas mensais: distribuição espacial e variabilidade interanual*

As condições climáticas na Guiné-Bissau caracterizam-se pela prevalência de temperaturas elevadas todo o ano, como se realçou no capítulo 2, com valores máximos em abril/maio e uma atenuação das temperaturas nos meses centrais da estação das chuvas, por efeito da maior predominância de nebulosidade, bem como no solstício de inverno boreal, em dezembro/janeiro. Desta forma, janeiro e abril são os meses ilustrativos, respetivamente, das condições de calor mais atenuadas e exacerbadas. Recorrendo à base dados CRU-TS, representam-se na figura 36 os padrões de temperatura mínima e temperatura máxima nesses meses característicos do regime térmico anual, janeiro como mês mais frio, abril como mais quente.

No mês de janeiro (inverno boreal), registam-se as temperaturas mínimas mais baixas do ano no território guineense, oscilando entre 15°C no extremo norte interior e cerca de 20°C no extremo sul do país. As médias das temperaturas máximas de janeiro, também as mais baixas do ano, variam entre 32°C na área insular (Bijagós) e cerca de 35°C no interior nordeste. O traçado das isotérmicas mete para o efeito da continentalidade na acentuação das temperaturas máximas.

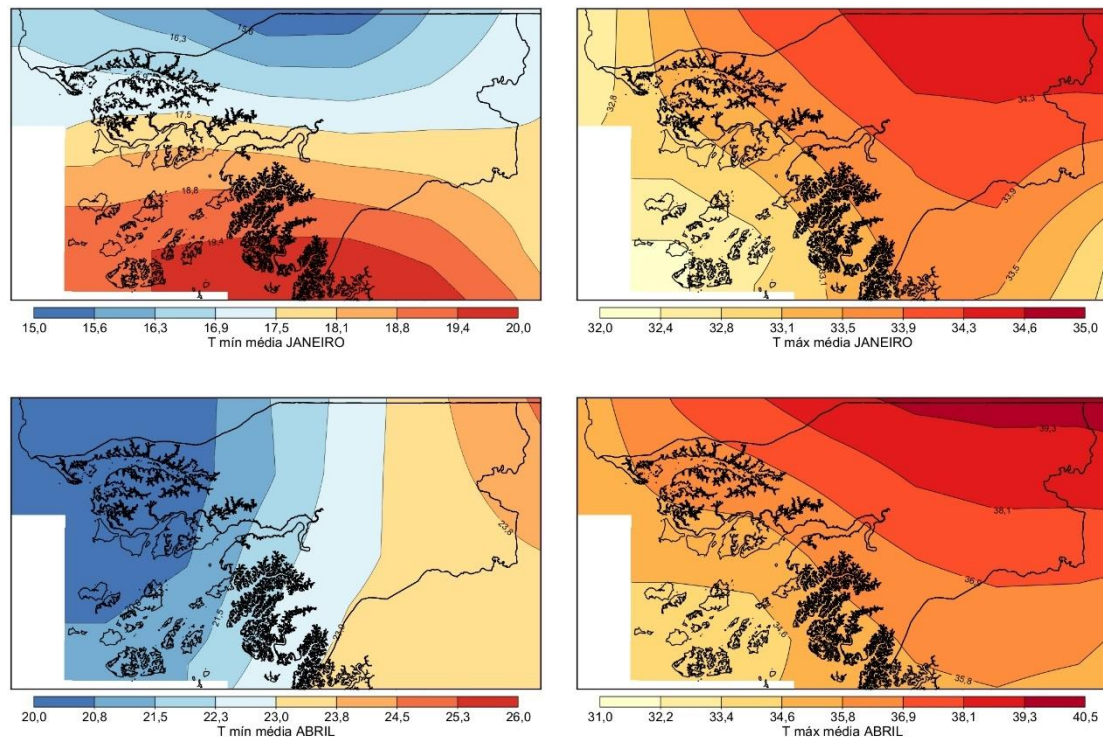


Figura 36. Temperaturas máximas médias e mínimas médias em janeiro (mês menos quente), respetivamente, nos painéis superiores e em abril (mês mais quente), nos painéis inferiores. Valores médios em °C, no período 1960-2020. Fonte dos dados: CRU TS v.4.08.

Em contraste, abril é ilustrativo do período mais quente do ano, com as médias das temperaturas mínimas a variarem entre cerca de 20°C na região do Cacheu (Norte) e os 24°C no interior da região de Gabú. As médias das temperaturas máximas de abril são tórridas na Guiné-Bissau, superando, mesmo na região insular, os 32°C, e ultrapassando os 39°C (!) nas áreas mais interior do leste do território.

Em comparação com a forte sazonalidade do regime pluviométrico, os contrastes térmicos estacionais descritos são, como é característico nos climas tropicais muito mais fracos. Na sequência da análise dos padrões térmicos ilustrados na figura 36, atenda-se às tabelas seguintes, nas quais se apresentam dados estatísticos das temperaturas máximas e mínimas mensais registadas nas três principais estações do país no período de 1981 a 2020.

A tabela XVI sintetiza o comportamento das temperaturas registadas na estação de Bissau-Observatório. As temperaturas máximas médias variam entre 30,1°C em agosto e 34,4°C em março, indicando que os meses mais quentes são fevereiro, março e abril, enquanto os mais frescos correspondem a julho, agosto e setembro. O desvio-padrão das temperaturas máximas situa-se entre 0,5°C em outubro e 1,2°C em fevereiro, revelando que fevereiro regista a maior variabilidade nas temperaturas máximas, ao passo que outubro apresenta a menor oscilação. A temperatura máxima absoluta variou entre 31,2°C em agosto e 36,0°C em março.

*Tabela XVI. Parâmetros estatísticos das temperaturas máximas e mínimas mensais, no período 1981-2020, na estação de Bissau/Observatório*

Mês	Temperatura máxima				Temperatura mínima			
	Média	Desv.P.	Máx.	Mín.	Média	Desv.P.	Máx.	Mín.
jan	32,1	0,9	33,8	30,2	19,4	1,1	20,9	16,0
fev	33,5	1,2	35,1	30,0	20,4	1,5	24,2	16,2
mar	34,4	1,0	36,0	31,8	21,1	1,5	23,2	16,5
abr	33,3	0,8	34,8	30,7	21,6	1,6	23,5	17,1
mai	32,7	0,9	34,6	29,8	22,9	1,4	25,4	19,3
jun	31,9	0,8	33,5	30,4	24,0	1,3	25,5	19,5
jul	30,6	0,9	32,3	29,1	23,8	1,1	25,1	20,1
ago	30,1	0,6	31,2	28,8	23,5	1,0	24,7	20,2
set	30,9	0,6	32,2	29,9	23,3	1,2	24,8	19,4
out	31,8	0,5	32,8	30,6	24,0	1,1	25,6	20,5
nov	32,5	0,6	33,8	31,1	23,2	1,0	25,2	20,5
dez	31,8	1,0	33,9	29,9	20,4	1,0	22,4	18,5

Relativamente às temperaturas mínimas médias, os valores situam-se entre 19,4°C em janeiro e 24,0°C em junho, evidenciando que as noites mais frias ocorrem no início do

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

ano (inverno boreal), enquanto as mais quentes se registam a meio do ano (verão boreal). O desvio-padrão das temperaturas mínimas varia entre 1,0°C nos meses de agosto, novembro e dezembro e 1,6°C em abril, indicando que abril apresenta a maior variabilidade nas temperaturas mínimas, enquanto agosto, novembro e dezembro registam menores flutuações. A temperatura mínima absoluta oscila entre 16,0°C em janeiro e 20,5°C em outubro e novembro, confirmando que janeiro regista as temperaturas mais baixas.

A estação de Bolama (Tabela XVII) apresenta temperaturas máximas médias que oscilam entre 29,4 °C em agosto e 33,9 °C em março. O desvio-padrão das temperaturas máximas varia de 0,4 °C em setembro a 1,8 °C em junho, demonstrando que junho apresenta a maior variabilidade nas temperaturas máximas, enquanto setembro tem a menor dispersão interanual. A temperatura máxima absoluta varia entre 30,8 °C em agosto e 36,3 °C em março, sendo de realçar o registo destas condições extremas de calor apesar do contexto insular e desta estação se situar a mais de 25 km da costa ocidental do continente.

Relativamente às temperaturas mínimas médias em Bolama (Tabela XVII), os valores oscilam entre 19,6 °C em janeiro e 23,7 °C em junho, evidenciando que as noites mais frias ocorrem no início do ano, enquanto as mais quentes se verificam a meio do ano. O desvio-padrão das temperaturas mínimas varia entre 0,6 °C em abril e junho e 1,7 °C em janeiro, indicando que este último mês apresenta a maior variabilidade nas temperaturas mínimas, enquanto abril e junho registam menor oscilação. A temperatura mínima absoluta situa-se entre 17,0 °C em janeiro e 22,3 °C em maio, confirmando que os meses iniciais do ano registam as temperaturas mais baixas.

*Tabela XVII. Parâmetros estatísticos das temperaturas máximas e mínimas mensais, no período 1981-2020, na estação de Bolama*

Mês	Temperatura máxima				Temperatura mínima			
	Média	Desv.P.	Máx.	Mín.	Média	Desv.P.	Máx.	Mín.
jan	32,0	0,5	33,2	30,9	19,6	1,7	25,8	17,0
fev	33,4	0,7	35,1	31,5	20,4	0,9	21,9	18,2
mar	33,9	0,8	36,3	32,5	21,7	1,1	27,1	20,0
abr	33,4	0,8	35,2	31,4	22,4	0,6	23,6	20,9
mai	32,9	0,6	34,4	31,8	23,5	0,7	25,4	22,3
jun	32,0	1,8	39,4	30,6	23,7	0,8	24,8	22,0
jul	30,0	0,5	30,9	28,9	23,1	0,8	25,1	21,0
ago	29,4	0,5	30,8	28,5	23,0	1,0	24,6	20,2
set	30,3	0,4	31,1	29,2	23,1	0,8	24,3	20,3
out	31,5	0,5	32,6	30,5	23,6	0,8	25,0	21,8
nov	32,1	0,5	33,0	30,8	23,2	0,8	24,9	21,6
dez	31,6	0,6	33,5	30,5	20,4	1,1	22,2	18,0

Por fim, a temperatura máxima média em Bafatá (Tabela XVIII) varia entre 31,0°C em agosto e 39,2°C em abril, sendo os meses de abril e maio os mais quentes. Em contraste, julho, agosto e setembro são os mais amenos, coincidindo com o período de maior pluviosidade do ano. O desvio-padrão oscila entre 0,7°C em outubro e 2,0°C em maio, indicando que este último mês apresenta a maior variação nas temperaturas máximas. Além disso, a temperatura máxima mais elevada registada foi de 41,7°C em abril, enquanto a mais baixa foi de 32,9°C em setembro.

No que se refere à temperatura mínima, a média situa-se entre 16,9°C nos meses de janeiro e dezembro e 23,4°C em junho. Os meses mais frios são janeiro e dezembro, enquanto maio e junho registam as temperaturas mínimas mais elevadas. O desvio-padrão varia entre 0,9°C em agosto e 1,8°C em dezembro. Por outro lado, a temperatura mínima mais alta oscila entre 24,7°C, registada entre abril e julho, e 19,2°C em janeiro, enquanto a mínima mais baixa varia entre 12,9°C em dezembro e 20,0°C nos meses de junho e agosto (Tabela XVIII).

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

*Tabela XVIII. Parâmetros estatísticos das temperaturas máximas e mínimas mensais, no período 1981-2020, na estação de Bafatá*

Mês	Temperatura máxima				Temperatura mínima			
	Média	Desv.P.	Máx.	Mín.	Média	Desv.P.	Máx.	Mín.
jan	33,9	0,9	35,8	32,3	16,9	1,6	19,2	13,5
fev	36,9	1,3	39,6	32,6	18,6	1,3	20,8	15,3
mar	38,5	0,9	40,2	35,4	21,0	1,3	23,3	17,9
abr	39,2	1,7	41,7	33,0	22,2	1,3	24,7	18,9
mai	38,0	2,0	40,9	31,5	23,3	1,4	24,7	17,9
jun	34,9	1,4	37,5	32,5	23,4	1,0	24,7	20,0
jul	31,6	0,9	34,8	29,2	22,9	1,1	24,7	18,7
ago	31,0	0,6	32,9	30,0	22,3	0,9	24,4	20,0
set	31,5	0,6	32,9	30,7	22,1	1,0	24,2	19,3
out	32,8	0,7	34,9	31,5	22,6	1,5	23,8	17,0
nov	33,6	0,8	35,2	32,2	21,1	1,4	23,3	16,1
dez	32,8	1,0	36,1	30,1	16,9	1,8	21,4	12,9

### *Tendências da temperatura do ar*

A Tabela XIX resume as tendências (avaliadas segundo o teste de Mann-Kendall) dos índices mensais de temperatura durante o período de análise de longo prazo (1960–2020) e a média anual para o mesmo período. Esta tabela revela que 82% das tendências estimadas apontam para uma evolução do aquecimento ao longo destes 61 anos, sendo de salientar que em 54% delas as tendências são estatisticamente significativas. Tendências positivas (aquecimento) são observadas em todos os meses do ano.

Tabela XIX. Resumo das tendências dos índices de temperatura para o período 1960-2020. TX: média mensal da temperatura máxima; TN: média mensal da temperatura mínima

mês	Parâmetro	Bissau/Observatório alteração por década (°C)	Bolama alteração por década (°C)	Bafatá alteração por década (°C)
jan	TX	0.22***	-0.03	0.013
	TN	0.11+	0.19+	0.34*
fev	TX	0.30***	0.08	0.010
	TN	0.28**	0.18*	-0.07
mar	TX	0.32***	-0.03	0.000
	TN	0.25*	0.27***	0.11
abr	TX	0.11+	-0.05	0.019**
	TN	0.17*	0.08	0.07
mai	TX	0.14*	-0.03	0.011
	TN	0.08	-0.06	0.00
jun	TX	0.26***	0.11**	0.022*
	TN	0.22***	-0.05	0.20**
jul	TX	0.33***	0.08+	0.017**
	TN	0.24***	-0.10*	0.22**
ago	TX	0.32***	0.07+	0.024***
	TN	0.16**	0.00	0.00
set	TX	0.34***	0.08*	0.017**
	TN	0.15*	0.04	0.09+
out	TX	0.26***	0.09*	0.015**
	TN	0.21***	0.12	0.12+
nov	TX	0.26***	0.00	0.020**
	TN	0.12*	0.00	0.27**
dez	TX	0.36***	0.05	0.007
	TN	0.22**	0.22*	0.05
ano	TX	0.26***	0.03	0.16**
	TN	0.18**	-0.01	0.15**

+ Significativo para  $p < 0.1$ ; \* Significativo para  $p < 0.05$ ; \*\* Significativo para  $p < 0.01$ ; \*\*\* Significativo para  $p < 0.001$

É em Bissau/Observatório que as tendências de aquecimento são mais fortes, atingindo variações por década que são sempre mais fortes no caso das temperaturas máximas médias (TX) do que nas temperaturas mínimas médias (TN). Para TX, as maiores variações estimadas por década ultrapassaram 0,3°C em março, julho, agosto, setembro e dezembro, enquanto as variações para TN variaram entre 0,15°C e 0,25°C. As séries anuais de TN e TX mostram tendências significativas de aumento em Bissau (área costeira, TX=

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

+0,26°C e TN= +0,18°C por década) e Bafatá (área continental, TX= +0,16°C e TN= + 0,15°C por década), enquanto em Bolama (ilhas Bijagós) não houve tendências significativas.

A disponibilidade de dados diários para o período 1981-2020 permitiu o cálculo das tendências dos índices diários de temperatura para as três estações meteorológicas analisadas. Os resultados são apresentados na Tabela XX e as tendências selecionadas podem ser observadas na Figura 37.

*Tabela XX. Resumo das tendências dos índices diários de temperatura para o período 1981-2020.*

Índice	Bissau/Observatório	Bolama	Bafatá
	alteração por década (dias)	alteração por década (dias)	alteração por década (dias)
Dtr	0.31*	-0.14	0.56*
Su	0.00	0.00	0.00
Tmm	0.18*	-0.19***	-0.09
Tnx	0.15	-0.16	-0.6*
Tr	-3.39	-24.96***	-18.68
TXge30	13.82***	5.00	3.83**
TXge35	8.00*	0.00	5.00*
Txx	0.19	-0.25	-0.17
tx90p	3.18***	0.50	1.14
WSDI	6.67***	1.03	3.41
Tnm	0.03	-0.39***	-0.30
Tnn	-0.83*	-1.30***	0.00

\*Significativo para nível de  $p < 0.05$ ; \*\* Significativo para nível de  $p < 0.01$ ; \*\*\* Significativo para nível de  $p < 0.001$

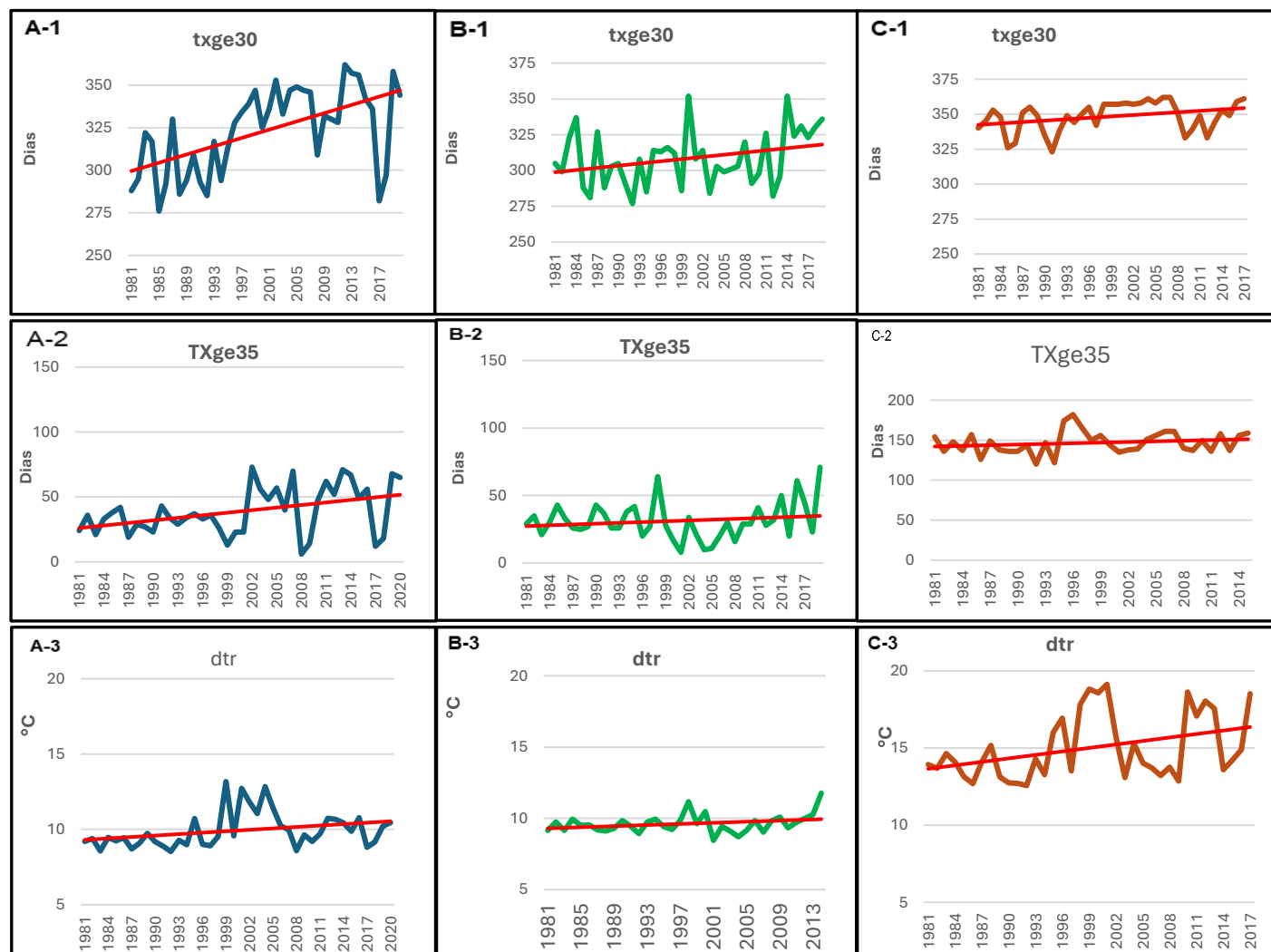


Figura 37. Variabilidade interanual dos índices de temperatura na Guiné-Bissau no período de 1981 a 2020. (A: Bissau/Observatório; B: Bolama; C: Bafatá; TXge30: Número anual de dias em que TX  $\geq$  30 °C; TXge35: Número anual de dias em que TX  $\geq$  35 °C; dtr: Diferença média anual entre o TX diário e o TN diário)

De um modo geral, as tendências de aquecimento descritas relativamente ao período mais longo (1960-2020) são confirmadas nesta avaliação focada no intervalo temporal mais recente de 1981-2020, aspeto que deve realçado. A frequência de dias quentes (TXge30) e de dias muito quentes (TXge35) aumentou em cada uma das localidades, com maior magnitude em Bissau/Observatório (+14 dias e 8 dias por década respetivamente). Igualmente, a duração do período de calor mais longo (WSDI) também aumentou em todas as estações, novamente com uma alteração mais expressiva na estação localizada na capital (Bissau/ Observatório, +7 dias/década). Outra alteração que importa salientar é o aumento da amplitude térmica média diurna (diferença média anual

entre TX diário e TN diário), que também aumentou tanto em Bissau como em Bafatá (com significância estatística), enquanto em Bolama a alteração não foi significativa.

Em aparente contradição com as tendências gerais descritas e reveladoras de uma evolução no sentido do aquecimento climático, refira-se que as temperaturas mínimas absolutas (Tnx) diminuíram entre 1981 e 2020 nas áreas costeiras do país (Bissau e Bolama) em 0,83°C e 1,30°C por década, respetivamente, enquanto na área área continental (Bafatá) não se registou alteração neste parâmetro.

### 5.1.3. Discussão sobre as tendências temporais dos parâmetros da temperatura e da precipitação na Guiné-Bissau

No seu relatório de 2022, o IPCC aponta um aumento nas temperaturas médias anuais de 1–3°C desde meados da década de 1970, sendo este aumento mais acentuado nas regiões do Sahara e do Sahel. A investigação realizada neste trabalho demonstrou que as alterações climáticas globais que o planeta Terra enfrenta atualmente também são bastante evidentes na Guiné-Bissau. Os eventos climáticos extremos são cada vez mais frequentes e intensos em todo o território. É importante salientar que os resultados deste estudo foram, em certa medida, condicionados pelo reduzido número (3) de estações meteorológicas disponíveis com séries de dados climatológicos de longa duração e pela sua limitada distribuição espacial no território (Xu et al., 2017; Zhou et al., 2023). Na presente pesquisa, as temperaturas máximas médias mensais apresentaram tendências de aumento significativas no período 1960 a 2020, especialmente nos meses que coincidem com as diferentes fases de desenvolvimento da planta de arroz mangal (junho a novembro).

As temperaturas mínimas médias mensais também seguiram a mesma tendência de aumento, exceto em junho e julho, em Bolama. À medida que as temperaturas máximas continuam a subir durante as fases críticas do desenvolvimento do arroz, esta cultura irá inevitavelmente sofrer, podendo levar a efeitos adversos na produção. Isto poderá pôr em risco a soberania alimentar das comunidades camponesas que dependem da cultura do arroz para o seu sustento. Com o aumento das temperaturas mensais, as temperaturas médias máximas e mínimas anuais também aumentaram no mesmo período. A tendência detetada de aumento da temperatura máxima e mínima na Guiné-Bissau durante o período 1960-2020 está em linha com as tendências regionais identificadas noutros estudos centrados na África Ocidental, como USAID (2018), o de Barry et al. (2018) e o relatório do

IPCC (2022). Outros estudos realizados em diferentes regiões do mundo também indicam aumento nas temperaturas máximas e mínimas médias anuais, como os de Fante e Neto (2017) e Shen et al. (2018). A análise do comportamento evolutivo dos dias em que as temperaturas máximas iguais ou superiores a 30 e 35°C demonstraram uma tendência de aumento ao longo da série climatológica (1981-2020), e a magnitude das tendências foi mais visível e estatisticamente significativa em Bissau (13 e 8 dias, respetivamente) e Bafatá (4 e 5 dias, respetivamente) comparativamente a Bolama. Estes resultados estão em linha com os obtidos por Moron et al. (2016), que estimou um aumento na frequência de dias com temperatura máxima acima de 35°C de 1 a 9 dias, por década, na África Ocidental, no período 1961–2014. As tendências de aumento de dias quentes e muito quentes identificadas neste estudo podem ter efeitos negativos no cultivo do arroz na Guiné-Bissau, já que temperaturas superiores a 35°C podem ser prejudiciais, resultando no aborto (queda prematura) das flores do arroz e numa maior taxa de esterilidade das espiguetas. (Chauhan et al., 2017; Yoshida, 1981; Zingore et al., 2014). Além disso, a percentagem anual de dias em que a temperatura máxima ultrapassa o percentil 90 (TX90P) também apresentou um aumento em todo o território, com os aumentos mais significativos a serem registados em Bissau e Bafatá. O aumento das temperaturas acelera a evapotranspiração das plantas (Kim et al., 2013), o que, combinado com a diminuição da precipitação, agrava o stress hídrico. Esta situação pode ter impactos negativos nas culturas, levando a perdas de produção. Além disso, contribui para a redução dos caudais dos rios e para o esgotamento das reservas de água subterrânea, que são fontes essenciais de água potável para a população. De forma menos esperada, constatou-se que as temperaturas mínimas absolutas (tnn) apresentaram uma tendência de diminuição significativa em Bissau e Bolama. No entanto, este resultado está de acordo com os resultados de Barry et al. (2018), que identificaram tendências de diminuição da temperatura mínima absoluta em 3% a 4% nas séries temporais estudadas na África Ocidental (período 1960–2010), especialmente no norte do Togo e no noroeste da Nigéria. As possíveis causas deste comportamento não estão esclarecidas e poderão estar relacionadas com efeitos das mudanças na cobertura do solo ou às variações decadais na circulação atmosférica regional (Mupangwa et al., 2023).

Relativamente à evolução da precipitação total anual no período 1981–2020, foi detetado neste estudo um aumento de 42,0 a 82,6 mm/década, sendo significativo em Bafatá, ao contrário do que foi encontrado nas séries climatológicas mais longas de 1960–2020, nas quais se identificou um ligeiro decréscimo da precipitação. De facto, o período

da década de 70 foi predominantemente seco na África Ocidental (Djossou et al., 2017; Nouaceur & Murarescu, 2020) enquanto a série mais recente, de 1981 a 2020, apresentou um ligeiro aumento, denotando um regresso da precipitação na região de África Ocidental (Barry et al., 2018; Descroix et al., 2015; Nouaceur & Murarescu, 2020). Os resultados na escala mensal do presente estudo são coerentes com os obtidos relativos à precipitação anual. No período 1960-2020, houve um ligeiro declínio na precipitação mensal em todas as estações estudadas. No entanto, esta diminuição só foi estatisticamente significativa em agosto, em Bissau. Por seu turno a tendência mais recente (1981-2020) de aumento da precipitação também foi observada em muitos países da África Ocidental, reforçando a evidência de que a região registou um regresso a condições mais húmidas desde o final do último milénio (Barry et al., 2018; Blunden & Boyer, 2021; ACDI, 2022, 2015; Dike et al., 2020; Nkrumah et al., 2019; Sylla et al., 2016). As causas do retorno da precipitação no Sahel e na África Ocidental podem estar relacionadas com a temperatura da superfície do Atlântico Norte (Nouaceur & Murarescu, 2020) ou ser explicadas por anomalias na circulação atmosférica à escala planetária ou regional (Biasutti, 2019; Nouaceur & Murarescu, 2020), vinculado ao fenómeno El Niño-Oscilação Sul (ENSO) (Emmanuel, 2022; Henchiri et al., 2021). Por outro lado, o IPCC (2022) no seu relatório sobre alterações climáticas (2022), descreve as tendências negativas e o aumento da variabilidade interanual da precipitação observadas entre 1960 e 1980 na África Ocidental, abrangendo os anos de seca de 1970-1973 notados na região (Rodier & Roche, 1973). Esta redução da precipitação mencionada no relatório do IPCC (2022) para o período entre 1960 e 1980 está em consonância com os resultados obtidos na presente investigação que dizem respeito à evolução deste elemento climático num período mais alargado (1960-2020). Um último conjunto de conclusões da presente investigação sobre tendências de parâmetros climáticos diz respeito aos índices diários de precipitação. Notou-se também um aumento de dias consecutivos sem chuva, especialmente em Bissau e Bafatá na série climatológica 1981-2020, em detrimento dos dias húmidos, e, ao mesmo tempo, um aumento da precipitação total e da sua intensidade em quase todo o país, concordando com o observado por Barry et al. (2018).

Relativamente à precipitação máxima anual em 5 dias consecutivos (RX5day), verificou-se um aumento entre 8 e 16 mm por década, sendo este aumento significativo apenas em Bafatá. O número anual de dias com precipitação superior a 10 mm e 20 mm (R10mm e R20mm) registou um acréscimo entre 0,4 e 2,3 dias por década, respetivamente. Isto sugere que, apesar da diminuição do número de dias húmidos durante a época das

chuvas, o total anual é compensado por dias com precipitação muito intensa, refletindo-se num aumento significativo da intensidade da precipitação (SDII). Estes resultados estão em consonância com os observados por Dike et al. (2020) na Nigéria, no período de 1975 a 2013, onde foi identificado um aumento na precipitação total anual (PRCPTOT), do total anual máximo de 5 dias consecutivos (RX5day) e da intensidade da precipitação (SDII). De forma semelhante, Barry et al. (2018) também estimaram um aumento nos índices RX5day em 7,1 mm por década, R10mm em 1,3 dias por década, e R20mm em 0,2 dias por década, entre 1981 e 2010, na África Ocidental.

As chuvas intensas, que frequentemente causam inundações, representam desafios significativos para o desenvolvimento das culturas. O stress provocado pelo excesso de água leva a perdas na produção agrícola, reduzindo o perfilhamento e a área fotossintética há medida que as culturas se tornam saturadas (Daku et al., 2022; FAO, 2003, 2018). Por outro lado, a seca ou interrupções prolongadas das chuvas afetam todas as fases do cultivo, causando o enrolamento das folhas, queimaduras, crescimento atrofiado, floração retardada, esterilidade das espiguetas e panículas, e enchimento incompleto das sementes, resultando, em geral, numa diminuição da produção agrícola (FAO, 2018; PhilRice, 2014). A redução da estação chuvosa perturba as atividades agrícolas, afetando particularmente o cultivo do arroz (Ayanlade et al., 2018; Diedhiou et al., 2018; USAID, 2018). Esta perturbação dificulta particularmente as fases de crescimento das variedades de arroz de ciclo longo, que necessitam de mais água e tempo para o seu desenvolvimento (van Oort & Zwart, 2018). Consequentemente, poderá ocorrer uma queda notável na produção de arroz (Padhy et al., 2022), aumentando o risco de insegurança alimentar.

As recentes alterações climáticas identificadas na Guiné-Bissau nesta investigação poderão ter impactos significativos em diversas áreas, especialmente na agricultura e nos ecossistemas de mangais, mas também na saúde humana.

A redução do volume total de chuvas e a sua irregularidade no território podem afetar a cultura do arroz de mangal, que necessita de água suficiente para a lixiviação do sal nas parcelas, garantindo o bom desenvolvimento das plantas. Os ecossistemas de mangais, devido à sua localização entre o mar e o continente, serão impactados pelas tendências de aumento da temperatura, uma vez que este fenómeno está associado à subida do nível do mar, responsável pela inundação dos mangais costeiros e estuarinos. Se esse aumento exceder a tolerância fisiológica das plantas, o impacto será ainda mais grave (Lovelock et al., 2015).

De acordo com o IPCC (2023), o aumento do calor extremo resultará em maiores taxas de mortalidade e morbidade humana em todas as regiões. As alterações na temperatura e na precipitação influenciam a disponibilidade de alimentos e de água, elevando o risco de desnutrição e fome. As chuvas intensas aumentam a incidência de doenças transmitidas pela água e por vetores (Coates et al., 2020), como doenças diarreicas e cólera (OMM, 2022). O aumento das temperaturas na África Ocidental poderá intensificar a malária nalgumas áreas e reduzi-la noutras, além de aumentar a incidência de doenças cardiovasculares e respiratórias, bem como acidentes vasculares cerebrais (CDKN & ACDI, 2022). Como se mostrou nesta investigação, as temperaturas máximas aumentaram ao longo dos últimos 40 anos (1981-2020), e a ocorrência de períodos de calor extremo pode ter resultado numa maior frequência de ocorrência de temperaturas prejudiciais durante certas fases do desenvolvimento do cultivo do arroz.

No que se refere, mais especificamente, aos efeitos das recentes alterações climáticas na agricultura e no cultivo de arroz de mangal nas regiões costeiras da Guiné-Bissau, algumas estratégias e medidas de adaptação poderão ser exploradas. Segundo Hussain et al., (2022) e Padhy et al., (2022), essas medidas de adaptação que poderão ser realizadas pelos camponeses visam quatro questões principais: ajustes nas datas de cultivo; utilização de previsões climáticas para planeamento de atividades agrícolas; escolha de variedades de ciclo adequadas a cada estação chuvosa; e desenvolvimento de estruturas de diques de proteção resistentes à subida do nível do mar. Por outro lado, é muito importante que as entidades responsáveis pela política agrícola nacional possam apoiar o investimento em cultivares de arroz com maiores rendimentos e tolerância ao stress salino e hídrico.

### 5.2 Variabilidade interanual e tendências recentes da estação chuvosa

#### 5.2.1 Considerações preliminares

Neste capítulo de resultados sobre a avaliação das tendências recentes do Clima na Guiné-Bissau é compreensível que se dedique uma secção ao estudo particular do comportamento da estação chuvosa. O arroz de mangal é uma cultura fortemente dependente da precipitação sazonal e eventuais alterações da duração e intensidade das chuvas podem afetar o ciclo da cultura. Nesta perspetiva, é de primordial importância identificar os padrões de início tardio ou término precoce das chuvas, que poderão perturbar o calendário cultural e comprometer as produções deste cereal que constitui o alimento básico da população guineense. A monitorização do comportamento da estação das chuvas é crucial para a atividade agrícola neste país, e em particular para os arrozais

de mangal, não só pelo papel da precipitação na satisfação das necessidades hídricas de desenvolvimento da cultura, mas igualmente pelo *input* de água doce ser fundamental para assegurar a produtividade dos solos e regular a sua salinidade, cada vez mais agravada pelas intrusões salinas nas áreas costeiras associadas à dinâmica em curso de elevação do nível do mar. A compreensão da evolução recente da estação das chuvas é, portanto, um fator essencial para o planeamento de estratégias de adaptação climática e formulação de políticas que visem a segurança alimentar e subsistência das comunidades rurais, assim como a mitigação de riscos climáticos e impactos socioeconómicos associados a fenómenos como as cheias excessivas ou as secas. Os resultados sobre a caracterização da evolução recente da estação chuvosa nesta investigação compreendem dois níveis de análise: um primeiro, de contexto regional, abrangendo a África Ocidental, na sua faixa de regime pluviométrico unimodal, e outro focado no território da Guiné-Bissau

### 5.2.2 Padrões de Início e Fim da Estação das Chuvas na África Ocidental

Na região estudada da África Ocidental, o início da época das chuvas está intimamente ligado ao movimento latitudinal da Frente Intertropical (FIT), que se desloca para norte durante a estação chuvosa e para sul durante o inverno boreal, marcando o fim do período das chuvas, conforme se ilustra na Figura 38 (A a D).

A Figura 38.A apresenta a data média (1981-2020) do dia de início da época das chuvas, cuja ocorrência na região progride espacialmente do início de maio ao início de agosto. As cores variam do azul, no Sul, ao vermelho, no Norte, indicando um início mais precoce nas regiões meridionais e um início mais tardio à medida que se avança para norte.

O início da época das chuvas (Figura 38.A) varia entre as bandas latitudinais da África Ocidental, começando mais cedo nas áreas mais a Sul (8°N–10°N, Serra Leoa e extremo N da Libéria), por volta do início de maio (5 a 17 de maio), deslocando-se gradualmente para meados a finais de junho (10 a 22 de junho) nas regiões centrais (10°N–12°N) e ocorrendo mais tarde nas regiões setentrionais (12°N–14°N e além), entre meados de julho e o início de agosto (3 a 8 de agosto). Durante este período, a região recebe ar húmido da monção proveniente do Golfo da Guiné.

Relativamente ao fim da estação chuvosa, ilustrado na Figura 38.B, este ocorre entre meados de setembro e meados de dezembro. A transição das cores de azul para vermelho indica um término mais precoce no Norte e mais tardio no sul.

O fim da época das chuvas varia regionalmente, ocorrendo primeiro nas regiões setentrionais (14°N e acima), entre meados e finais de setembro (19 a 29 de setembro),

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

deslocando-se para um período entre outubro e o início de novembro (10 de outubro a 1 de novembro) nas regiões centrais (10°N–12°N) e prolongando-se até meados de novembro e início de dezembro (22 de novembro a 14 de dezembro) nas regiões meridionais (abaixo dos 10°N), em especial na costa da Guiné-Conakri, Serra Leoa e extremo N da Libéria. Este padrão de cessação é influenciado pelo recuo da FIT para sul e pelo aumento da predominância dos ventos secos Harmattan, vindos do Saara, que vigoram na estação seca da África Ocidental tropical.

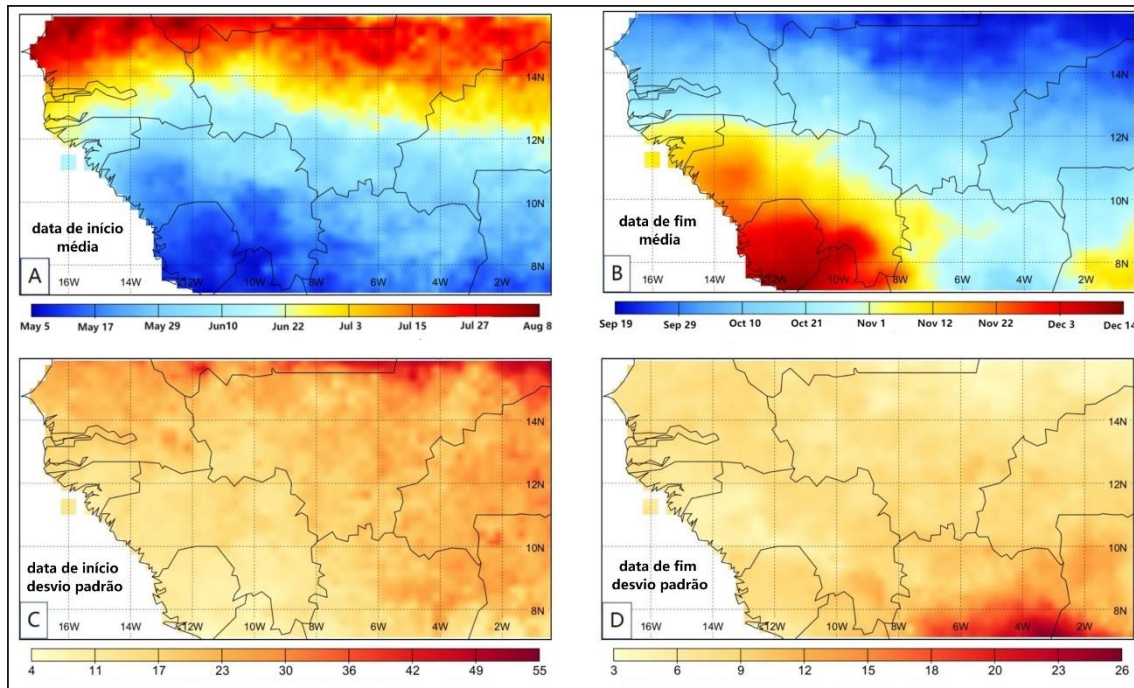


Figura 38. Datas médias de início (A) e de fim (B) da estação das chuvas e os seus desvios padrões respetivos (C e D, em dias), na África Ocidental (1981-2020). Fonte dos dados: CHIRPS 2.0.

A Figura 38.C apresenta o desvio padrão do dia de início da estação chuvosa, assinalando-se um contraste regional nos valores entre 4 e 55 dias. Valores mais elevados (tons de vermelho mais escuros) indicam maior variabilidade, enquanto valores mais baixos (tons mais claros) sugerem maior consistência. O início da estação chuvosa apresenta diferentes níveis de variabilidade consoante a região, sendo muito maior nas áreas setentrionais (acima dos 12°N), onde pode oscilar significativamente de ano para ano, com um desvio padrão superior a 50 dias. Nas regiões centrais (10°N–12°N), a variabilidade é moderada, com desvios padrões entre 23 e 42 dias (Figura 38.C). Já nas regiões do Sul (abaixo dos 10°N), o início das chuvas é mais estável, com desvios padrões tão baixos quanto 4–11 dias.

Na África Ocidental, a variabilidade interanual do momento final da estação chuvosa é menor do que a do seu começo (figura 38.D). O desvio padrão do dia de cessação

da estação chuvosa (Figura 38.D) varia entre 4 e 26 dias. O fim das chuvas apresenta diferentes graus de variabilidade consoante a região, sendo mais elevado na faixa mais a Sul (abaixo dos 10°N) e interior da área de estudo, abrangendo setores da Costa do Marfim e do Gana, onde os desvios padrões atingem 23–26 dias. Nas regiões centrais (10°N–12°N), a variabilidade é moderada, com desvios padrão entre 12 e 18 dias. Já nas regiões setentrionais (acima dos 12°N), a data de fim das chuvas é mais estável, apresentando desvios padrão tão baixos quanto 4–7 dias.

O início e o fim da estação chuvosa na África Ocidental seguem um gradiente latitudinal, estreitamente ligado ao movimento da FIT. O início das chuvas progride de sul para norte, enquanto o seu fim avança de norte para sul. A variabilidade nestas transições é maior no Norte para o início das chuvas e no Sul para o seu término, refletindo diferenças regionais na estabilidade climática e na variabilidade interanual da precipitação.

### 5.2.3 Duração da Estação das Chuvas na África Ocidental

O padrão espacial da duração média (nº de dias) da estação chuvosa na área de estudo (Figura 39, painel à esquerda), que abrange uma grande parte da África Ocidental caracterizada por um regime pluviométrico unimodal, varia significativamente de norte para sul, revelando um gradiente latitudinal bem definido, sobrepondo-se ainda um outro gradiente de incremento nítido, estabelecido do interior do continente para a costa atlântica.

Nas regiões mais a sul e mais próximas do Atlântico, particularmente na Guiné-Conakri, Serra Leoa e extremo norte da Libéria, a estação chuvosa é mais longa, ultrapassando os 200 dias em algumas áreas. No entanto, à medida que se avança para norte e para leste, a duração da estação chuvosa diminui progressivamente: em torno da latitude 10°N, dura aproximadamente entre 100 e 150 dias; na região do Sahel (entre 12°N e 16°N), reduz-se para um período entre 50 e 100 dias; e, nas zonas mais setentrionais (interior do Mali e extremo sul da Mauritânia), próximas do Deserto do Saara, torna-se muito breve, não ultrapassando os 75 dias.

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

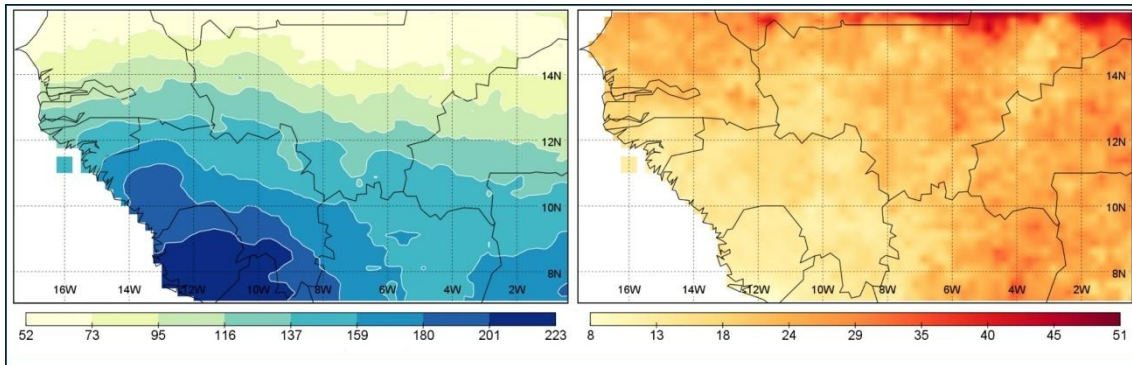


Figura 39. Duração média da estação chuvosa em dias (esquerda) e respetivo desvio padrão (direita), no período 1981-2020. Fonte dos dados: CHIRPS 2.0

Relativamente ao desvio padrão da duração da estação chuvosa (Figura 39, painel à direita), as áreas com desvios padrões mais elevados (representadas por tons mais escuros de vermelho e laranja) indicam uma maior variabilidade interanual, ou seja, o início (sobretudo) e o fim da estação chuvosa podem oscilar significativamente de ano para ano. A maior variabilidade é observada nas regiões do Norte, particularmente no Sahel e no sul do Saara, onde os desvios padrões variam entre 35 e 51 dias, sugerindo uma incerteza significativa quanto à extensão da estação das chuvas. No entanto, à medida que se avança para sudoeste, a variabilidade diminui gradualmente, com desvios padrões que, na maioria das regiões, variam entre 8 e 25 dias. É nas regiões costeiras da Guiné-Conakri e da Serra Leoa, onde a estação chuvosa é mais longa, que a variabilidade interanual é a mais baixa (representada por tons amarelo-claro), indicando uma estação chuvosa com duração mais previsível.

De um modo geral (Figura 39), a estação chuvosa é mais prolongada nas áreas costeiras do Sul e mais curta nas regiões semiáridas do Norte. A variabilidade é maior no Norte, especialmente no Sahel, e menor no Sul, especialmente nas regiões mais junto à costa atlântica, onde a estação chuvosa se mantém mais estável de ano para ano.

### 5.2.4 Tendências do Início, Fim e Duração da Estação Chuvosa na África Ocidental

As tendências evolutivas no período 1981-2020 do início, fim e duração da estação chuvosa na região da África Ocidental apresentam uma variabilidade significativa, conforme ilustrado na Figura 40. Relembre-se que as tendências foram avaliadas usando o teste de Mann-Kendall e o estimador de Sen.

No referido período de 40 anos, o comportamento das tendências da data de início da estação chuvosa (Figura 40.A) foi muito contrastado na África Ocidental, com algumas

regiões a registar um início mais precoce (gradação a azul na escala da legenda bipolar), enquanto noutras o começo das chuvas tem vindo a ocorrer mais tarde (com atraso crescente de acordo com a variação de cores do amarelo, laranja, vermelho, até ao castanho).

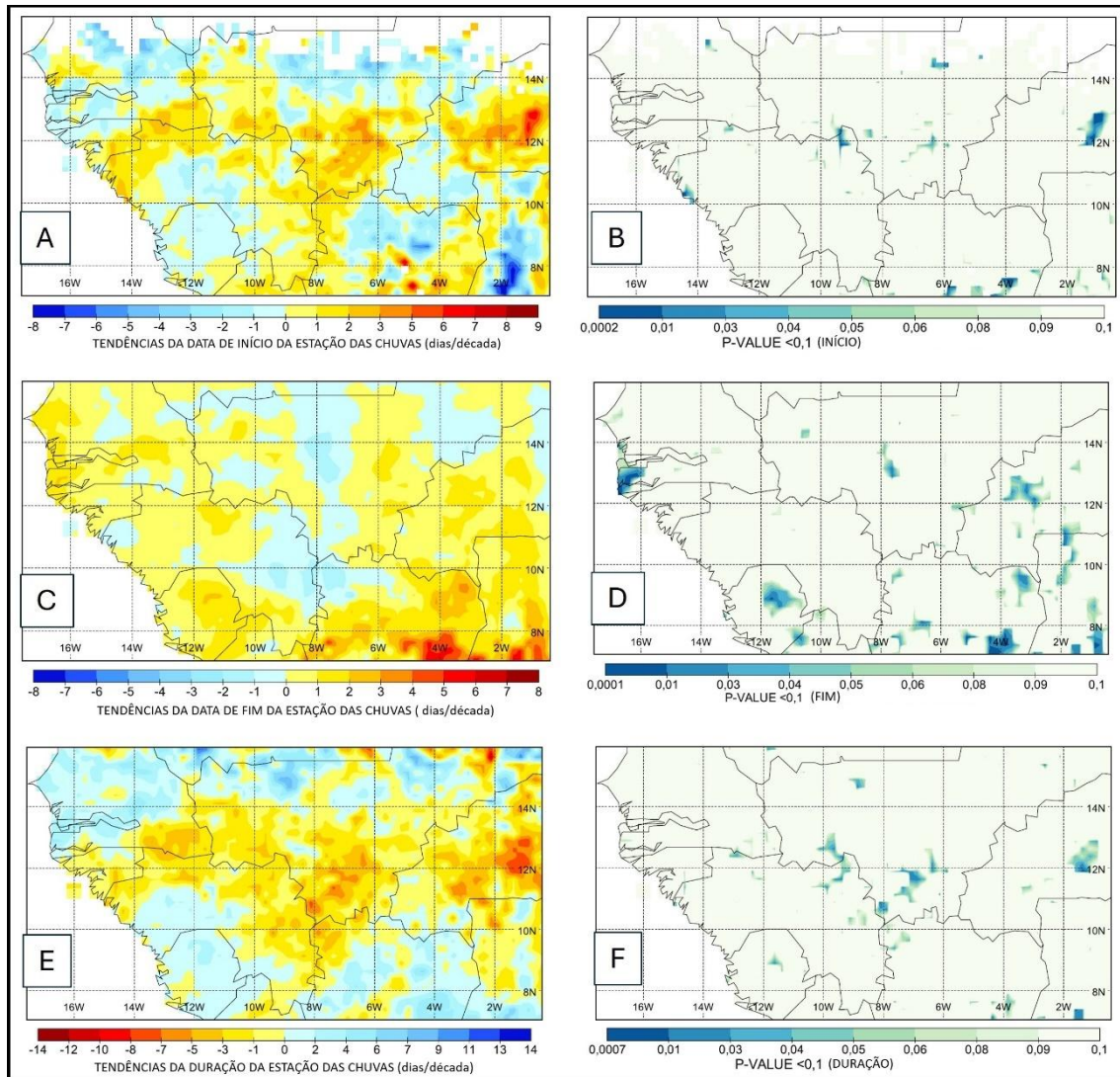


Figura 40. Tendências do início (A), cessação (C) e duração (E) da estação das chuvas na África Ocidental e áreas onde os resultados respetivos são estatisticamente significativos para  $p < 0.1$  (B, D e F).

Em certas partes do Sahel ocidental, incluindo o Senegal, o extremo Sul da Mauritânia e partes do Mali, observa-se uma ligeira tendência para um início mais precoce da estação chuvosa, com um avanço de aproximadamente 3 a 8 dias por década. De forma semelhante, as regiões do norte da Costa do Marfim, da Serra Leoa e do sul da Guiné-Conacri também mostram uma tendência para um início antecipado das chuvas.

Por outro lado, vastas áreas interiores, como o centro do Mali, o Burkina Faso, o norte da Guiné-Conacri, bem como as regiões sul e leste da Guiné-Bissau, registam um

atraso no início das chuvas, com variações entre 0 e 9 dias por década. Os atrasos mais acentuados são observados no Burkina Faso e em algumas partes do Sul do Mali.

Embora as tendências evolutivas no início da estação chuvosa que atingem significância estatística (valor de  $p < 0,1$ ; Figura 40.B) sejam limitadas e quase residuais, as variações observadas mantêm-se altamente relevantes para o planeamento agrícola. Mesmo pequenas alterações de alguns dias por década introduzem uma incerteza considerável nos calendários de plantação, salientando a importância de monitorizar atentamente estas alterações, apesar da sua fraca significância estatística.

As tendências no fim da estação chuvosa (Figura 40.C e 40.D) na África Ocidental apresentam padrões mistos, com algumas regiões a registar um término mais precoce, enquanto outras evidenciam um prolongamento do período chuvoso. No Sahel central e ocidental, particularmente no Mali e no leste do Burkina Faso, sinais de uma cessação mais antecipada sugerem um possível encurtamento da estação chuvosa. De forma semelhante, o leste da Guiné-Conacri e o extremo noroeste da Costa do Marfim mostram uma ligeira tendência para um final das chuvas mais antecipado. Por outro lado, as zonas mais a sul e sudeste na área de estudo, especialmente na Costa do Marfim e Gana, apresentam uma tendência para uma cessação mais tardia, sugerindo um possível prolongamento da estação chuvosa. Mais a norte, os padrões são mais variáveis, com algumas áreas a registar um fim antecipado e outras um prolongamento das chuvas. No entanto, de uma forma geral, as regiões meridionais tendem a apresentar um término mais tardio, reforçando a tendência de um alargamento da estação chuvosa nestas áreas.

Embora as tendências estatisticamente significativas (valor de  $p < 0,1$ ; Figura 40.D) na data de cessação das chuvas sejam limitadas, estas variações assumem uma relevância inegável para as atividades agrícolas. Mesmo pequenas alterações de alguns dias por década introduzem uma incerteza considerável na produção agrícola, sublinhando a importância de monitorizar estas alterações, apesar da sua fraca significância estatística.

Para a duração da estação chuvosa (Figura 40.E), as tendências refletem os efeitos combinados das variações nas datas de início e fim das chuvas, revelando diferenças regionais significativas em toda a África Ocidental. Em algumas áreas, a estação chuvosa está a tornar-se mais curta, enquanto noutras se prolonga. Reduções notáveis na duração da estação chuvosa, variando entre 3 e 14 dias por década, são observadas no leste do Senegal, no norte da Guiné, nas regiões costeiras e sul da Guiné-Bissau, no Mali e no Burkina Faso. Além disso, o norte do Gana e o oeste da Costa do Marfim apresentam tendências de encurtamento, provavelmente influenciadas por um início mais tardio e um

fim mais precoce das chuvas. Em contraste, as áreas costeiras, particularmente no sul da Guiné, na Serra Leoa e no extremo norte da Libéria, apresentam uma tendência para um prolongamento da estação chuvosa. Um padrão semelhante é observado nas regiões mais a norte do Senegal, da Mauritânia e do Mali, onde a estação chuvosa também se está a estender. Numa observação mais geral, denota-se que a parte norte e central da área de estudo apresenta tendências mais diversas, com alternância entre regiões onde a estação chuvosa se encurta e outras onde se prolonga. Em contrapartida, os países mais a sul, nomeadamente a Serra Leoa, exibem um aumento mais consistente na duração das chuvas.

Embora as tendências estatisticamente significativas (valor de  $p < 0,1$ ; Figura 40.F) na duração da estação chuvosa sejam relativamente limitadas, as variações descritas assumem um significado inequívoco para as populações dos países da região e, particularmente, as comunidades rurais e os agricultores. Mesmo pequenas alterações de alguns dias por década podem introduzir uma incerteza considerável na produção agrícola, reforçando a necessidade de um acompanhamento contínuo destas alterações, apesar da sua fraca significância estatística.

#### 5.2.5 Caracterização do início, fim e duração da estação chuvosa na Guiné-Bissau

De uma forma geral, e conforme as principais regiões do país, a estação chuvosa começa geralmente, em média, no mês de junho, podendo haver casos excecionais de início muito precoce em maio ou muito tardio em julho.

A estação chuvosa inicia-se primeiramente na região Sul do país, seguida pela região do centro e Leste, e por fim na área Norte, nas regiões de Oio e Cacheu. A data média de início da estação chuvosa no Sul do país é 15 de junho, correspondendo aos dias julianos 167 e com uma grande variabilidade interanual, expressa num desvio padrão de 16 dias. Considerando a janela temporal do período analisado (1981-2020), as datas mais precoces nas séries cronológicas são observadas no mês de maio, a partir da terceira semana, e as mais tardias no mês de julho. Note-se que, para este estudo da estação chuvosa na Guiné-Bissau, não estão disponíveis séries de estações meteorológicas situadas no extremo sul do país, cobrindo as regiões de Quinara e Tombali, assim como o noroeste (Cacheu).

Para os territórios que correspondem ao setor autónomo de Bissau (no centro do país), as regiões de Bafatá e Gabu no Leste, e as regiões de Oio no Norte, o início médio da estação chuvosa ocorre a partir de 21 a 30 de junho, com um desvio padrão estimado entre

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

13 e 20 dias, apresentando uma maior variabilidade em relação à região Sul do país. As datas de início mais precoce observadas na série ocorreram no mês de maio, e as mais tardias variaram entre os meses de julho e agosto, como se pode observar na Tabela XXI.

*Tabela XXI. Caracterização do início da estação chuvosa em diferentes localidades da Guiné-Bissau, no período 1981-2020.*

Estação met.	Data média	Data mais tardia	Data mais precoce	Data mediana	Desvio Padrão (dias)
Bissorã	30/jun	12/ago	19/mai	29/jun	17
Mansabá	30/jun	09/ago	30/mai	27/jun	18
Bafatá	23/jun	14/ago	07/mai	23/jun	20
Sonaco	28/jun	09/ago	07/mai	30/jun	20
Gabu	27/jun	30/jul	29/mai	27/jun	17
Bissau-Obs	21/jun	22/jul	07/mai	22/jun	13
Bolama	15/jun	22/jul	28/mai	15/jun	16

A data média do fim da estação chuvosa (tabela XXII) é sempre observada entre os dias 1 e 9 do mês de novembro, começando no Norte e Leste do país, entre as regiões de Cacheu, Oio, Gabu e Bafatá, ocorrendo mais tarde no centro e, por último, na região Sul. O desvio padrão médio do fim da estação chuvosa situa-se entre 9 e 10 dias, o que significa que a variabilidade interanual é inferior comparativamente à que caracteriza o começo da época chuvosa. O fim precoce das chuvas pode ser observado ainda no mês de outubro, enquanto o mais tardio pode suceder na terceira semana de novembro, e raras vezes, no mês de dezembro, tabela- XXII.

*Tabela XXII. Caracterização do fim da estação chuvosa em diferentes localidades da Guiné-Bissau, no período 1981-2020.*

Estação met.	Data média	Data mais tardia	Data mais precoce	Data mediana	Desvio Padrão (dias)
Bissorã	03/nov	21/nov	03/out	04/nov	10
Mansabá	01/nov	23/nov	12/out	03/nov	9
Bafatá	02/nov	12/dez	15/out	03/nov	10
Sonaco	03/nov	23/nov	15/out	04/nov	10
Gabu	03/nov	24/nov	12/out	05/nov	9
Bissau-Obs	09/nov	25/nov	24/out	09/nov	9
Bolama	05/nov	23/nov	19/out	05/nov	9

A duração da estação chuvosa (tabela XXIII) é muito variável de um ano para outro. A análise das séries climatológicas em estudo mostra que a duração média do período chuvoso no território guineense varia entre 124 e 143 dias. As regiões de Oio, Gabu e Bafatá apresentam a estação chuvosa mais curta, compreendida entre 124 e 132 dias, enquanto no centro e no Sul do país, a duração média do período chuvoso é mais longa, variando entre 141 e 143 dias. O desvio padrão da duração da estação das chuvas é mais elevado nas estações mais setentrionais (Bissorã, Mansabá, Sonaco), onde varia entre 20 e 25 dias,

enquanto no restante território oscila entre os 16 e os 19 dias. Para os agricultores das *bolanhas* de arroz de mangal, esta forte variabilidade tem um impacto crítico, pois significa que a período ideal de desenvolvimento da cultura pode ser encurtado ou alargado, sendo essa incerteza ainda maior no caso da região de Oio (Bissorã, Mansabá).

*Tabela XXIII. Caracterização da duração da estação chuvosa nas diferentes localidades da Guiné-Bissau, no período 1981-2020.*

Estação met.	Data média	Data mais tardia	Data precoce	Data mediana	Desvio Padrão (dias)
Bissorã	126	176	83	126	20
Mansabá	124	174	74	129	23
Bafatá	132	183	73	132	18
Sonaco	128	188	69	127	25
Gabu	129	160	91	132	16
Bissau-Obs	141	172	114	142	16
Bolama	143	185	116	142	19

#### 5.2.6 Tendências do Início, Fim e Duração da Estação Chuvosa na Guiné-Bissau

Relativamente às tendências (teste de Mann-Kendall) da estação chuvosa em diferentes regiões da Guiné-Bissau no período 1981-2020, indicadas na tabela XXIV e graficamente representadas na figura 41, observa-se que, na região Norte (região de Oio), a estação chuvosa tende a começar progressivamente mais tarde, sobretudo em Bissorã, onde foi observada uma evolução de início mais tardio, avaliada em 5 dias por década.

Também no Setor Autónomo de Bissau e em Bolama, há igualmente também uma tendência de ligeiro atraso no início da estação chuvosa, de cerca de 3 dias por década, e um fim da estação das chuvas um pouco retardado, o que mantém a duração do período chuvoso praticamente estável nessas localidades.

Na região Leste, que inclui as regiões de Bafatá e Gabu, nota-se um início mais tardio de 3 a 5 dias por década, especialmente nas localidades de Bafatá, enquanto Gabu esse atraso se estima em 1 dia por década.

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

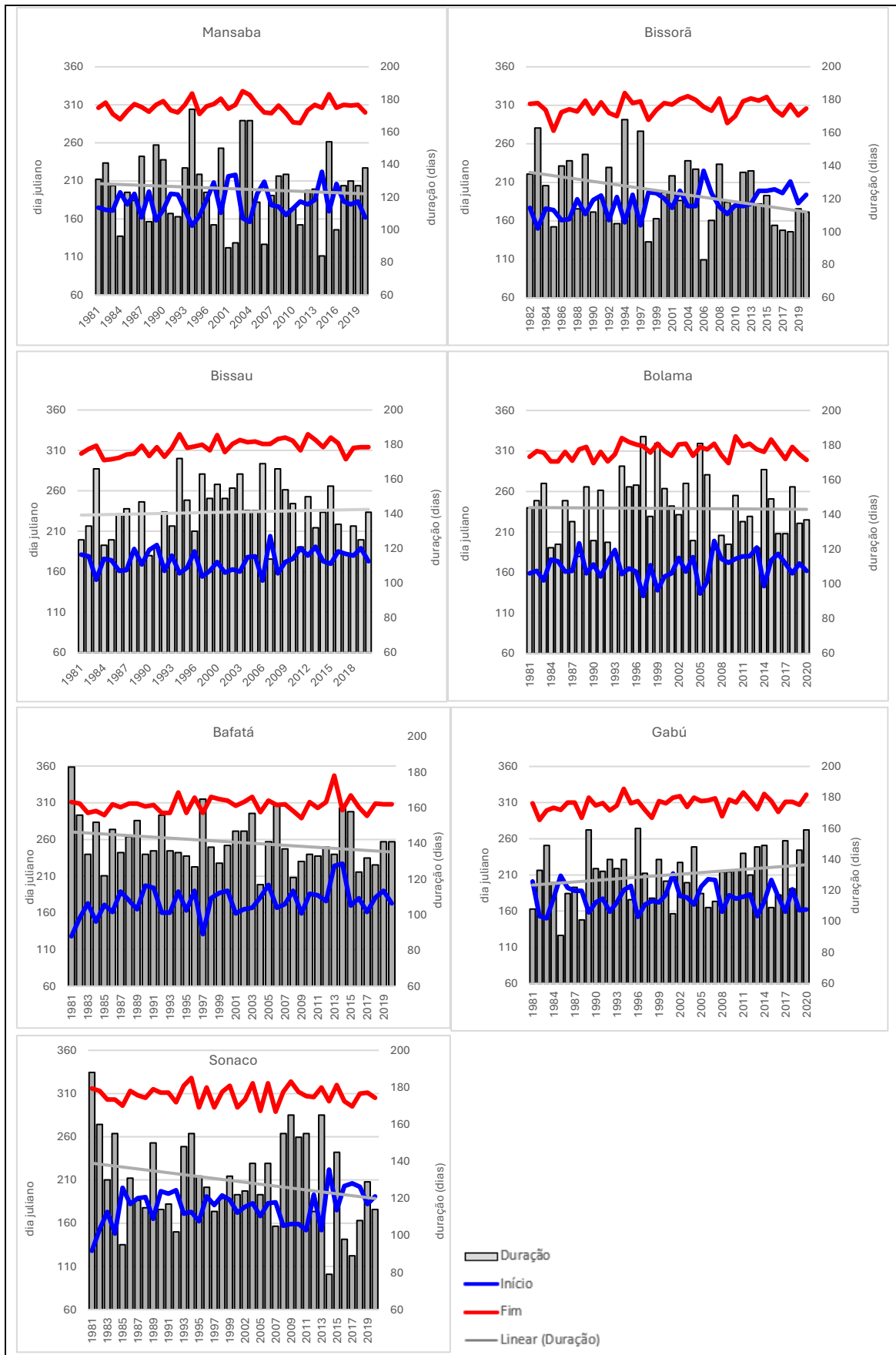


Figura 41. Tendências da estação chuvosa em diferentes regiões da Guiné-Bissau, no período 1981-2022.

Em síntese, foi estimado um atraso generalizado, constatado em todo o território, na data de começo da estação das chuvas. No conjunto do período recente de 40 anos, os atrasos estimados representam um início retardado 4 dias em Gabu, até um atraso de 20 dias em Bissorã e Bafatá.

*Tabela XXIV. Tendências estimadas (dias/década) da data de início, data de fim e duração da estação chuvosa em diferentes locais da Guiné-Bissau, no período 1981-2020.*

Estação met.	Data de início (dias/década) - = antecedendo + = retardando	Data de fim (dias/década) - = antecedendo + = retardando	Duração (dias/década) - = encurtando + = prolongando
Bissorã	+5	+1	-4
Mansabá	+2	0	-3
Bafatá	+5	+1	-2
Sonaco	+3	-1	-5
Gabu	+1	+2	0
Bissau-Obs	+3	+3	0
Bolama	+3	+3	+1

Quanto ao fim da estação chuvosa, as variações são menos expressivas nuns locais e comparáveis noutros. Em Bissau e Bolama, foi estimado um atraso de 3 dias, o que, conjugado com idêntico atraso no começo das chuvas, resulta numa aparente estabilidade da duração estação chuvosa, situação também observada em Gabu, sensivelmente. Mas nas restantes estações do Norte e Centro do país, a estabilidade na data de fim das chuvas significa uma tendência de encurtamento da estação chuvosa, que foi estimado em 2 dias/década em Bafatá, 3 em Mansabá, 4 em Bissorã e 5 em Sonaco.

Deste modo, em geral, as datas de início da estação chuvosa apresentam uma maior variabilidade interanual do que as datas de fim, e a duração da época das chuvas reflete, naturalmente, o comportamento combinado destes dois parâmetros, representado na figura 41.

Os resultados descritos são bastante relevantes na perspetiva das implicações nas atividades agrícolas. Embora neste período de 1981-2020 a precipitação total não tenha decrescido na Guiné-Bissau, como se realçou anteriormente, uma tendência de atraso no arranque da estação chuvosa acrescenta incerteza à programação das sementeiras, como é o caso da cultura do arroz. O encurtamento da duração média da estação das chuvas, detetado de modo mais evidente no norte e centro do território, é igualmente um fator desfavorável ao desenvolvimento das culturas agrícolas que deve ser tomado em consideração.

### 5.2.7 Avaliação sobre os falsos inícios da estação das chuvas (FIEC) e suas implicações para as atividades agrícolas na Guiné-Bissau

Como se explicou no capítulo 4 (Metodologias), a avaliação do registo de falsos inícios da estação das chuvas (FIEC) é um aspeto muito importante no âmbito do estudo da irregularidade interanual da precipitação. Os falsos inícios da estação chuvosa correspondem a períodos iniciais de precipitação que indicam o começo da estação, mas são sucedidos por uma interrupção considerável das chuvas (7 ou mais dias), o que pode ser fatal para o estabelecimento das culturas. Assim, procedeu-se ao levantamento dos anos que, no período 1981-2020 houve registo de FIEC, apuramento que se sintetiza na Tabela XXV, relativamente a sete estações meteorológicas/postos pluviométricos.

Os casos mais extremos deste fenómeno foram registados em Bolama, a 6 de maio de 1981; em Bissorã, a 17 de maio de 1986, em Mansabá, a 11 de maio de 2014; em Bafatá, a 16 de maio de 2010; Em Gabú e Sonaco, 9 e 8 de maio de 1997, respetivamente, conforme indicado na Tabela XXV.

A ocorrência de falsos inícios da estação chuvosa varia de modo expressivo no território. A frequência de FIEC nestes 40 anos foi muito menor nos locais costeiros e insulares (Bissau e Bolama) comparativamente os locais situados no interior, onde essa probabilidade empírica variou de 70% em Bafatá, até aos 92% em Bissorã. No norte e centro interior do país, o arranque mais irregular das chuvas é, portanto, um fator que acrescenta mais incerteza à programação das tarefas de cultivo. Os FIEC podem suceder sobretudo no final de maio até meados de junho, sendo relativamente pouco frequente que esse fenómeno se registe de forma mais antecipada ou mais tardia.

Um dado visualmente sugerido pelo histórico apresentado na tabela XXV reside no facto de que, nos anos mais recentes (2010-2020), o falso início da estação chuvosa tem sido observado de uma forma praticamente consecutiva em quase todos os locais, quando na primeira metade do período se constatava uma maior alternância de anos com FIEC e anos de arranque efetivo das chuvas. Bissorã, na região de Oio, é a estação onde os FIEC denotam uma maior prevalência de ocorrência no mês de junho. Desde 2010, nas restantes estações, consta-se que os FIEC têm sido uma realidade em cada ano, podendo dar-se quer em junho, quer mês de maio, sendo que os FIEC verificados neste mês comportam ainda maiores riscos, por poderem induzir os agricultores a semeio prematuro, com perdas irremediáveis se a chuva tardar a estabelecer-se de modo regular.

## Orlando Mendes

Tabela XXV. Identificação de anos com registo de falsos inícios da estação chuvosa (FIAC) na Guiné-Bissau (1981-2020).

Anos	Bissau	Bolama	Bissorã	Mansabá	Bafatá	Gabú	Sonaco
1981		6/mai		3/jun			
1982	21/jun		24/mai	6/jun			
1983	28/mai		23/jun		10/jun		10/jun
1984	2/jun	25/mai	20/mai	12/jun		25/mai	
1985		11/jun		20/jun		19/jun	21/jun
1986	31/mai	2/jun	17/mai	22/mai		21/mai	8/jun
1987			6/jun		17/jun	5/jun	17/jun
1988	13/jun	5/jun		26/mai	27/mai	26/mai	27/mai
1989	6/jun		29/jun		4/jun	3/jun	4/jun
1990	19/jun	17/jun	29/mai		19/jun		19/jun
1991	19/jun		18/jun	24/jun	2/jun	2/jun	2/jun
1992	28/mai	8/jun	4/jun	1/jul	19/mai	19/mai	19/mai
1993	20/jun	9/jun	15/jun	6/jun		9/jun	7/jun
1994		30/mai	29/jun			13/jun	5/jun
1995		18/mai	26/jun		20/mai	13/jun	
1996	31/mai		28/mai	31/mai	31/mai		22/mai
1997			19/jun	10/mai		9/mai	8/mai
1998	*		25/mai	21/mai		*	5/jun
1999			6/jun		5/jun	19/mai	5/jun
2000	2/jun		27/jun	*	23/mai	2/jun	3/jun
2001			*	15/jun	24/mai	7/jun	*
2002			1/jun	12/jun		16/mai	11/jun
2003			28/mai		9/jun	6/jun	5/jun
2004	4/jun	24/mai	2/jun		11/jun	3/jun	27/mai
2005			22/jun	11/mai	19/mai	19/mai	21/mai
2006			31/mai	12/jul	24/mai	21/mai	5/jun
2007	25/jun	19/jun	9/jun	2/jun		20/mai	18/mai
2008	23/mai	2/jun	13/jun	31/mai	26/jun	28/jun	
2009			6/jun			1/jun	16/mai
2010	16/mai	16/mai	19/jun	13/mai	16/mai	16/mai	7/jun
2011	2/jun	2/jun	19/jun	30/mai	18/jun	31/mai	31/mai
2012	19/mai	19/mai	8/jun	18/mai	16/mai	13/jun	20/mai
2013	1/jun	1/jun	25/jun	31/mai	1/jul	31/mai	30/mai
2014	11/mai		6/jun	19/mai	19/mai	11/mai	19/mai
2015	12/jun	22/mai	14/jun	22/mai	10/jun	21/mai	20/jun
2016	28/mai		26/jun	12/jun	27/mai	12/jun	11/jun
2017	23/jun	23/mai	1/jun	10/jun	27/mai	15/jun	16/mai
2018	7/jun		17/jun	7/jun	8/jun	29/mai	6/jun
2019	14/jun		9/jul	14/jun	15/jun	14/jun	29/jun
2020	15/jun	3/jun	22/jun		15/jun		3/jun
Total anos c/ FIAC	26/39	20/40	36/39	29/39	28/40	33/39	34/39

\*Dados em falta.

As células a branco indicam um começo regular das chuvas, não antecedido por um FIEC

#### 5.2.8 Discussão sobre as tendências evolutivas da estação das chuvas na África Ocidental e na Guiné-Bissau

O estudo aqui levado a cabo ofereceu novas e ampliadas perspectivas sobre a evolução dos padrões da estação das chuvas na África Ocidental ao longo dos últimos 40 anos, utilizando um dos conjuntos de dados de precipitação de alta resolução mais confiáveis disponíveis. Enquanto estudos anteriores se concentraram principalmente noutras regiões de África ou em países específicos, esta investigação representa a primeira avaliação regional abrangente do comportamento da estação das chuvas na África Ocidental, baseada numa análise aprofundada da base de dados CHIRPS 2.0.

O presente estudo confirmou que a distribuição anual da precipitação apresenta fortes contrastes regionais na África Ocidental, com um gradiente marcado de aumento da pluviosidade de norte para sul, combinado com um gradiente ainda mais acentuado de aumento de este para oeste nas latitudes inferiores a 12°N. A zona saheliana recebe menos precipitação, em contraste com a zona sudanesa, que regista uma precipitação relativamente abundante. Esta disparidade está associada à menor duração da estação das chuvas no Sahel, devido à chegada tardia da Frente Intertropical (FIT) e à sua retirada precoce de norte para sul (Lélé & Lamb, 2010; Mensah et al., 2016; Odenkunle, 2004). Os resultados de Diatta et al. (2020), que analisaram a variação espacial e as tendências de precipitação utilizando o conjunto de dados CHIRPS, também demonstraram este gradiente geral de aumento da pluviosidade desde a zona saheliana, no Norte, até à costa sul da Guiné, na África Ocidental.

Os resultados deste estudo demonstraram que o início e o fim da estação das chuvas variam segundo um padrão alternado Sul-Norte e Norte-Sul na maior parte da África Ocidental, caracterizado por um regime pluviométrico unimodal. Este processo envolve uma progressão de sul para norte da convergência intertropical, marcando o início da estação das chuvas, seguida por um deslocamento de norte para sul, assinalando o término das chuvas. Assim, a estação das chuvas começa entre as latitudes 8°N e 10°N em maio, seguida pelas latitudes 10°N a 12°N a partir de junho, e, finalmente, entre julho e o início de agosto, atinge latitudes em torno dos 15°N na área de estudo.

Os resultados obtidos vão ao encontro de estudos anteriores, mas deve realçar-se que a presente investigação é a primeira, baseada em dados de observação, que traz evidências sobre o ritmo e variabilidade interanual da estação chuvosa no caso específico do território da Guiné-Bissau.

Um estudo similar sobre o início das monções na África Ocidental, indicou que as monções começam em maio na faixa costeira atlântica, seguidas de junho e, posteriormente, julho nas regiões sahelianas, (Vellinga et al., 2013), revelando uma dinâmica estreitamente ligada ao deslocamento da FIT no sentido Sul-Norte. No mesmo sentido, os resultados de Rauch et al., (2019) num estudo sobre a previsão sazonal do início de estação chuvosa na África Ocidental e os de Liebmann et al., (2012) sobre sazonalidade da precipitação em África, demonstraram a evolução do início da estação chuvosa no sentido Sul-Norte na região, a partir do mês de maio até julho. Também os resultados de Descroix et al. (2015) confirmam o início da estação chuvosa no mês de julho no Norte do Senegal, enquanto no estudo de Akinseye et al (2016), relativo ao Mali, se estimou a data média do início da estação chuvosa entre os meses de junho-julho, variando entre as latitudes 11°N-15°N, progredindo na direção Sul-Norte.

Os resultados deste estudo também corroboram os de Dunning et al. (2016) sobre o início e fim das chuvas na África Ocidental, apontando para uma progressão do tempo chuvoso de sul para norte, desde maio até julho, em diferentes latitudes. Em relação à cessação das chuvas na mesma região, os resultados são idênticos aos desses autores, que descreveram setembro e outubro como os meses de fim da estação chuvosa, começando nas latitudes 16°-15°N e seguindo progressivamente para as latitudes 14°N-11°N entre outubro e novembro, numa progressão norte-sul. Outro resultado obtido neste estudo, sobre a duração da estação chuvosa na banda saheliana, que abrange o norte do Senegal e o extremo sul da Mauritânia, bem como o sudoeste do Mali, indica uma variação na duração média da estação chuvosa entre as latitudes 14°N-11°N, confirmando os resultados de Akinseye et al. (2016) sobre a variação da duração da estação chuvosa de norte para sul no Mali.

No caso da Guiné-Bissau, os resultados descritos na presente investigação apontam para a existência de uma grande variabilidade no início da estação chuvosa, com tendências de início cada vez mais tardio e fim mais estável na maioria das estações estudadas. Estas evidências vão no mesmo sentido das conclusões de Mendes (2017) sobre as tendências de início mais tardio da estação chuvosa, especialmente na região leste do país.

Em termos gerais, as datas de início da estação chuvosa apresentam maior variabilidade em relação às suas datas finais na maioria das localidades analisadas. Este resultado está ainda alinhado com o de Kouassi et al. (2018), num estudo similar sobre a bacia hidrográfica de Bandama, na Costa do Marfim, onde foi observada maior

variabilidade nas datas de início da chuva em comparação com as datas de término da estação chuvosa.

### 5.2.9 Proposta de um calendário agrícola otimizado com base na avaliação de condicionantes críticos: falsos inícios das chuvas e períodos secos

Na sequência das secções anteriores, procedeu-se ao desenvolvimento de um calendário agrícola otimizado, alicerçado no conhecimento estruturado sobre o comportamento da estação chuvosa e a avaliação dos falsos inícios das chuvas, já objeto de estudo detalhado. Neste âmbito, um condicionante crítico para a programação pelos agricultores carece ainda de uma abordagem específica: a probabilidade de períodos secos.

#### *Probabilidade de ocorrência de períodos secos em maio, junho e julho*

Realizando os necessários procedimentos de cálculo na ferramenta Instat+, calculou-se a probabilidade empírica de períodos secos nos meses de transição e de arranque da época chuvosa na Guiné-Bissau, isto é, maio, junho e julho. Uma vez mais, o período analisado foi o de 1981-2020. Foram adotadas duas durações mínimas de períodos secos: 7 e 10 dias; os resultados detalham-se na Tabela XXVI.

Em maio, tradicionalmente considerado o de início da estação das chuvas, a probabilidade de ocorrerem períodos sem precipitação superiores a 7 e 10 dias é de 100% em todas as localidades analisadas. À medida que se avança para junho, essa probabilidade começa a diminuir. Para períodos superiores a 7 dias sem chuva, a probabilidade situa-se entre 70% e 90%, enquanto, para períodos secos a 10 dias, varia entre 52% e 78%. Em julho, um dos meses mais chuvosos, a probabilidade de uma sequência de mais de 7 ou 10 dias sem precipitação é menor, variando entre um máximo de 30% e um mínimo de 2% (tabela XXVI).

A reflexão sobre estes resultados suporta a recomendação de alerta aos agricultores de que semear em maio, mesmo com condições de humidade adequadas, envolve um risco extremamente elevado de perda da sementeira, devido à elevada probabilidade de períodos secos superiores a 10 dias. Estas condições não favorecem o desenvolvimento da planta, mesmo que ela germine, podendo a perda ser irremediável ou implicar nova sementeira, significando sempre custos acrescidos e necessidades de tempo e trabalho laboral ulterior.

*Tabela XXVI. Probabilidades (empíricas) de ocorrência de períodos secos, a partir da 1 de maio, 1 de junho e 1 de julho.*

Localidades	1º de maio		1º de junho		1º de julho	
	Probabilidade (P) de aparição dos períodos secos (SS)					
	P SS>7 dias	P SS>10 dias	P SS>7 dias	P SS>10 dias	P SS>7 dias	P SS>10 dias
Bissau	100%	100%	78%	65%	2%	2%
Bafatá	100%	100%	81%	69%	17%	4%
Bolama	100%	100%	71%	59%	4%	2%
Gabu	100%	100%	70%	52%	20%	2%
Mansaba	100%	100%	90%	78%	26%	9%
Bissorã	100%	100%	85%	65%	30%	13%
Sonaco	100%	100%	80%	60%	29%	16%

### *Períodos secos mais longas*

Para a elaboração de um calendário de recomendação para os períodos ótimos de sementeira, é fundamental compreender o comportamento das chuvas, analisando os períodos secos, ou seja, os períodos consecutivos em que a precipitação diária é inferior a 0,85 mm nas séries climatológicas de longo prazo (Tabela XXVII). Nos anos em que não ocorreu precipitação em maio, os períodos secos são contabilizados a partir da última chuva do ano anterior, abrangendo todo o período da estação seca.

O conhecimento destas sequências secas é crucial para evitar o risco de sementeiras em momentos caracterizados por falsos inícios das chuvas, que frequentemente resultam em atrasos na germinação de algumas culturas e num crescimento limitado das plantas.

Nos meses de junho e julho, tradicionalmente considerados favoráveis à sementeira, a análise destes períodos secos permite identificar os períodos mais adequados para o cultivo. Em anos sem precipitação registada em junho, os períodos secos chegaram a prolongar-se por 30 dias, como ocorreu em 1985, 1991, 2003, 2018 e 2019, quando este fenómeno afetou quase todo o país. No entanto, em outros anos, como 1990, 1991, 1993, 1995, 1998, entre 2000 e 2004, 2007, 2009, 2011, 2013 e de 2018 a 2020, os períodos secos de 30 dias não afetaram todo o território nacional, manifestando-se apenas em algumas regiões ou localidades.

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

*Tabela XXVII. Períodos secos mais longos nos meses de junho e julho, na Guiné-Bissau (período 1981-2020).*

Anos	Períodos secos mais longas no mês de junho							Períodos secos mais longos no mês de julho						
	Bissau	Bolama	Bissorã	Mansaba	Bafatá	Gabú	Sonaco	Bissau	Bolama	Bissorã	Mansaba	Bafatá	Gabú	Sonaco
1981	19	10	*	11	6	*	6	4	2	4	3	5	*	5
1982	28	26	8	4	5	3	5	3	2	5	5	3	3	2
1983	5	5	5	9	5	5	6	6	4	10	5	6	5	6
1984	19	14	19	7	6	13	6	7	3	7	8	4	4	4
1985	30	30	30	10	30	30	30	4	2	4	4	9	8	8
1986	7	5	5	8	9	9	8	5	2	5	9	5	7	5
1987	21	16	21	8	26	15	24	3	4	3	3	4	4	4
1988	7	7	8	14	16	16	16	7	7	7	3	9	8	6
1989	19	18	19	6	18	14	16	3	3	3	4	5	5	5
1990	28	27	28	18	30	30	30	5	4	5	5	7	7	7
1991	30	30	30	19	30	30	30	7	6	8	3	5	12	3
1992	6	6	6	8	9	6	9	3	2	4	4	3	5	3
1993	30	9	30	12	21	21	30	3	2	2	3	4	3	2
1994	5	3	5	4	30	6	6	3	4	3	7	34	9	5
1995	22	14	22	10	19	22	30	4	5	9	5	7	8	5
1996	8	8	9	8	11	5	30	2	2	*	4	3	4	9
1997	5	6	6	6	6	7	10	4	4	5	9	4	4	*
1998	*	30	30	16	9	*	17	*	6	11	9	4	*	17
1999	*	3	*	6	17	6	17	4	3	6	2	12	5	9
2000	30	30	11	*	11	11	30	4	5	4	7	6	5	5
2001	30	30	30	*	12	11	*	4	3	4	5	6	4	*
2002	24	30	24	12	30	21	9	4	4	4	8	9	4	*
2003	30	30	30	7	30	30	30	2	3	*	2	5	2	3
2004	30	6	10	7	11	8	7	2	4	3	4	5	3	19
2005	9	6	10	16	17	12	21	4	5	4	5	7	5	6
2006	6	6	9	30	10	7	30	5	7	8	4	7	10	3
2007	30	16	30	5	20	14	25	19	14	17	1	10	10	6
2008	9	9	5	5	15	16	12	2	2	2	2	5	4	6
2009	30	20	19	4	20	7	20	3	2	5	6	9	2	*
2010	17	12	27	10	13	12	13	2	2	6	6	7	2	3
2011	30	30	11	14	30	9	7	5	4	8	7	5	4	4
2012	18	15	27	9	17	20	21	2	2	4	3	2	2	5
2013	11	14	19	8	30	9	5	2	2	4	5	3	5	3
2014	7	7	10	24	6	6	10	6	8	6	15	6	6	11
2015	18	18	17	9	10	11	17	6	4	13	8	4	4	5
2016	10	12	21	17	11	10	9	5	4	*	13	5	9	16
2017	10	10	11	12	11	10	10	5	3	4	3	3	5	8
2018	30	30	30	10	30	6	12	2	1	8	3	2	2	8
2019	30	30	30	10	30	15	30	3	3	6	4	3	4	4
2020	5	6	9	7	5	6	30	3	2	8	4	3	3	21

Compreender estes períodos secos é essencial para minimizar os riscos de perdas na sementeira, frequentemente causadas por falsos inícios da estação chuvosa, que constituem a principal razão para atrasos na germinação e para o desenvolvimento inadequado das plantas.

Por outro lado, julho não registou períodos secos prolongados e recorrentes ao longo da série analisada, ao contrário de junho, embora tenham sido observados alguns episódios pontuais em certas localidades. A Tabela XXVII ilustra os períodos secos mais prolongadas ocorridas entre 1981 e 2020.

*Risco de ocorrência dos períodos secos após a sementeira*

A Figura 42 ilustra o risco de ocorrência de períodos secos após sementeiras simuladas em diferentes datas. A sua análise é fundamental para compreender este condicionante crítico na definição de um calendário agrícola otimizado.

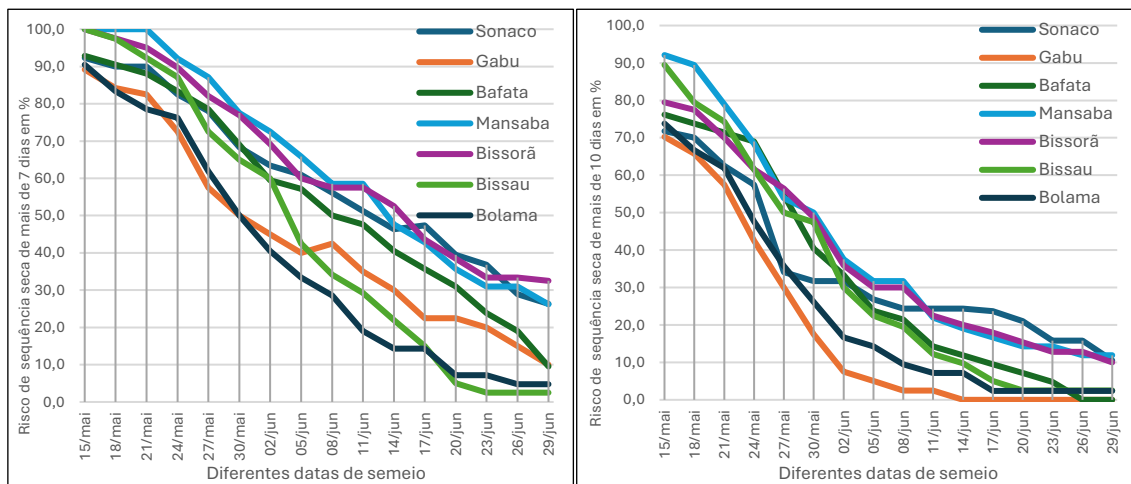


Figura 42. Riscos de ocorrência dos períodos secos em diferentes localidades do país (1981-2020). À esquerda, períodos secos de 7 ou mais dias; à direita, períodos secos de 10 ou mais dias.

A simulação de sementeiras realizadas entre 15 de maio e 30 de junho, com intervalos de 3 dias, revela que o risco de ocorrência de períodos secos diminui progressivamente à medida que a estação avança. Uma sementeira realizada a 15 de maio apresenta um risco médio de 95% de enfrentar uma sequência seca superior a 7 dias consecutivos e de 79% para períodos superiores a 10 dias sem precipitação.

Se o plantio for adiado para 30 de maio, o risco de uma sequência seca superior a 7 dias reduz-se para 65%, enquanto para períodos superiores a 10 dias baixa para 37%, em média. A partir de 14 de junho, esses riscos tornam-se ainda menores, situando-se em 36% para períodos de mais de 7 dias e em apenas 13% para períodos secos superiores a 10 dias,

embora possam variar conforme as características de cada localidade (figura 42). Como se ilustra na figura 42, o risco associado à sementeira devido à ocorrência de períodos secos é, de um modo geral, menor em Bissau e Bolama, enquanto tende a ser mais elevado nas localidades do interior e do Norte, como Bissorã, Mansabá, Bafatá e Sonaco.

### *Recomendações para a calendarização das atividades agrícolas*

As operações agrícolas devem ser cuidadosamente planejadas em todo o país no início de cada estação chuvosa, considerando as especificidades de cada região e tendo como referência um calendário agrícola elaborado com base na análise dos dados históricos de cada localidade. O calendário agrícola que em seguida se propõe sublinha a importância deste planejamento para garantir um melhor aproveitamento do período chuvoso, promovendo uma produção agrícola sustentável e eficiente.

Como se analisou detalhadamente, o comportamento da estação das chuvas, nomeadamente no que diz respeito ao seu início, fim e duração, varia ao longo do território nacional. Como já foi largamente evidenciado, a Região Sul e Ilhas é a mais chuvosa e apresenta um período chuvoso mais prolongado ao longo do ano. Por esta razão, no que diz respeito à calendarização das atividades agrícolas e, nomeadamente, à cultura do arroz de mangal, é adequado considerar uma divisão do país em duas grandes regiões: Região Norte e Centro e Região Sul e Ilhas.

A tabela XXVIII descreve as diversas atividades agrícolas que podem ser realizadas de acordo com o calendário agrícola otimizado, concretizando recomendações que se fundamentam no conhecimento substancializado na presente investigação.

- *Planeamento das atividades agrícolas, por região*

Na Região Norte e Centro: durante todo o mês de maio (1<sup>a</sup> a 3<sup>a</sup> década), os agricultores podem iniciar a preparação dos seus instrumentos agrícolas (arados, pás, enxadas e tubos de canalização), bem como a seleção de sementes e a limpeza das áreas destinadas a viveiros e *bolanhas*. A manutenção dos diques de proteção, essenciais para evitar a entrada de água salgada nas parcelas, ocorre entre a 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> décadas de junho. A instalação dos viveiros inicia-se a partir da 3<sup>a</sup> década de junho, prolongando-se até à 1<sup>a</sup> década de agosto, beneficiando da humidade do solo acumulada. O período considerado de maior risco para a instalação de viveiros ocorre, na Região Norte e Centro, entre a 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> décadas de junho. Este risco deve-se à ocorrência frequente de períodos secos, causados pelos falsos inícios da estação chuvosa.

Na Região Sul e Ilhas: A manutenção dos diques de proteção pode começar já na 3ª década de maio, depois da preparação dos instrumentos agrícolas, realizada na 1ª e 2ª décadas do mesmo mês. A instalação dos viveiros tem início na 2ª década de junho, prolongando-se até à 1ª década de agosto. Nesta região (Sul e Ilhas) o período de maior risco para a instalação de viveiros situa-se entre a 3ª década de maio e a 1ª década de junho.

- *Fases da lavoura e transplante*

Na Região Sul e Ilhas, a lavoura e a sementeira direta iniciam-se na 1ª década de julho e na Região Norte e Centro, estas atividades começam um pouco mais tarde, a partir da 2ª década de julho, quando a humidade do solo nas *bolanhas* já é suficiente.

Os primeiros transplantes dos viveiros ocorrem no início da 2ª década de julho no Sul, enquanto no Norte e Centro este processo começa na 3ª década de julho, prolongando-se até ao final da 1ª década de setembro.

Note-se que muitas atividades agrícolas são realizadas simultaneamente. Por exemplo, enquanto os homens executam a lavoura, as mulheres encarregam-se do transplante do arroz.

Os últimos transplantes ocorrem na Região Norte e Centro até ao dia 20 de setembro (final da 2ª década) e na Região Sul e Ilhas até ao final de setembro. As áreas com maior disponibilidade de água permitem transplantes mais tardios, enquanto as áreas altas, sem acesso a água suficiente, tornam-se críticas para esta prática.

Períodos não favoráveis ao transplante do arroz na Região Norte e Centro definem-se a partir do início da 3ª década de setembro e na Região Sul e Ilhas a partir do início de outubro.

- *Colheita*

Na Região Norte e Centro inicia-se no princípio de novembro e prolonga-se até ao final de dezembro, devido à utilização de variedades de ciclo curto e médio. Na Região Sul e Ilhas, a colheita começa mais tarde, apenas na última década de novembro, estendendo-se até janeiro, dado que as comunidades desta região recorrem maioritariamente a variedades de ciclo médio e longo, beneficiando da maior regularidade das chuvas.

Este planeamento estruturado garante uma produção agrícola mais eficiente e sustentável, maximizando o aproveitamento da estação chuvosa e reduzindo os riscos associados às variações climáticas.

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

*Tabela XXVIII. Calendário agrícola para diferentes atividades durante época da chuva*

Meses/décadas		Períodos de diferentes atividades agrícolas																															
		Maio			Junho			Julho			Agosto			Setembro			Outubro			Novembro			Dezembro			Janeiro							
Localidade		1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>					
Cacheu* Bula* Bissorã Mansabá Bafatá Sonaco Gabú Bissau-Obs	Norte e centro																																
		Bolama Fulacunda* Buba* Quebo* Catió*	Reg. Sul + ilhas																														

### Legenda

Década (período de 10 ou 11 dias durante um mês)

- Preparação dos instrumentos agrícolas (arados, pás, enxada, tubos de canalização), seleção de sementes, limpeza de espaços para viveiros e de *bolanhas*
- Trabalhos de manutenção dos diques de proteção e corresponde ao período de risco para a instalação de viveiros ou semeio direto nas *bolanhas* devido à irregularidade da chuva
- Instalação de viveiro e manutenção dos diques
- Continuação de instalação de viveiros, início de lavouras e semeio direto para aqueles que não fazem transplante.
- Continuação de instalação de viveiros (ciclo médio e curto), lavoura, semeio direto e transplante dos primeiros viveiros nas *Bolanhas*
- Continuação de lavoura e de transplante do arroz na Bolanha
- Último transplante para a área com mais água e muito risco para as áreas mais altas e sem reserva de água. É o período dedicado também para a limpeza das palhas no arroz
- Período em que devem ser evitados os transplantes
- Período de colheita

\* Localidades com informações meteorológicas incompletas, mas com características climáticas semelhantes com a área da sua localização

### 5.3 O ano muito chuvoso de 2020 na Guiné-Bissau. Estudo de caso

O ano de 2020 destacou-se como um período excepcionalmente chuvoso na Guiné-Bissau, suscitando um interesse singular para uma análise aprofundada dos seus impactos no território e das suas implicações agroclimáticas na cultura do arroz.

#### 5.3.1. Precipitação Anual de 2020: Padrões Espaciais e Anomalias

Na figura 43 ilustra-se a distribuição espacial da precipitação na Guiné-Bissau no ano de 2020 registada em estações meteorológicas e postos pluviométricos (A) e as correspondentes anomalias, estas calculadas usando dados de precipitação CHIRPS (2.0), e tomando 1981-2020 como o período de referência (B). Na tabela XXIX detalham-se vários parâmetros pluviométricos de caracterização climatológica respeitantes ao volume total e frequência de eventos de diários de precipitação, para distintas classes de abundância.

*Tabela XXIX. Comparação de vários parâmetros pluviométricos com a média correspondente do período climatológico (1981-2020) na Guiné-Bissau. Os valores acima do normal estão indicados a negrito.*

		Bissau	Bolama	Bafatá	Gabú
Precipitação total	2020	<b>2322,2</b>	<b>2340,7</b>	<b>1693,6</b>	<b>1520,4</b>
	1981-2020	1502,1	1953,5	1427,5	1252,1
Precipitação máxima diária	2020	132,0	180,0	102,0	121,3
	1981-2020	209,5	240,6	209,5	208,3
Número de dias de precipitação $\geq 0,1$ mm	2020	<b>95</b>	110	<b>101</b>	<b>96</b>
	1981-2020	88	113	90	79
Número de dias de precipitação $\geq 10$ mm	2020	<b>57</b>	<b>66</b>	<b>52</b>	<b>43</b>
	1981-2020	45	50	42	38
Número de dias de precipitação $\geq 25$ mm	2020	<b>25</b>	26	<b>26</b>	<b>16</b>
	1981-2020	21	27	20	6
Número de dias de precipitação $\geq 50$ mm	2020	<b>16</b>	<b>12</b>	6	<b>6</b>
	1981-2020	7	10	6	4
Número de dias de precipitação $\geq 75$ mm	2020	<b>8</b>	<b>6</b>	2	<b>2</b>
	1981-2020	3	5	2	1
Número de dias de precipitação $\geq 100$ mm	2020	<b>5</b>	<b>3</b>	1	<b>2</b>
	1981-2020	1	2	1	1

A precipitação anual em 2020 foi superior à média em todo o território da Guiné-Bissau. A figura 43 mostra que, em geral, as áreas costeiras a sul de Bissau e as ilhas foram as áreas mais chuvosas do país, com valores que ultrapassaram os 2000 mm, ou até 2200 mm em ambas as margens do setor jusante do rio Geba (aproximadamente nas áreas entre

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

Bissau e Bolama, figura 43 A). As anomalias correspondentes variaram entre 1000 e 1500 mm nestas regiões (Figura 43 B).

A área menos chuvosa foi o Leste, especialmente a região de Gabú, apresentando totais que variaram entre 1300–1650 mm, ainda assim bastante acima dos valores normais (Tabela XXIX). O Norte e o centro do país registaram valores intermédios de precipitação anual, situando-se entre 1650 e 1950 mm.

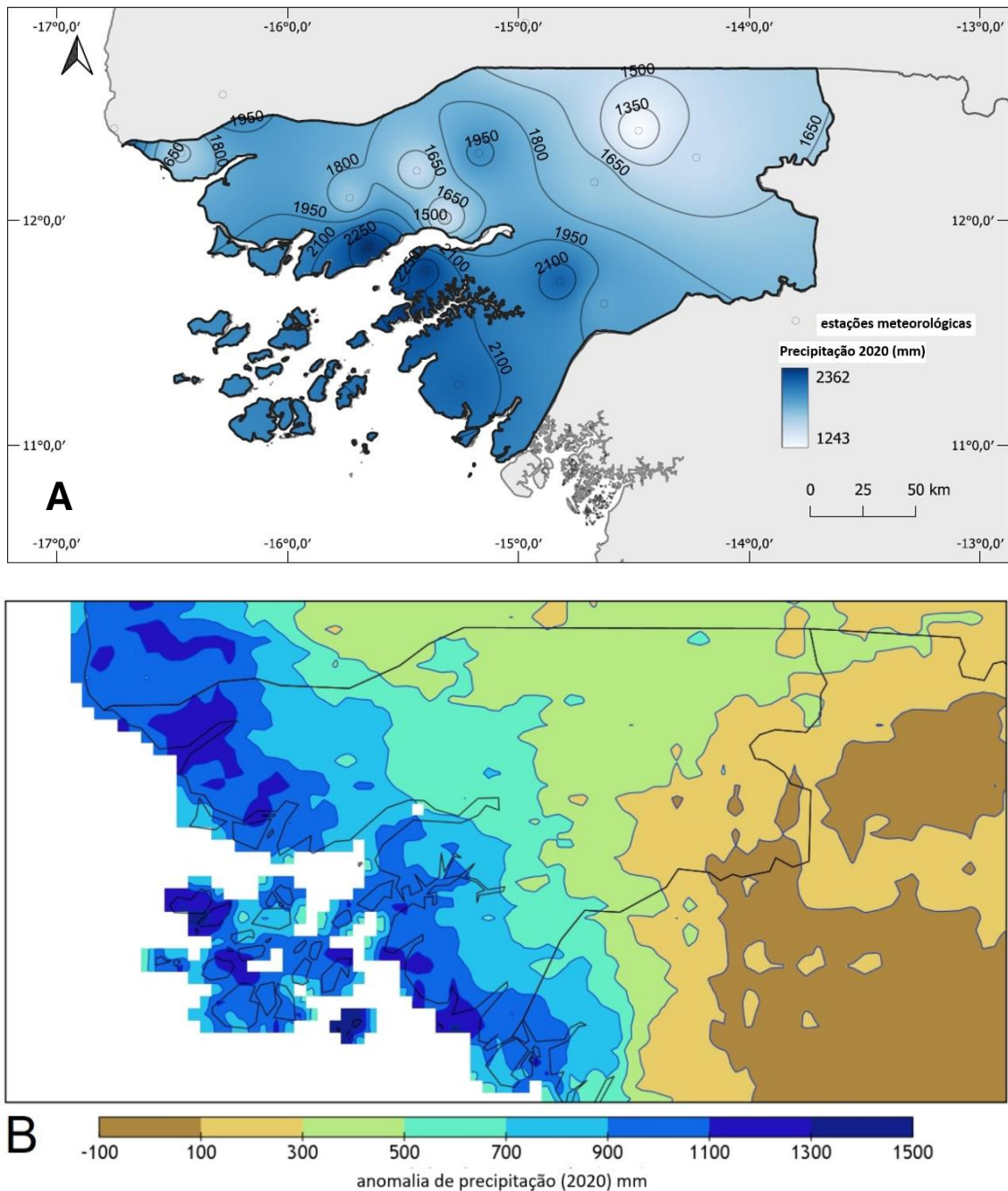


Figura 43. Precipitação anual de 2020 (mm) na Guiné-Bissau: (A) precipitação total; (B) anomalia (precipitação anual em 2020 menos a média de longo prazo, período de referência 1981–2020). Fonte dos dados: Instituto Nacional de Meteorologia da Guiné-Bissau (A) e CHIRPS 2.0 (B).

As anomalias de precipitação anual de 1981–2020, comparadas com a média climatológica do mesmo período (Figura 43), levaram-nos a considerar que o ano de 2020 se caracteriza como um ano muito chuvoso em todo o país. Assim, as quatro estações com séries de precipitação de longo prazo disponíveis (Bissau, Bolama, Bafatá e Gabú) apresentam anomalias positivas de precipitação, variando de +1,1 em Bafatá a +2,2 em Bissau no ano de 2020. Como se pode observar na Figura 43, apesar da forte variabilidade interanual da precipitação ao longo da série climatológica das quatro estações selecionadas, o ano de 2020 foi excepcional, particularmente no caso da estação do Observatório de Bissau. Nesta localização, ao longo de mais de quatro décadas, nunca foi detetada uma anomalia positiva de precipitação equivalente à do ano de 2020. Além disso, em 2020, Bissau registou a sua precipitação anual máxima, pelo menos desde 1960, o primeiro ano da série de dados anuais de precipitação mais longa, contínua e completa da Guiné-Bissau.

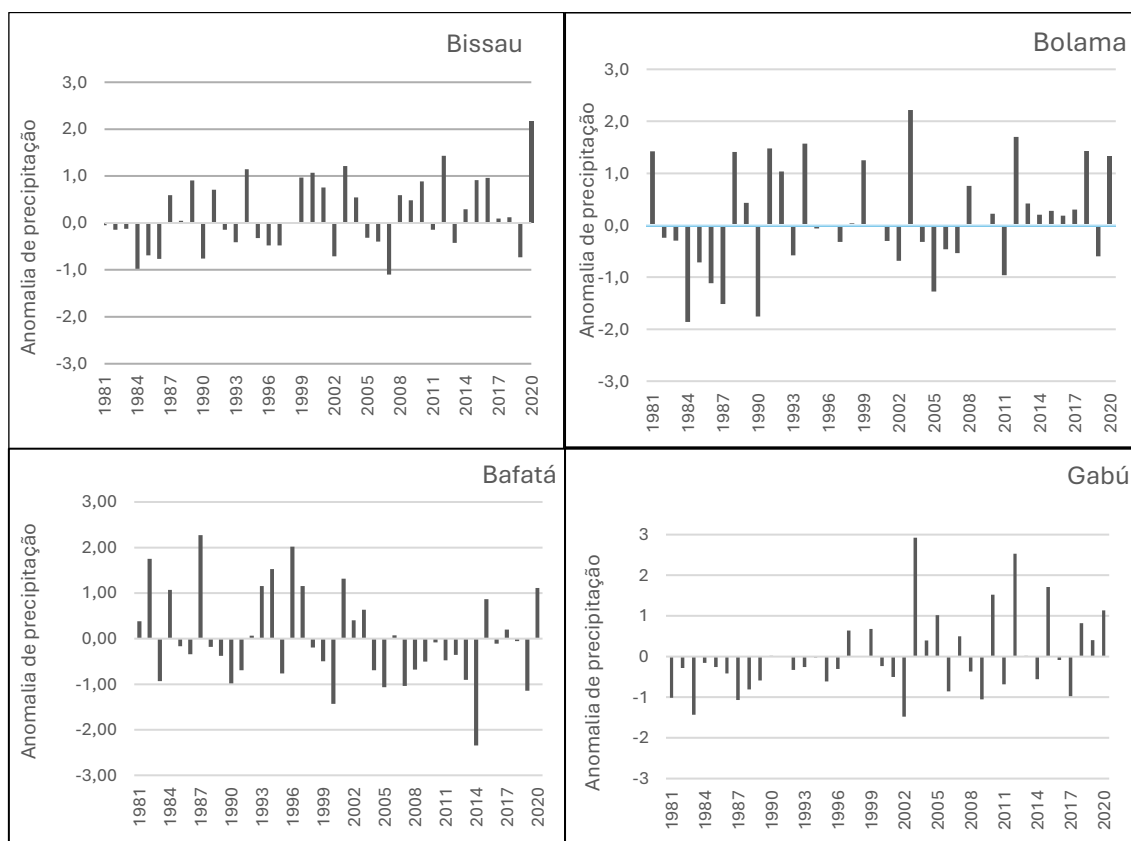


Figura 44. Anomalias anuais de precipitação em quatro estações da Guiné-Bissau (1981–2020. Fonte dos dados: Instituto Nacional de Meteorologia da Guiné-Bissau.

### 5.3.2. Precipitação Mensal de 2020: Padrões Espaciais e Anomalias

Como já se analisou, o regime de precipitação na Guiné-Bissau caracteriza-se pela sua concentração nos meses de julho, agosto e setembro, sendo agosto geralmente

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

considerado o mês mais chuvoso do ano em termos de totais mensais de precipitação e frequência de dias de chuva. Na escala temporal mensal, o caráter anormalmente chuvoso de 2020 revelou diferenças consideráveis em todo o país, como ilustrado na Figura 45. Os gráficos da figura 45 permitem a comparação dos totais mensais de 2020 nas 4 estações meteorológicas analisadas com os correspondentes percentis 90 e 95 das séries mensais de precipitação (período 1981–2020). É evidente que, com exceção do Observatório de Bissau em julho e agosto — onde os totais mensais foram superiores aos percentis 90 e 95, as restantes estações apresentam valores ligeiramente inferiores em comparação com os percentis de referência. Contudo, é importante sublinhar a aproximação significativa entre as curvas dos percentis mensais extremos e os totais mensais de 2020, exceto na estação de Bafatá em agosto, que registou uma precipitação reduzida nesse ano.

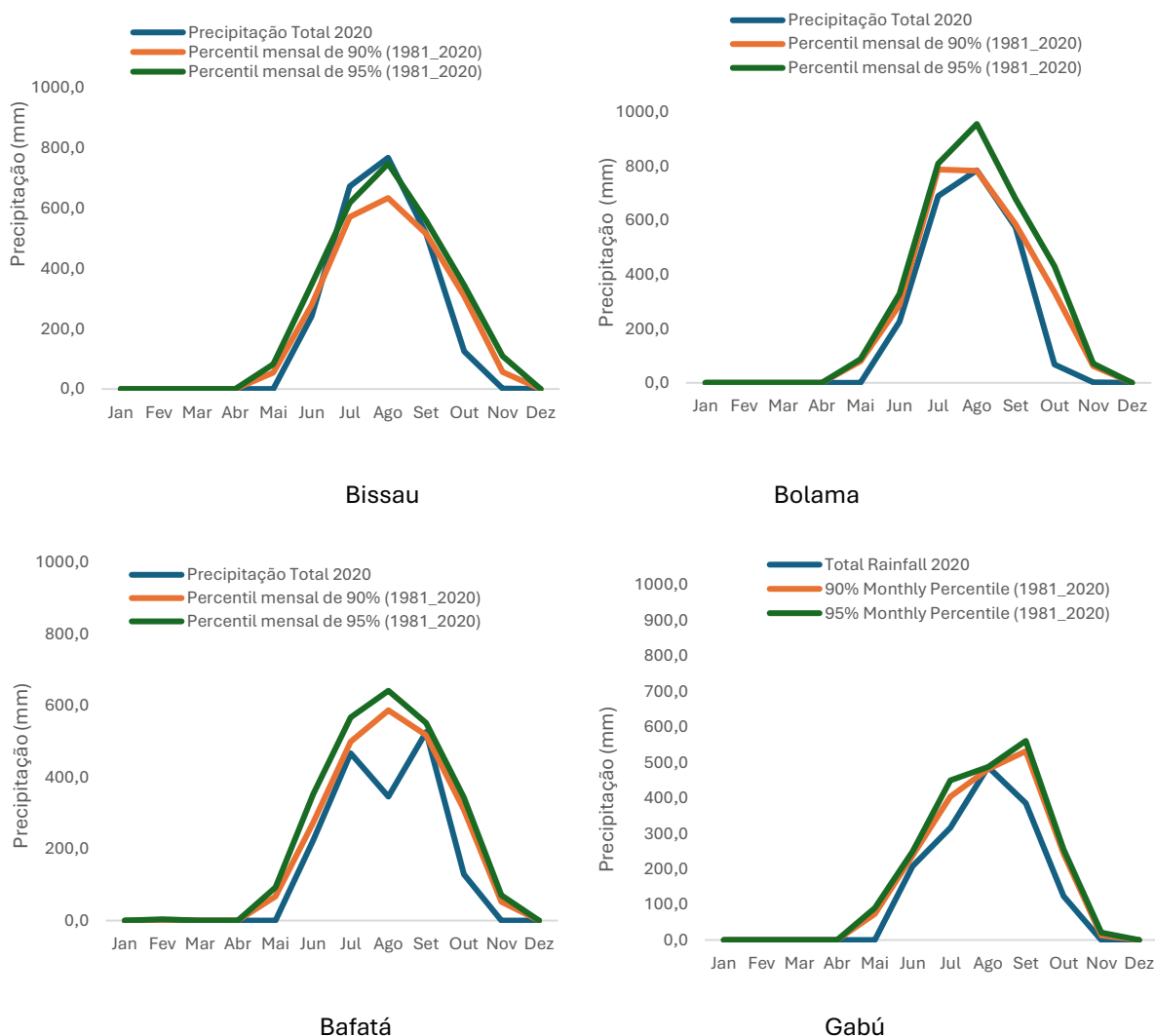


Figura 45. Precipitação mensal de 2020 e percentis 90 e 95 correspondentes das séries diárias de precipitação no período de 1981–2020. Fonte dos dados: Instituto Nacional de Meteorologia da Guiné-Bissau.

O estudo dos padrões espaciais da precipitação durante os meses centrais da estação chuvosa de 2020 foi realizado através da construção dos mapas apresentados na Figura 46.

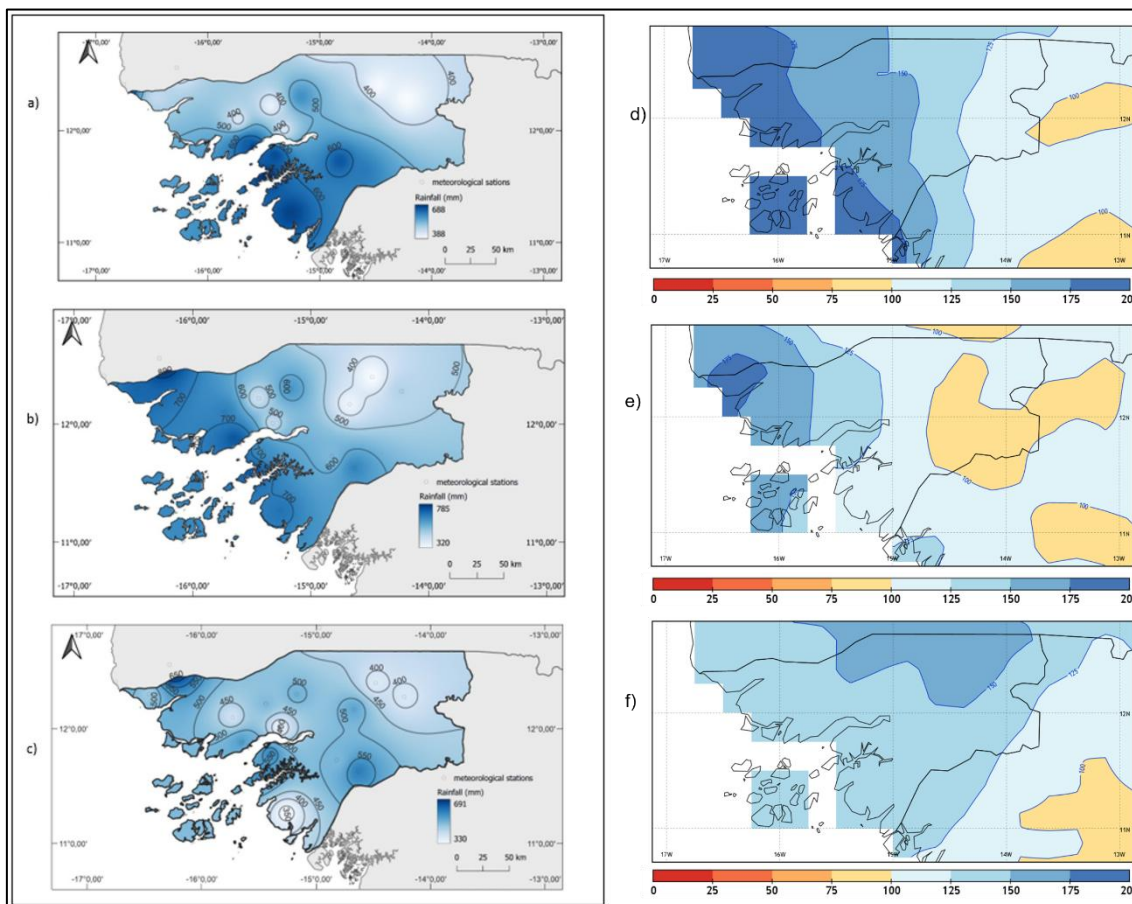


Figura 46. Precipitação mensal (mm) em julho (a), agosto (b) e setembro (c) de 2020, na Guiné-Bissau. Anomalias mensais de precipitação (% da média de 1981–2020) em julho (d), agosto (e) e setembro (f).

Para julho de 2020, o maior volume de precipitação foi observado nas áreas costeiras ao sul de Bissau, e, à medida que nos afastamos dessa área em direção ao interior do continente, observa-se uma diminuição no volume, mas não de forma linear ao longo do território (Figura 46 a). A precipitação foi mais de 75% superior à média (1981–2020) nas áreas costeiras (Figura 46d).

Por outro lado, o mês de agosto — o mais chuvoso da estação húmida — registou chuvas muito abundantes, com maior concentração nas áreas costeiras (700 mm), seguido pela região central do país (500–600 mm), e, por fim, pela área leste, com uma distribuição entre 400 e 500 mm (Figura 46 b). Esses volumes corresponderam a mais de 50% acima da média nas regiões costeiras do Norte (Figura 46 e).

Em relação a setembro, a distribuição da precipitação foi bastante diferente dos meses anteriores. A região extrema sul apresentou menor índice pluviométrico em relação ao restante do país, com 350 mm, seguida pela região leste, com 400 mm. No extremo norte, incluindo a área costeira ao norte até o centro, o acumulado mensal variou entre 450 e 550 mm (Figura 46 c). O painel de anomalias (Figura 46 f) mostra que a precipitação novamente excedeu a quantidade média (anomalias acima de 100%) em todo o país.

### 5.3.3. Precipitação Diária de 2020: Cronologia e Eventos Extremos

As observações mostram que a precipitação diária de 2020, ocorrida durante julho, agosto e setembro foi particularmente abundante (Figura 47). Não houve períodos de dias secos superiores ou iguais a 7 dias em toda a estação chuvosa de 2020. No entanto, na estação de Bafatá, houve um período máximo de interrupção das chuvas de 6 dias (4–9 de julho). Também foi registado nessa estação, durante o mesmo período de 6 dias, um total diário de precipitação superior a 50 mm, destacando-se um evento extremo: 102,0 mm no dia 30 de julho. A estação do Observatório de Bissau apresentou vários eventos notáveis de precipitação em termos de acumulação diária. O período máximo sem chuva foi de 2 dias e, durante esses três meses, registaram-se 16 dias com precipitação superior a 50 mm, dos quais 5 dias tiveram valores superiores a 100 mm diários.

Na estação de Bolama, localizada no sul do país, a precipitação foi praticamente contínua durante os 3 meses mais chuvosos do ano. A interrupção de chuva mais longa foi de apenas 2 dias durante este período, e registaram-se 12 dias com precipitação superior a 50 mm, dos quais 3 dias apresentaram volumes superiores a 100 mm.

Em Gabú, não houve interrupções de chuva superiores a 3 dias durante os meses de julho, agosto e setembro. No mesmo período, registaram-se 6 dias com precipitação superior a 50 mm, destacando-se dois máximos de 113,3 mm e 121,3 mm, respetivamente.

Para compreender melhor o comportamento da precipitação em 2020 em comparação com a média correspondente do período climatológico (1981–2020), foram analisados vários parâmetros climáticos relacionados com a precipitação, tais como precipitação anual total, precipitação diária máxima, número de dias de chuva  $\geq 0,1$  mm,  $\geq 10,0$  mm,  $\geq 25,0$  mm,  $\geq 50,0$  mm,  $\geq 75,0$  mm e  $\geq 100,0$  mm (Tabela XXIX).

Nesta comparação, destaca-se que a precipitação total observada em 2020 e o número de dias de chuva  $\geq 10,0$  mm foram superiores à média climatológica em todas as estações analisadas. Outro aspeto relevante é o número de dias com precipitação  $\geq 0,1$  mm e  $\geq 25,0$  mm, que demonstra que o ano de 2020 registou valores superiores à média climatológica de 1981–2020 para todos os parâmetros, com exceção de Bolama.

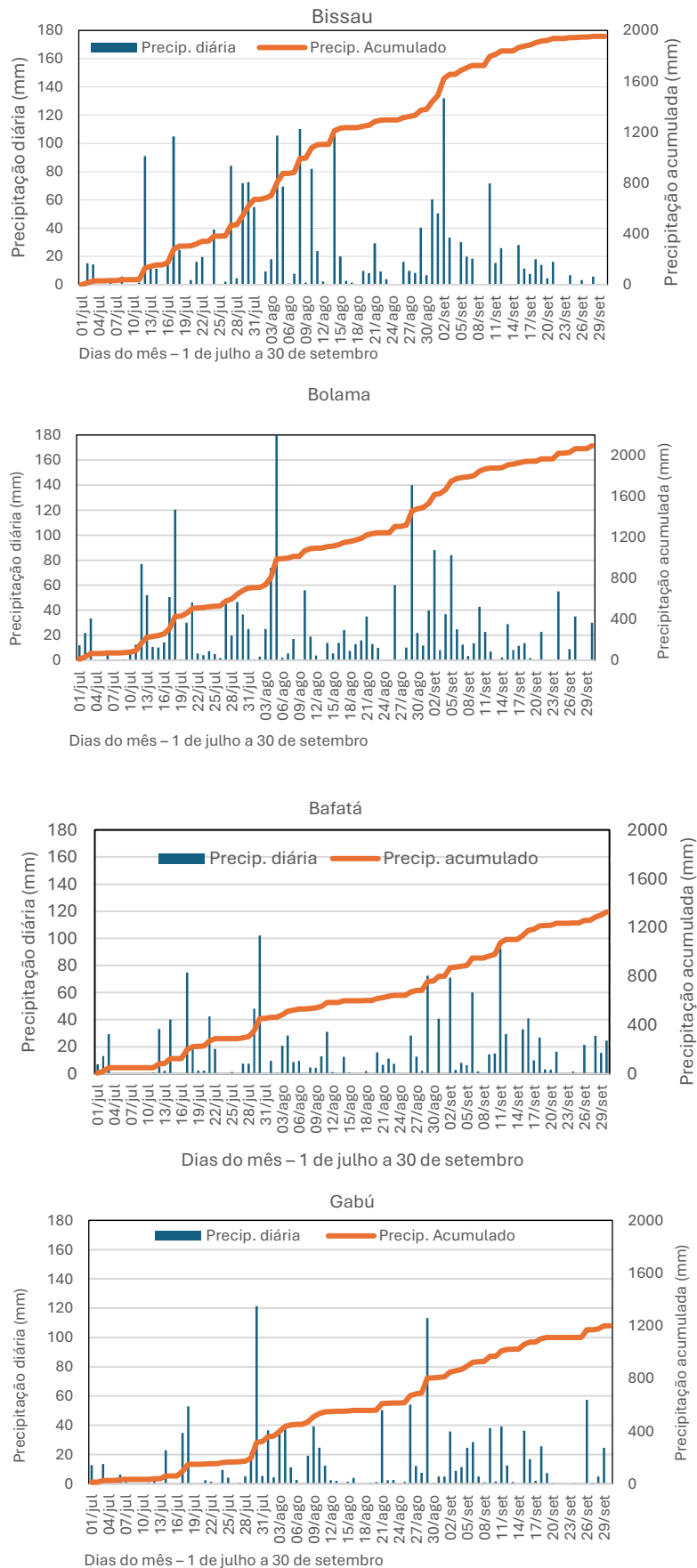


Figura 47. Precipitação diária em Bafatá, Gabú, Bissau e Bolama de 1 de julho à 30 de setembro de 2020.

Relativamente ao número de dias de chuva  $\geq 50,0$  mm,  $75,0$  mm e  $100,0$  mm, à exceção de Bafatá, as restantes estações registaram frequências superiores à média climatológica, com destaque para a estação de Bissau, que apresentou valores superiores ao dobro dos observados no período de referência 1981–2020.

Como comentário final, é importante salientar que Bissau, a capital, registou um número notável de eventos extremos de precipitação (por exemplo, 5 dias com precipitação superior a 100 mm). Este facto foi determinante para explicar os impactos prejudiciais das chuvas intensas, tendo em conta que mais de 25% de pessoas vivem nessa cidade.

### 5.3.4. Impactos das Chuvas de 2020 na Agricultura, Infraestruturas e Habitação

O Programa Alimentar Mundial (PAM) monitorizou os efeitos das chuvas intensas acumuladas em agosto e setembro de 2020, que provocaram inundações em várias áreas da região da África Ocidental, resultando em mortes, danos materiais, destruição de meios de subsistência, deslocamento populacional e deterioração das estradas.

De acordo com o relatório da OCHA (2020), as inundações afetaram 2,7 milhões de pessoas em 18 países da África Ocidental e Central, enquanto o número estimado de vítimas humanas na Guiné-Bissau atingiu 6000 pessoas (SNPC, 2020). Nesta secção, realiza-se uma análise dos danos agrícolas e infraestruturais neste país altamente vulnerável.

#### **Agricultura**

Como a precipitação é um fator determinante para o sucesso das culturas, a época agrícola de 2020/2021 foi marcada pela chegada tardia das primeiras chuvas, com as atividades de sementeira a iniciarem-se apenas em junho e julho. Devido às chuvas intensas que ocorreram em julho e no início de agosto, os agricultores guineenses enfrentaram enormes dificuldades nas suas atividades agrícolas, sendo frequentemente obrigados a adquirir equipamentos, como tubos de PVC, para drenar a água acumulada nos campos inundados.

O governo, através dos seus parceiros, conseguiu fornecer aos agricultores 1208 toneladas de sementes agrícolas melhoradas, 300 toneladas de fertilizantes, 1039 litros de produtos fitossanitários e 60 tratores para apoiar as atividades agrícolas (SNPC, 2020). Apesar deste apoio governamental, muitos agricultores sofreram grandes perdas devido às chuvas intensas que provocaram inundações em muitos campos agrícolas, especialmente

nas regiões de Oio, Cacheu, Tombali, Quinara, Bafatá e no Setor Autónomo de Bissau (Figura 48).

Em algumas bacias hidrográficas, também se observaram transbordamentos significativos dos rios, que causaram inundações com impacto em muitos campos agrícolas, cujos danos foram incalculáveis. O mesmo relatório (SNPC, 2020) aponta que a produção bruta total esperada de cereais (arroz, milho, sorgo, milheto, fonio) para a campanha 2020/2021 foi estimada em 257.504 toneladas, e as intenções comerciais privadas totais de importação de cereais foram de 166.517 toneladas, para colmatar o défice de produção.

Além disso, a fraca produção de caju em 2020, que servia como moeda de troca para o arroz importado, e o baixo preço cobrado pelos comerciantes aos agricultores (300 CFA/Kg) tornaram os agricultores ainda mais vulneráveis à insegurança alimentar.



*Figura 48. Áreas de cultivo de arroz foram inundadas pelas chuvas intensas nos arredores de Bissau. Fonte: SNPC, 2020.*

### ***Infraestruturas e Habitação***

Segundo os Serviços de Proteção Civil da Guiné-Bissau (SNPC, 2020), as inundações ocorridas em julho e agosto de 2020 na Guiné-Bissau afetaram 4617 indivíduos, dos quais mais de 50% concentraram-se na capital, Bissau (Figura 49; Tabela XXX). Estes eventos extremos comprometeram infraestruturas sociais essenciais,

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

incluindo escolas, centros de saúde e vias de transporte, enquanto ventos fortes afetaram adicionalmente 1374 famílias, com maior incidência registada nas regiões de Cacheu, Gabú e no Setor Autónomo de Bissau. Entre as infraestruturas críticas afetadas, destacaram-se as instalações da Televisão da Guiné-Bissau (TGB), (Figura 49) em que os ventos provocaram danos estruturais ao mastro de suporte das antenas de transmissão de rádio, resultando na interrupção temporária da emissão do sinal e em perdas económicas associadas (NôPintcha, 2020).

Estes dados evidenciam a vulnerabilidade das infraestruturas sociais e de comunicação a eventos hidrometeorológicos extremos, reforçando a necessidade de estratégias de mitigação e de fortalecimento da resiliência em diferentes regiões do país.



49. Danos causados pelas inundações em Bissau. (A) — Trabalhos de reparação da TGB após os danos causados pela chuva e ventos fortes; (B, C) — Efeitos dos ventos fortes nos subúrbios de Bissau; (D–F) Casas inundadas nos bairros periféricos da cidade de Bissau

Fontes: O Democrata GB, VISÃO e SNPC.

Tabela XXX. Número total de pessoas deslocadas por região devido a ventos fortes e inundações.

Fonte: Serviço Nacional de Proteção Civil, Guiné-Bissau.

Região	Ventos fortes	Inundação	Total de vítimas
Bissau (SAB)	296	2851	3147
Tombali	174	0	174
Quinará	65	0	65
Cacheu	387	147	534
Bafatá	78	178	256
Gabú	231	663	894
Bolama	6	0	6
Biombo	49	778	827
Oio	88	0	88
Total	1374	4617	5991

Devido aos impactos causados pelas chuvas intensas, inundações e ventos fortes, o número de casas destruídas em todo o país foi notável (Tabela XXXI). Os bairros da periferia da capital - Bissau (Bôr, Cuntum Madina, Jericó e Quelelé, bairro de Ponta Neto) - não escaparam às inundações provocadas pelas chuvas intensas, que causaram danos materiais e interromperam o fornecimento de bens e serviços. Como resultado, os residentes clamaram por ajuda do governo e pediram a adoção de medidas de segurança para proteger as suas vidas (Temudo & Cabral, 2017).

*Tabela XXXI. Número de casas completamente e parcialmente destruídas, por região, devido a ventos fortes e inundações. Fonte: Serviço Nacional de Proteção Civil, Guiné-Bissau.*

Região	Ventos fortes		Inundações		Total de vítimas	
	Destruição total	Destruição parcial	Destruição total	Destruição parcial	Destruição total	Destruição parcial
<b>SAB</b>	22	20	25	225	47	245
<b>Tombali</b>	14	6			14	6
<b>Quinara</b>	5	3			5	3
<b>Cacheu</b>	24	18	19	63	43	81
<b>Bafata</b>	1	13	2	19	3	32
<b>Gabu</b>	1	20	64	9	65	29
<b>Bolama</b>	0	3			0	3
<b>Biombo</b>	5	4	50	77	55	81
<b>Oio</b>	12	0			12	0
<b>TOTAL</b>	84	87	160	393	244	480

De acordo com os testemunhos dos moradores destes bairros localizados em áreas baixas, a ausência de um sistema de drenagem de águas pluviais é a principal causa das inundações que ocorrem todos os anos. Por isso, reivindicaram que o governo construa grandes valas e esgotos que permitam a circulação das águas das chuvas, para reduzir as inundações e o sofrimento das populações (Odemocrata, 2020).

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

Como resposta, o governo disponibilizou um fundo de 100 milhões de francos CFA (6,5 milhões de euros), através do Ministério da Solidariedade, para ajudar as vítimas das condições meteorológicas severas em diferentes regiões, nomeadamente Bissau, Boé (Leste), Cacine (Sul) e toda a região de Cacheu (Norte) (Lusa, 2020).

### 5.3.5. Discussão e Conclusões

As evidências das alterações climáticas são cada vez mais incontestáveis na Guiné-Bissau. O início e o fim da estação chuvosa tornaram-se mais irregulares nas últimas décadas, e a variabilidade interanual da precipitação parece estar a aumentar. A estação chuvosa de 2020 foi extremamente húmida na maior parte do território da Guiné-Bissau. Bissau, a capital, registou o seu máximo anual de precipitação, pelo menos desde 1960, o primeiro ano da série atual de dados climáticos contínuos e completos. O valor anual registado em Bissau/Observado — 2322 mm — corresponde a uma anomalia que supera duas vezes o desvio padrão, sendo a maior dos últimos (pelo menos) 60 anos. Este comportamento climático em mudança apresenta claras semelhanças com as tendências identificadas nos países da África Ocidental (Diedhiou et al., 2018).

Os totais mensais de precipitação em julho e agosto de 2020, na estação do Observatório de Bissau, foram superiores aos percentis 90 e 95 para o período de 1981–2020, em conformidade com os achados de Blunden & Boyer (2021), que descreveram precipitações acima desses percentis no oeste do Níger e no Senegal durante julho-setembro.

Embora as chuvas tenham chegado tardiamente à Guiné-Bissau em 2020, as chuvas muito abundantes de julho, agosto e setembro resultaram num ano de precipitação largamente excedentário face aos valores médios climatológicos (período 1981–2020). Um relatório de monitorização sobre o clima africano de 2020 (Blunden & Boyer, 2021) também identificou baixa precipitação no início da estação chuvosa de 2020 na África Ocidental, referindo que a previsão indicava uma mudança para condições mais húmidas em julho, agosto e setembro, exatamente como ocorreu na Guiné-Bissau, conforme demonstrado neste estudo.

Outro documento de avaliação sazonal da estação chuvosa de 2020 na África Ocidental, realizado pelo Programa Alimentar Mundial (WFP, 2020), relatou a chegada tardia da estação chuvosa e a sua intensificação em julho, agosto e setembro nos países da África Ocidental, incluindo a Guiné-Bissau (WFP, 2020). Importa sublinhar que o início tardio da estação chuvosa contribuiu para o atraso das atividades agrícolas em toda a

região da África Ocidental, incluindo a Guiné-Bissau, perturbando o desenvolvimento de várias culturas, particularmente o arroz, a cultura mais importante para o abastecimento alimentar.

Quanto aos impactos prejudiciais das chuvas intensas de 2020 na Guiné-Bissau, estes foram severos nas regiões costeiras do sul e centro, especialmente no distrito de Bissau, estando relacionados com inundações e danos causados por ventos fortes (Tabela XXX e XXXI). O serviço de proteção civil da Guiné-Bissau estimou que cerca de 6000 pessoas foram afetadas pelos impactos das inundações, incluindo famílias desalojadas e habitações danificadas (SNPC, 2020).

Os danos económicos causados pelas chuvas intensas de 2020 na Guiné-Bissau foram enormes, começando pelos campos agrícolas inundados, escolas e outras infraestruturas destruídas pelas chuvas, acompanhadas por ventos fortes, casas inundadas e estradas danificadas pelas chuvas, semelhante ao ocorrido noutros países da África Ocidental.

A presente investigação mostrou que um número anómalo de dias extremamente chuvosos (e.g., dias com precipitações superiores a 100 mm) durante a estação chuvosa de 2020 na Guiné-Bissau contribuiu significativamente para a extensão dos danos, particularmente no distrito de Bissau. Os períodos prolongados de chuva, com poucas interrupções por dias secos, não permitiram a infiltração suficiente da água devido à saturação dos solos e à falta de um sistema adequado de drenagem de águas pluviais.

Os resultados deste estudo abrem várias possibilidades para continuar a investigação sobre as anomalias de precipitação de 2020 na Guiné-Bissau e os seus impactos. Com esse propósito será muito interessante estudar os mecanismos atmosféricos responsáveis pela ocorrência de chuvas tão abundantes nesta região, aplicando eventualmente análises adotadas em trabalhos recentes, por exemplo, com foco nos tipos de tempo ou em padrões de teleconexão (e.g., Bliedernicht et al., 2022; Liu et al., 2020; Lubis et al., 2022).

Por outro lado, as inundações de 2020 na Guiné-Bissau podem ser estudadas em futuros trabalhos sob diferentes perspetivas, como a análise hidrométrica do rio Geba e a relação chuva-escoamento, permitindo a proposição de medidas estruturais (e.g. Massazza et al., 2021), ou, alternativamente, por meio de simulações numéricas das inundações em Bissau (e.g. Coulibaly et al., 2020).

### 5.4 Síntese conclusiva

A evolução recente do clima na Guiné-Bissau foi objeto deste capítulo, numa abordagem que combinou o tratamento de séries de longa duração de estações meteorológicas com a exploração de dados climáticos em grelha regular (CRU e CHIRPS). Sintetizam-se, em seguida, as principais aquisições científicas extraídas nesta abordagem.

O estudo do comportamento evolutivo da precipitação e da temperatura na Guiné-Bissau entre 1960 e 2020 revelou uma ligeira tendência decrescente da precipitação anual e mensal, contrastando com um aumento estatisticamente significativo das temperaturas máximas e mínimas mensais no mesmo período. Ainda que se tenha verificado um aumento da precipitação entre 1981 e 2020, a irregularidade no início e fim da estação chuvosa constitui um fator crítico para a agricultura, comprometendo o planeamento das sementeiras e a escolha das variedades agrícolas adaptáveis. Verificou-se, igualmente, uma intensificação da precipitação em curtos períodos e do volume diário máximo, elevando o risco de inundações que afetam negativamente as atividades agrícolas, nomeadamente o cultivo do arroz.

A evolução das médias anuais de temperatura máxima (TX) e mínima (TN) demonstrou tendências de aumento significativas em Bissau e Bafatá, particularmente durante a estação das chuvas (junho a outubro), tendência essa que se estendeu a todas as localidades no que se refere às médias mensais. Por outro lado, o número de dias anuais com temperaturas iguais ou superiores a 30°C e 35°C aumentou significativamente entre 1981 e 2020, em todas as estações. Este agravamento térmico pode comprometer fases críticas do desenvolvimento do arroz, afetando variedades de ciclo curto e, potencialmente, reduzindo a produtividade.

A investigação da dinâmica sazonal da precipitação na África Ocidental, baseada em dados CHIRPS e em registos diários para a Guiné-Bissau, revelou (como seria expectável) que a estação chuvosa progride de sul para norte entre maio e julho, acompanhando o deslocamento da Frente Intertropical. A duração da estação chuvosa diminui à medida que se avança para norte, sendo mais longa nas zonas costeiras da África Ocidental para sul da Guiné e mais curta nas áreas próximas do Saara. Na Guiné-Bissau, o início das chuvas tende a apresentar maior variabilidade do que o fim, ocorrendo geralmente entre o final de junho e julho, e terminando entre finais de outubro e início de novembro. A duração da estação chuvosa é heterogénea: nas regiões norte e leste do país varia entre 124 e 135 dias, enquanto nas regiões centro e sul ultrapassa os 140 dias, podendo atingir até 180 dias em anos excepcionalmente húmidos. Um início tardio ou um

término antecipado da estação pode reduzir significativamente este período, prejudicando as atividades agrícolas. A integração desta informação com previsões sazonais de instituições regionais poderá apoiar os agricultores na tomada de decisões informadas, minimizando perdas e maximizando a produção.

O ano de 2020 destacou-se por incluir uma estação chuvosa excepcionalmente intensa na maioria do território da Guiné-Bissau. Registou-se o valor anual mais elevado de precipitação em Bissau desde 1960 (2322 mm), representando uma anomalia superior a duas vezes o desvio padrão. Apesar da chegada tardia das chuvas em 2020, os elevados totais mensais em julho, agosto e setembro superaram os percentis 90 e 95 para o período 1981-2020, validando previsões sazonais que indicavam uma intensificação das chuvas no segundo trimestre da estação. Este atraso teve implicações negativas no calendário agrícola, particularmente no cultivo do arroz. Acreceu ainda a ocorrência atípica, muito elevada, de dias com precipitação superior a 100 mm, o que contribuiu substancialmente para os estragos, agravados pela saturação dos solos e pela inexistência de sistemas de drenagem eficazes.

Os impactos das chuvas intensas de 2020 foram severos, sobretudo nas regiões costeiras centrais e do Sul, com destaque para o distrito de Bissau. Estimativas da proteção civil indicaram que cerca de 6000 pessoas foram afetadas, incluindo famílias deslocadas e habitações danificadas. Os prejuízos económicos abrangeram campos agrícolas inundados, escolas e infraestruturas destruídas, bem como vias de comunicação severamente danificadas, numa realidade partilhada com outros países da região.



## CAPÍTULO 6. PERCEÇÕES CAMPONESAS DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NA GUINÉ-BISSAU

Este capítulo tem como objetivo compreender a percepção dos camponeses relativamente às alterações climáticas e, de seguida, confrontá-la com os dados climáticos analisados, nomeadamente os referentes à precipitação e à temperatura do ar. Para tal, recorre-se à aplicação de testes de homogeneidade e deteção de ruturas nas séries climatológicas, bem como à análise da variabilidade interanual das anomalias destes parâmetros face à média climática. Esta abordagem visa assegurar a fiabilidade dos dados e possibilitar uma comparação objetiva com as percepções locais sobre as alterações climáticas, utilizando os mesmos indicadores.

### 6.1. Análise das séries climatológicas de observação

#### 6.1.1. Precipitação

Na figura 50 representam-se as anomalias de precipitação 1961-2020 em relação ao período de referência (1991-2020) nas estações de Bissau (Norte), Bolama (Sul) e Bafatá (Leste), podendo observar-se uma variabilidade interanual marcada por uma tendência geral de diminuição da precipitação em todas as regiões do país no decorrer desse período. Apesar dessa variabilidade, o período 1961-1970 foi marcado pela nítida predominância de anos húmidos, seguindo-se um período dominado pelos anos mais secos em relação aos anos húmidos, sobretudo em Bafatá (figura 50 C), mas também em Bissau (figura 50 A) e Bolama (figura 50 B). A evolução da precipitação nestes sessenta anos revela fortes flutuações interanuais, com uma sucessão de períodos secos e húmidos. As secas mais severas foram registadas em 1968, 1977, 1997 e 2007 em Bissau, e em 1977, 1984, 1987, 1990 e 2005 em Bolama, enquanto em Bafatá os anos de secas severas ocorreram em 1972, 1980, 1983, 1985 e 2014. Em contrapartida, os anos de maior abundância de chuva foram 1964, 1965, 1969 e 2020 em Bissau; 1962, 1965, 1967, 1969, 1976, 2003 e 2012 em Bolama; e 1961, 1965, 1970, 1971, 1975, 1976, 1978, 2003, 2015 e 2020 em Bafatá.

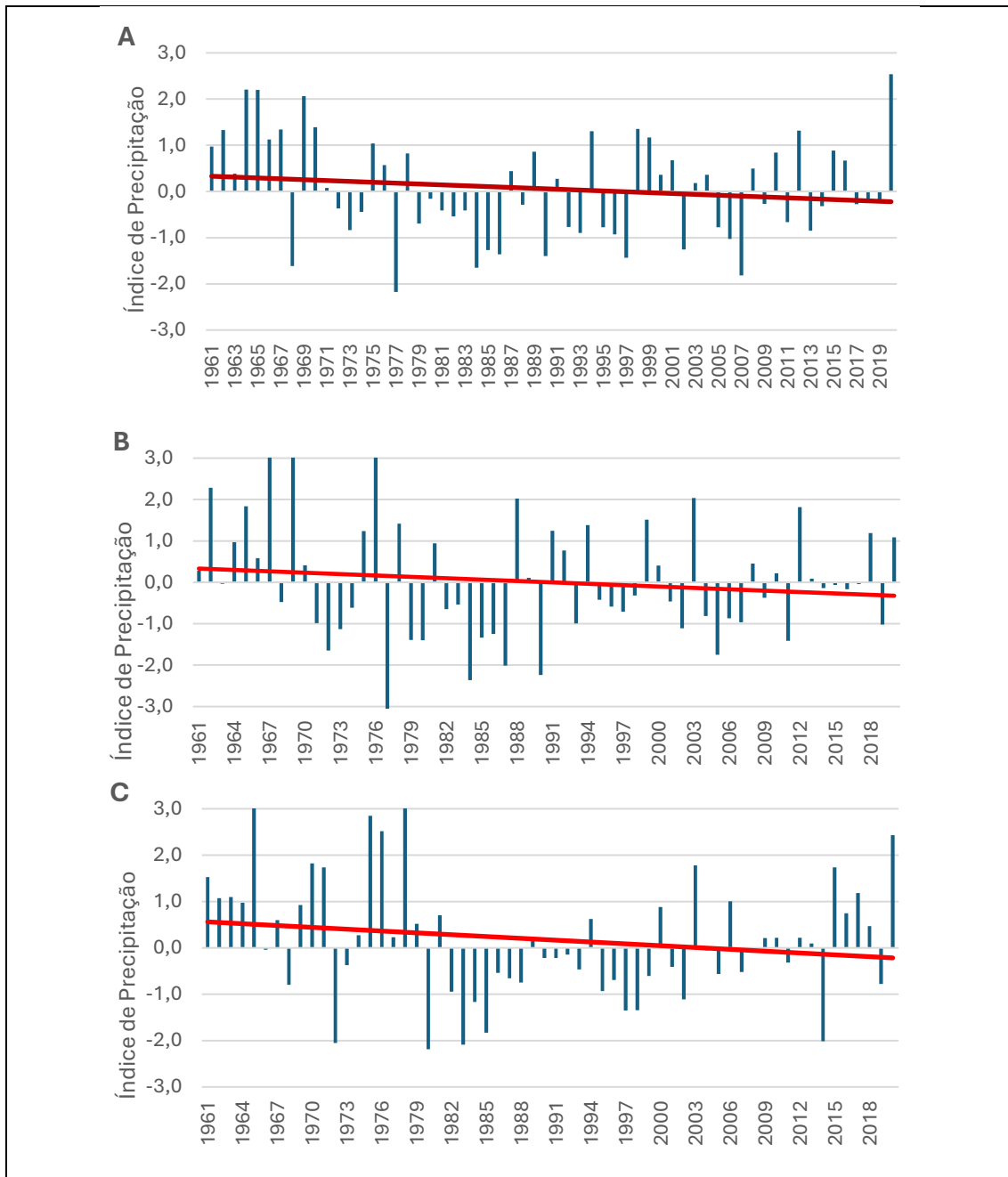


Figura 50. Anomalias interanuais de precipitação para o período 1961-2020, em Bissau (A), Bolama (B) e Bafatá (C)

Ao aplicar o teste de homogeneidade, ou teste de rutura de Pettitt, nas séries cronológicas de precipitação (1961-2020) das três estações (Bissau, Bolama e Bafatá), verifica-se que, apesar da grande variabilidade entre os anos e da tendência de diminuição dos quantitativos de precipitação, não se observam ruturas nas séries de Bissau e Bolama, demonstrando assim a homogeneidade das séries segundo o teste. No entanto, a estação de Bafatá apresenta uma rutura na série a partir de 1979. De 1961 a 1979, a média anual de precipitação era de 1452 mm, diminuindo para 1230 mm a partir de 1980, o que representa uma diminuição de cerca de 15% (figura 51).

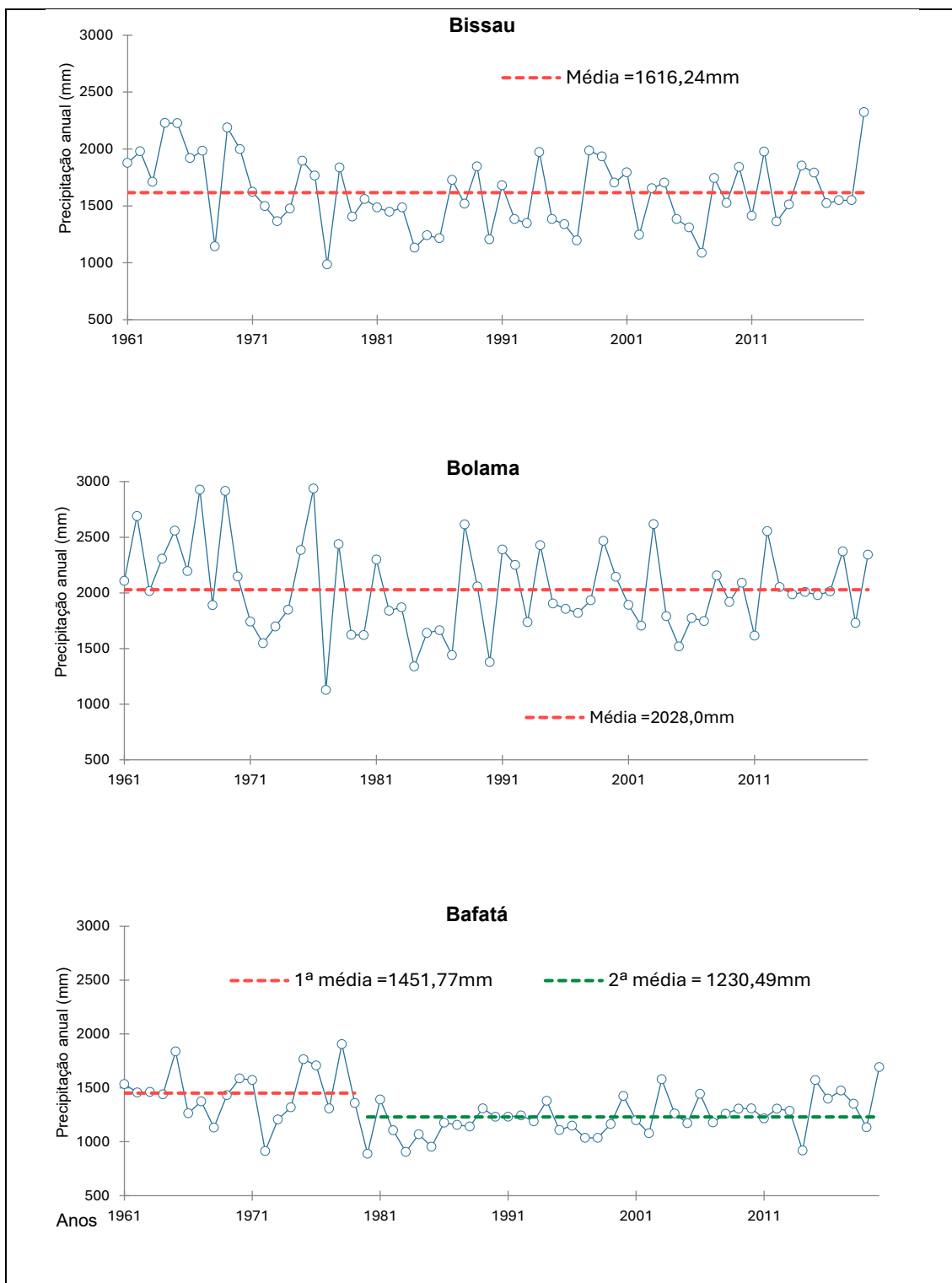


Figura 51. Teste de rutura nas séries de precipitação total anual 1961-2020, em Bissau, Bolama e Bafatá.

### 6.1.2. Temperatura

As anomalias da temperatura máxima média e mínima média anuais no período 1961-2020 em comparação com a média climatológica recente (1991-2020) encontram-se ilustradas na figura 52. Da observação da figura 52 ressalta uma tendência de aumento significativo nos dois parâmetros da temperatura, com diferentes magnitudes

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

de acordo com a localidade. Assim, as temperaturas médias máximas de Bissau tiveram um aumento mais expressivo comparativamente ao aumento das temperaturas mínimas na mesma estação. De modo distinto, em Bolama e Bafatá não se observam muitas diferenças entre o incremento das máximas e o das mínimas ao longo do período.

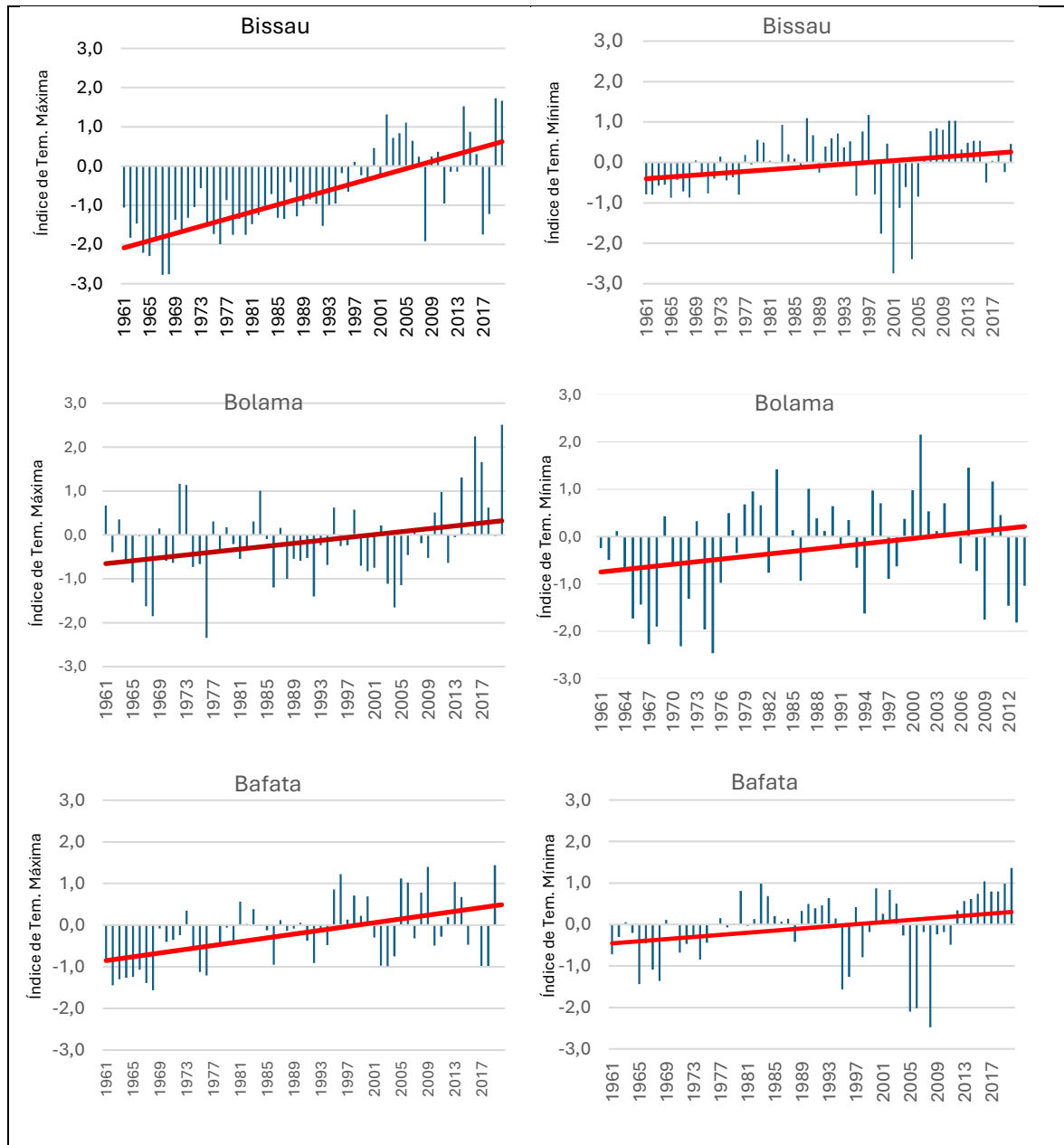


Figura 52. Anomalia de temperatura máxima ( $T_x$ ) e mínima ( $T_n$ ) 1961-2020 em relação a normal 1991-2020

De um modo geral, a ilustração gráfica do teste de Pettitt (figura 53) revelou ruturas na maioria das séries climatológicas 1961-2020 de temperatura a partir do ano 1977. Para as temperaturas máximas em Bissau, a rutura ocorreu em 1994 e em 1977 para as temperaturas mínimas. Até ao ano 1993, a temperatura máxima média era de  $31,5^{\circ}\text{C}$ , aumentando para  $32,3^{\circ}\text{C}$  depois de 1993, enquanto as temperaturas mínimas passaram

de 21,7°C para 22,3°C a partir de 1977. Em Bolama, não foi observada uma rutura na evolução das temperaturas máximas médias, mas nas mínimas médias, a descontinuidade ocorreu em 1977, semelhante ao verificado em Bissau, com as temperaturas passando de 21,8°C para 22,3°C a partir de 1977. Em Bafatá, as ruturas na série climatológica foram todas observadas em 1977. A temperatura máxima média observada até 1976 era de 33,9°C, subindo para 34,5°C a partir de 1977, enquanto a temperatura mínima média passou de 20,4°C até 1976 para 20,9°C a partir de 1977 (figura 53).

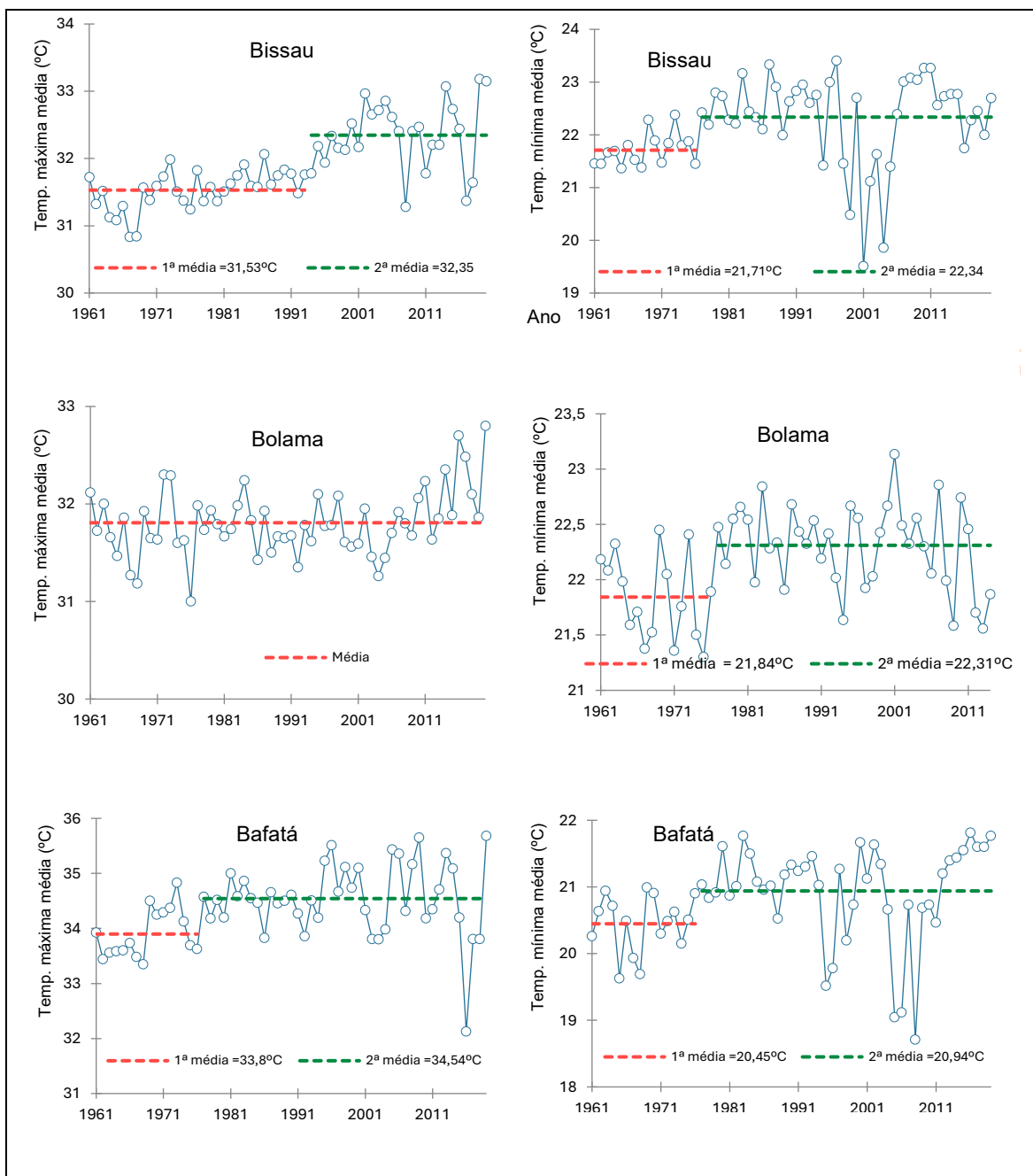


Figura 53. Teste de rutura nas séries de temperatura máxima e mínima média anual 1961-2020, em Bissau, Bolama e Bafatá

## 6.2. Análise dos dados do inquérito

### 6.2.1. Características da população inquirida

Os chefes dos agregados entrevistados têm a idade compreendida entre 24 e 80 anos, com uma média de 49 anos e cada agregado possui, em média, 11 membros na família, com uma grande variação entre as *tabancas*. Entre os 115 chefes de agregado entrevistados, 57,4% têm agregados familiares compostos por 6 a 11 indivíduos. O maior agregado familiar encontrado foi em N'Tchugal, com 46 membros, seguido de Quibil, com 30 membros, conforme indicado na tabela XXXII.

O tamanho do agregado familiar é crucial na atividade de cultivo do arroz de mangal, que exige muita mão de obra para diversas tarefas, como a construção e manutenção dos diques, as atividades de lavoura, o transplante e a colheita.

Tabela XXXII. Características dos agregados entrevistados em diferentes *tabancas* de estudo

Regiões	Tabanca	Nº total dos agregados por tabanca*	Nº de agregados entrevistados	% dos agregados entrevistados	Idade média dos agregados entrevistados	Nº Médio de indivíduos por agregado	Agregado com maior nº de indivíduos
Cacheu	Elalab	86	15	17,4%	51	9	17
	Elia	220**	22	10,0%	53	9	21
Oio	Malafo	16	14	87,5%	45	10	21
	N´ tchugal	76	20	26,3%	44	14	46
Tombali	Quibil	54	19	35,2%	45	11	30
	Cafine	117	25	17,1%	52	11	19

\* Dados fornecidos pelos responsáveis da comunidade local e em colaboração com os serviços de saúde comunitária (2021 e 2022); \*\*Agregado referente a 3 bairros de Elia (Bubon, Ibac e Caen)

### 6.2.2 Perceção dos camponeses sobre a variabilidade e alterações climáticas

#### **Variabilidade da estação chuvosa**

Quanto à perceção do comportamento da estação chuvosa na área estudada, 85% dos camponeses entrevistados afirmam que a estação está cada vez mais seca, enquanto 13% discordam, alegando que a estação chuvosa é agora mais chuvosa do que antes, sendo que cerca de 88% destes últimos são da região de Oio (figura 54).

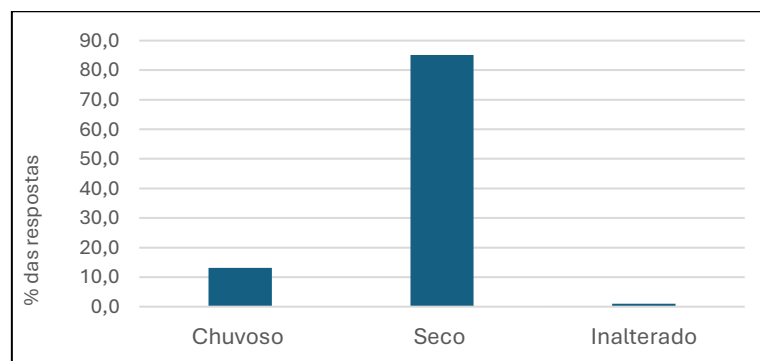


Figura 54. Perceção dos camponeses sobre o comportamento da estação chuvosa.

### 6.2.3. Sinais indicativos do início e do fim da estação chuvosa

Os camponeses conhecem sinais que indicam o aproximar e o fim da estação chuvosa em diferentes regiões do país. Entre os entrevistados, 97,4% conhecem os sinais que marcam o início da estação chuvosa e, da mesma forma, 91,2 % afirmam conhecer os sinais do fim das chuvas, variando essa percentagem conforme a localidade. A tabela XXXIII resume os sinais referidos pelos camponeses para anunciar o início e o término da estação chuvosa.

Tabela XXXIII. Sinais indicativos do início e fim da estação chuvosa

Sinais para o início da estação chuvosa	Sinais para o fim da estação chuvosa
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Surgimento de novas folhas em Baobá ou calabaceira (<i>Adansonia digitata</i>), em farroba (<i>Parkia biglobosa</i>) e renovação das folhas de muitas espécies de árvores;</li> <li>- Queda de folhas de Acácia espinho branco (<i>Faidherbia álvida</i>);</li> <li>- Cântico dos pássaros como Djambatutu**, Nrentu*, Kutú*, Adut* e dos sapos;</li> <li>- Mudanças da posição do sol e das estrelas;</li> <li>- Floração de Pau de sangue, Mandiple** (<i>Spondias mombin</i>) e Poilão (<i>Ceiba pentandea</i>);</li> <li>- Maturação de Farroba (<i>Parkia biglobosa</i>), veludo e Mangas;</li> <li>- Mudanças na direção dos ventos de mar para terra;</li> <li>- Aumento do nível de marés e altas temperaturas;</li> <li>- Presença em abundância de algumas espécies de peixe nos rios;</li> <li>- Sinais distantes dos relâmpagos e barulho de raios;</li> <li>- Mudança de cores em alguns pássaros;</li> <li>- Rebento das ervas nas <i>bolanhas</i> e inhames nos planaltos;</li> <li>- Aumento do número dos insetos;</li> <li>- Sinais de divisão do céu em duas partes;</li> <li>- Frequência das nuvens no céu.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mudança nas cores e queda das folhas de Baobá ou calabaceira (<i>Adansonia digitata</i>);</li> <li>- Surgimento de novas folhas em Acácia espinho branco (<i>Faidherbia albida</i>);</li> <li>- Queda das linhas parecidas com teias de aranha queimada;</li> <li>- Mudança de posição das estrelas;</li> <li>- Cântico de pássaro Hawli*, Naú*, Kutu nghala* e do grilo;</li> <li>- Fortes trovoadas e relâmpagos;</li> <li>- Chegada de aves migratórias;</li> <li>- Sinais do início do tempo frio;</li> <li>- Aumento de brilho solar;</li> <li>- Ventos fortes e dissipação de nuvens;</li> <li>- Floração de erva "Nansinhos***";</li> <li>- Presença de orvalho matinal e ventos frescos;</li> <li>- Surgimento de muitos insetos.</li> </ul>

\*Nomes em etnia Balanta; \*\*Nome em crioulo da Guiné-Bissau

### 6.2.4. Previsão camponesa de uma boa época chuvosa

A respeito da percepção de uma boa época chuvosa antes do início das atividades agrícolas, 33% dos camponeses entrevistados afirmam conhecer os sinais através dos quais se pode esperar uma pluviometria favorável e aguardar uma boa produção. Fazendo uma comparação entre as *tabancas*, podem destacar-se as *tabancas* de Elalab e Elia na região de Cacheu, no Norte, com uma maior percentagem de inquiridos assumindo deter

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

conhecimento sobre os elementos da previsão das chuvas, em contraste com N´tchugal na região de Oio e Quibil em Tombali, com uma maioria expressiva de respondentes negando possuir conhecimento sobre os referidos indicadores de uma boa época chuvosa (tabela XXXIV).

Tabela XXXIV. Conhecimento dos sinais indicativos de uma boa época chuvosa em percentagem

Tabanca	Com conhecimento	Sem conhecimento	%
Elalab	73,3%	26,7%	100%
Elia	40,9%	59,1%	100%
Malafo	38,5%	61,5%	100%
N´tchugal	5,9%	94,1%	100%
Cafine	32,0%	68,0%	100%
Quibil	11,8%	88,2%	100%
Total	33,0%	67,0%	100%

Relativamente ao conhecimento dos sinais que indicam uma boa época chuvosa pelos camponeses, considerando as diferentes faixas etárias, as análises indicam que 16,7% pertencem ao grupo dos 24-40 anos, 52,8% ao grupo dos 41-60 anos, e 30,6% têm mais de 60 anos.

### 6.2.5. Sinais indicadores de boa época chuvosa

Os principais sinais que os camponeses identificam como prenunciadores de uma boa época chuvosa são:

- ✓ Frequência de marés altas e a subida de água salgada nas *bolanhas* durante a época seca;
- ✓ Aumento da intensidade do vento e mudança da sua direção do mar para terra;
- ✓ Aumento da diversidade de espécies de peixes nos rios;
- ✓ Aparição de bichos, insetos e abundância de ervas;
- ✓ Aumento de temperatura nos períodos próximos da época chuvosa;
- ✓ Barulho e agitação nos oceanos;
- ✓ Produção abundante de fole (*Saba senegalensis*) e dos tarrafes nos rios
- ✓ Produção abundante de mel; e
- ✓ Presença de aves migratórias.

A frequência de marés altas e a subida de água salgada nas *bolanhas* durante a época seca, bem como o aumento de intensidade do vento e a mudança da sua direção do mar para terra, constituem os sinais indicadores de uma boa época chuvosa mais frequentemente relatados pelos camponeses (figura 55).

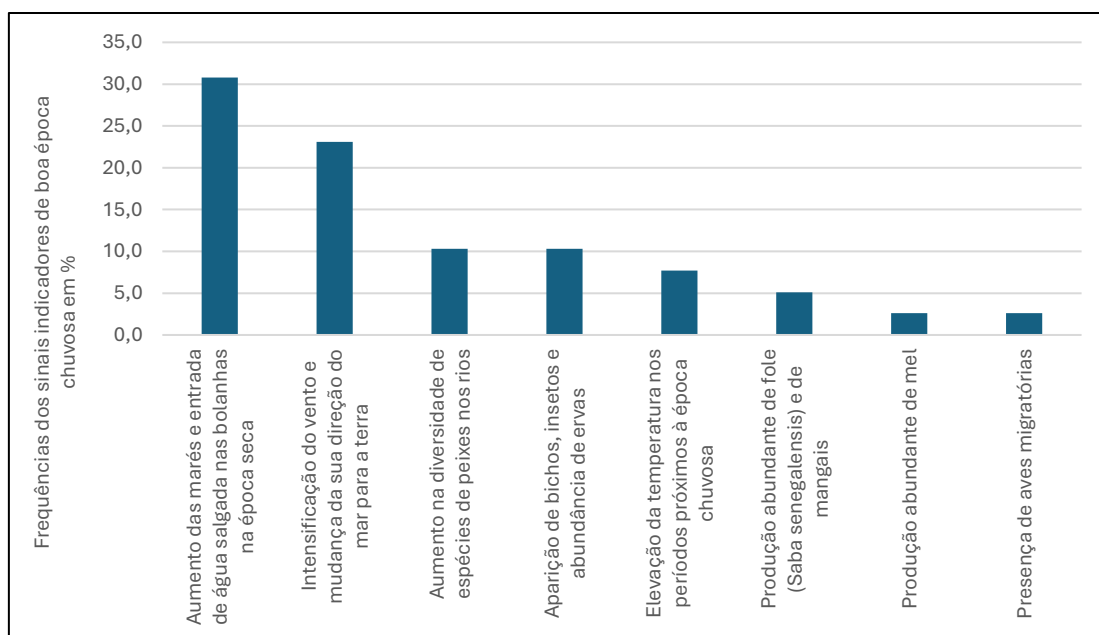


Figura 55. Indicadores da previsão camponesa de uma boa época chuvosa.

#### 6.2.6. Comparação do começo da época das chuvas entre o passado e o presente

A respeito do conhecimento dos camponeses acerca do início da estação chuvosa no passado, 88,2% dos entrevistados indicaram que o mês de maio era o de início da estação chuvosa, enquanto 11,8% referiram o mês de junho como o seu começo. Em relação ao período mais recente, as opiniões divergem: 9,6% acreditam que o mês de maio ainda marca o início da estação chuvosa, com maior destaque para a região de Tombali, enquanto 82,5% consideram que o início se deslocou para junho, e os restantes 7,8% apontam julho como o início da estação chuvosa nos anos mais recentes (tabela XXXV).

Tabela XXXV. Meses de início da estação chuvosa no passado e no presente, referidos pelos camponeses inquiridos.

Regiões	Início de estação chuvosa no passado			Início de estação chuvosa no presente		
	Maio	Junho	Julho	Maio	Junho	Julho
Cacheu	88,9%	11,1%	0%	2,7%	86,5%	10,8%
Oio	90,3%	9,7%	0%	0,0%	96,8%	3,2%
Tombali	85,4%	14,6%	0%	26,2%	64,3%	9,5%
Resumo	88,2%	11,8%	0,0%	9,6%	82,5%	7,8%

#### 6.2.7. Fim da estação chuvosa no passado e no presente

Em relação à data de fim da estação chuvosa no passado (tabela XXXVI), a maioria dos agricultores entrevistados (75,5%) indicou novembro, enquanto 14,5% mencionaram outubro e 9,9% referiram dezembro. Para o término da estação nos períodos mais recentes, as opiniões também variaram: 84,8% apontaram outubro, 7,9% indicaram novembro e

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

7,3% escolheram setembro. Especificamente, aqueles que apontam setembro como o fim da estação chuvosa vivem no norte do país, especialmente na região de Cacheu, nas *tabancas* de Elia e Elalab, onde é sabido que chove menos em relação ao resto do território de estudo (e.g. Mendes & Fragoso, 2023).

*Tabela XXXVI. Meses de fim da estação chuvosa no passado e no presente, referidos pelos camponeses inquiridos.*

Regiões	Fim da estação chuvosa antigamente			Fim da estação chuvosa atualmente		
	Outubro	Novembro	Dezembro	Setembro	Outubro	Novembro
Cacheu	14,7%	70,6%	14,7%	18,8%	71,9%	9,4%
Oio	19,4%	77,4%	3,2%	3,1%	87,5%	9,4%
Tombali	9,5%	78,6%	11,9%	0,0%	95,1%	4,9%
Média	14,5%	75,5%	9,9%	7,3%	84,8%	7,9%

De acordo com estes elementos da percepção camponesa sobre a data de início e fim da estação chuvosa, a duração do período chuvoso tem vindo a encurtar, uma vez que maioritariamente incluem relatos de que a época chuvosa anteriormente se iniciava em maio para terminar em novembro, contrariamente à percepção dominante nos anos recentes, que aponta o começo em junho e o término em outubro. Em conclusão, segundo a sua percepção, os camponeses estimam uma redução da duração da estação chuvosa de seis meses para, aproximadamente, cinco meses.

### 6.2.8. Evolução das temperaturas diurnas e noturnas

Os produtores de arroz de mangal na área de estudo afirmam deter uma boa percepção da no que diz respeito à evolução da temperatura diurna e noturna. Desta feita, 95,4% dos entrevistados afirmam que os dias estão se tornando cada vez mais quentes enquanto apenas 4,6% julgam o contrário, isto é, os dias são cada vez menos quentes. Quanto ao comportamento noturno no mesmo parâmetro, 97% afirma que as noites estão cada vez mais quentes em relação ao passado e 3% percebe o contrário, afirmando que as noites são menos quentes que dantes (Tabela XXXVII).

*Tabela XXXVII. Classificação dos camponeses a respeito evolução das temperaturas diurnas e noturnas (% de respostas).*

<i>Tabancas</i>	Os dias estão mais quentes? (Sim)	Os dias estão menos quente? (Sim)	As noites estão mais quentes? (Sim)	As noites estão menos quentes? (Sim)
Elalab	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%
Elia	90,0%	10,0%	90,0%	10,0%
Malafo	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%
N´tchugal	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%
Cafine	96,0%	4,0%	100,0%	0,0%
Quibil	89,5%	10,5%	94,4%	5,6%
Total	95,4%	4,6%	97,1%	2,9%

#### 6.2.9. Impacto de alterações climáticas na cultura do arroz de mangal

De acordo com os camponeses, os impactos das alterações climáticas na cultura do arroz de mangal variam em função da natureza desses efeitos. Estes impactos abrangem o encurtamento da estação das chuvas, as inundações, seca nas *bolanhas* nos períodos críticos, a chegada tardia das chuvas, altas temperaturas e ventos fortes (tabela XXXVIII).

O encurtamento da estação das chuvas é identificado como um risco significativo, sendo classificado como forte a muito forte por 96,4% dos inquiridos, o que o torna um dos mais alarmantes. Em *tabancas* como Malafo, N'tchugal e Quibil, mais de 90% dos participantes consideraram este fenómeno como tendo uma influência muito forte. Esta redução no período chuvoso compromete o ciclo de desenvolvimento do arroz de mangal, uma cultura que exige uma estação das chuvas prolongada e estável.

No que respeita ao risco de inundações nas *bolanhas*, a perceção entre os agricultores revela-se mais diversificada. Enquanto 54,8% dos inquiridos consideraram este risco como forte ou muito forte, 45,2% avaliaram o risco como muito fraco, fraco ou neutro, sendo a tabanca de N'tchugal um caso de destaque. As inundações podem dificultar o desenvolvimento das plantas, quer por submersão prolongada, quer pela destruição dos diques de proteção, o que interfere negativamente nas atividades agrícolas.

Outro risco largamente reconhecido é o da chegada tardia das chuvas, com 95,5% dos inquiridos a considerarem a sua influência como forte ou muito forte. O atraso no início das chuvas compromete a preparação dos terrenos e o calendário de sementeira, colocando em risco o arranque da campanha agrícola.

A ausência de água nas *bolanhas* durante os períodos críticos do desenvolvimento da planta é o risco que suscita maior preocupação entre os inquiridos, com 86,6% a considerarem a sua influência como muito forte. Em *tabancas* como Elia, N'tchugal e Malefa, esta preocupação é particularmente notória, com 90% ou mais dos participantes a destacarem este problema. A ocorrência de secas em fases críticas do cultivo, como o espigamento ou o enchimento dos grãos, pode comprometer severamente a produtividade do arroz.

As temperaturas elevadas durante os períodos críticos da planta são igualmente vistas como um fator preocupante. Cerca de 77,8% dos inquiridos classificaram este risco como de influência forte ou muito forte. O calor excessivo interfere negativamente na fisiologia do arroz, podendo levar à má formação dos grãos e ao aumento da evapotranspiração.

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

No que diz respeito ao vento forte, 31,5% e 27,0% dos agricultores consideram que ele exerce uma influência forte a muito forte, especialmente durante a fase de maturação que antecede a colheita. Segundo esses agricultores, a presença de vento intenso pode levar ao apodrecimento do arroz quando há acúmulo de água na lavoura. Em contrapartida, 19,8% percebem o impacto do vento forte como fraco ou muito fraco na produção de arroz, enquanto 21,6% avaliam sua influência como neutra em relação ao rendimento agrícola.

Para além dos fatores climáticos que influenciam a cultura do arroz de mangal, os agricultores destacam outros fatores que têm um impacto significativo nas atividades orizícolas nos mangais, nomeadamente:

- Degradação dos diques de proteção;
- Entrada de água salgada nas *bolanhas*;
- Reduzida disponibilidade de mão de obra para a manutenção dos diques de proteção e para as atividades agrícolas.

A ação das ondas e das marés altas, combinada com o aumento do nível médio do mar, está a destruir progressivamente os diques de cintura principal, que evitam a entrada de água salgada nas áreas de cultivo de arroz, tornando a sua manutenção e reabilitação num grande desafio para os camponeses. Além dos fatores climáticos que afetam a produção de arroz, há outros problemas que os camponeses têm enfrentado, como a escavação e perfuração dos diques por algumas espécies de crustáceos, o que permite a entrada de água salgada nas *bolanhas*. Outro desafio é o êxodo rural dos jovens das *tabancas*, que anteriormente representavam a principal força de trabalho para a construção e reparação dos diques, assim como para o cultivo do arroz. Cada vez mais, estes jovens estão a dedicar-se ao mundo académico, investindo na educação e em atividades menos exigentes fisicamente em comparação com a agricultura. Como consequência, as *tabancas* estão a ficar progressivamente com menos jovens.

Tabela XXXVIII. Classificação da influência dos riscos climáticos na cultura do arroz de mangal (% de respostas)

Tabanca	influência de inundações nas bolanhas					Total
	Muito fraca	Fraca	Neutra	Forte	Muito forte	
Cafine	29,2	4,2	8,3	33,3	25,0	100%
Elalab	0,0	46,7	13,3	20,0	20,0	100%
Elia	0,0	36,4	0,0	40,9	22,7	100%
Malafo	0,0	0,0	14,3	14,3	71,4	100%
N 'tchugal	5,0	5,0	85,0	5,0	0,0	100%
Quibil	5,6	11,1	0,0	50,0	33,3	100%
Total	8,0	16,8	20,4	28,3	26,5	100%

Tabanca	influência de encurtamento da estação da chuva					Total
	Muito fraca	Fraca	Neutra	Forte	Muito forte	
Cafine	4,2	0,0	0,0	41,7	54,2	100%
Elalab	6,7	6,7	0,0	6,7	80,0	100%
Elia	0,0	4,5	0,0	27,3	68,2	100%
Malafo	0,0	0,0	0,0	7,1	92,9	100%
N 'tchugal	0,0	0,0	0,0	5,0	95,0	100%
Quibil	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	100%
Total	1,8	1,8	0,0	17,1	79,3	100%

Tabanca	influência dos períodos secos nas bolanhas nos períodos críticos da planta					Total
	Muito fraca	Fraca	Neutra	Forte	Muito forte	
Cafine	4,2	8,3	0,0	0,0	87,5	100%
Elalab	6,7	0,0	0,0	20,0	73,3	100%
Elia	0,0	0,0	0,0	10,0	90,0	100%
Malafo	0,0	0,0	7,1	14,3	78,6	100%
N 'tchugal	0,0	0,0	0,0	10,0	90,0	100%
Quibil	0,0	0,0	0,0	5,9	94,1	100%
Total	1,8	1,8	0,9	8,9	86,6	100%

Tabanca	Influência das altas temperaturas nos períodos críticos da planta					Total
	Muito fraco	Fraco	Neutro	Forte	Muito forte	
Cafine	0,0	20,8	0,0	20,8	58,3	100%
Elalab	0,0	13,3	26,7	33,3	26,7	100%
Elia	0,0	13,6	9,1	36,4	40,9	100%
Malafo	0,0	0,0	30,0	40,0	30,0	100%
N 'tchugal	0,0	10,5	0,0	36,8	52,6	100%
Quibil	5,6	11,1	0,0	11,1	72,2	100%
Total	0,9	13,0	8,3	28,7	49,1	100%

Tabanca	Influência dos ventos fortes na planta do arroz					Total
	Muito fraca	Fraca	Neutra	Forte	Muito forte	
Cafine	8,3	8,3	0,0	20,8	62,5	100%
Elalab	0,0	33,3	40,0	20,0	6,7	100%
Elia	0,0	18,2	31,8	40,9	9,1	100%
Malafo	7,7	0,0	38,5	38,5	15,4	100%
N 'tchugal	5,3	10,5	31,6	47,4	5,3	100%
Quibil	5,6	22,2	0,0	22,2	50,0	100%
Total	4,5	15,3	21,6	31,5	27,0	100%

Tabanca	influência da chegada tardia de chuva					Total
	Muito fraca	Fraca	Neutra	Forte	Muito forte	
Cafine	4,2	12,5	0,0	54,2	29,2	100%
Elalab	6,7	6,7	0,0	46,7	40,0	100%
Elia	0,0	0,0	0,0	45,5	54,5	100%
Malafo	0,0	0,0	14,3	50,0	35,7	100%
N 'tchugal	0,0	0,0	0,0	30,0	70,0	100%
Quibil	0,0	0,0	0,0	72,2	27,8	100%
Total	1,8	3,5	1,8	49,6	43,4	100%

#### 6.2.10. Impactos sobre os elementos do sistema de cultivo

A tabela XXXIX, apresenta os resultados do inquérito aos camponeses relativamente à escolha das variedades de ciclo do arroz de mangal, conforme as *tabancas* da área de estudo. Na região de Cacheu, nas *tabancas* de Elalab e Elia, as variedades mais cultivadas são as de ciclo curto e médio. Em Malafo e N'tchugal na região de Oio, as variedades de ciclo médio são a escolha predominante dos camponeses, enquanto na região de Tombali nas *tabancas* de Quibil e Cafine, as variedades do ciclo médio e longo são as mais usadas pelos camponeses da região, devido às características da região (maior abundância de precipitação) em relação ao resto do território guineense.

Tabela XXXIX. Variedades de arroz produzido nas diferentes *tabancas* com diferentes tipos de ciclo.

Tabancas	Ciclo curto	Ciclo curto e médio	Ciclo médio	Ciclo médio e longo	Ciclo longo	Total em %
Elalab	26,7%	60%	13,3%	0,0%	0,0%	100%
Elia	19,0%	76,2%	4,8%	0,0%	0,0%	100%
Malafo	0,0%	7,1%	78,6%	14,3%	0,0%	100%
N 'tchugal	0,0%	10,0%	75,0%	15%	0,0%	100%
Quibil	5,3%	15,8%	15,8%	31,6%	31,6%	100%
Cafine	4,0%	8,0%	12,0%	40,0%	36,0%	100%

No que diz respeito às diferentes opções na escolha do tipo e ciclo de variedades, os resultados das entrevistas revelam uma grande diversidade de preferências, considerando as características da região, o rendimento da variedade no campo e na cozinha, a preferência alimentar e os rituais culturais de cada *tabanca*. Alguns entrevistados afirmam que nem todos os tipos de arroz podem ser utilizados em cerimónias rituais e culturais e que nem todos são capazes de saciar a fome por muitas horas. As opções de escolha das variedades na região de Cacheu são particulares e diferem das regiões de Oio e Tombali, que são mais semelhantes entre si.

Em Elalab, a primeira e a segunda opções dos agricultores são as variedades Batumpaiabu e Balenabu, enquanto em Elia, na mesma região, as escolhas recaem sobre Etele e Edjur, que apresentam características semelhantes às de Elalab. A primeira opção em Malafo, N'tchugal (Oio) e Quibil (Tombali) é o Caublac, enquanto em Cafine (Tombali) a primeira opção é o Yaca sau. A segunda opção mostra uma diversidade nas quatro *tabancas*, sendo Sampena em Malafo, Malu rassa em N'tchugal, Iaca preto em Cafine e Yaca sau em Quibil. Entre todas as *tabancas*, Cafine destaca-se pela maior diversidade na escolha de variedades, apresentando mais de dez opções diferentes. A tabela XL,

apresenta as seis principais opções de preferência das variedades indicadas pelos camponeses das áreas de mangais.

*Tabela XL. Opções de preferência dos agricultores pelos tipos de variedades cultivadas nas diferentes tabancas.*

Tabancas	1º Opção	2º Opção	3º Opção	4º Opção	5º Opção	6º Opção
Elalab	Batumpaiabu	Balenabu	lakai branco	lakai vermelho	lakai preto	Bakungabu
Elia	Etele	Edjur	lakai vermelho	lakai branco	lakai preto	-
Malafo	Caublac	Sampena	lakai branco	lakai vermelho	Ndolo pok	Buré
N'tchugal	Caublac	Malu rassa	Buré	lakai branco	Sampena	Tom
Cafine	Yaca sau	lakai preto	Caublac	Var.44	Var.56	Nkonton
Quibil	Caublac	Yaca sau	Katako	lakai branco	-	-

No que diz respeito à evolução da produção e da superfície cultivada ao longo dos últimos anos, a análise das respostas da tabela XLI leva-nos a concluir que, na região de Cacheu, a produção diminuiu consideravelmente porque não houve aumento da superfície cultivada e, ao mesmo tempo, deu-se a perda de muitas parcelas devido à penetração da água salgada ou abandono por diminuição total de fertilidade. Por outro lado, houve um aumento da produção em N'tchugal, na região de Oio, bem como em Cafine e Quibil, onde também se verificou um aumento da superfície cultivada. Em Malafo, a situação é mais estável, mas ocorreu ligeira diminuição na produção e na superfície cultivada. Outro fator importante que contribuiu para o aumento da produção em N'tchugal na região de Oio pode estar relacionado com o sistema de gestão da água, que é bem controlado graças à intervenção externa no fornecimento de tubos de drenagem e na criação de um comité de gestão da água. Em Cafine e Quibil, na região de Tombali, houve um aumento da produção, que pode estar associado ao nível de organização local. Além disso, a região de Tombali é considerada a região mais produtiva do país, devido às suas características e à superior abundância de precipitação.

*Tabela XLI. Evolução da produção do arroz e da superfície cultivada no passado e atual*

Tabanca	Evolução da <b>Produção</b>			Evolução da <b>Superfície cultivada</b>	
	Aumentou?	Baixou?	Foi Irregular	Aumentou?	Baixou?
Elalab	13,3%	86,7%	0,0%	16,7	83,3
Elia	4,8%	95,2%	0,0%	8,3	91,7
Malafo	42,9%	50,0%	7,1%	42,9	57,1
N'tchugal	70,0%	15,0%	15,0%	65,0	35,0
Cafine	68,0%	12,0%	20,0%	75,0	25,0
Quibil	63,2%	5,3%	31,6%	85,7	14,3
Total	45,6%	41,2%	13,2%	53,3	46,7

### 6.2.10. Impactos socioeconómicos

Apesar de a produção de arroz de mangal ser a principal fonte de alimentação para a maioria da população rural, muitas vezes a sua produção não cobre as necessidades alimentares durante os 12 meses do ano, levando os camponeses a recorrer a outras atividades complementares para sustentar as despesas alimentares anuais.

A região de Cacheu apresenta uma situação mais deficitária, com uma cobertura alimentar proveniente da cultura do arroz de mangal que varia entre 5 e 10 meses em Elalab e entre 7 e 11 meses em Elia. Alguns agregados familiares não conseguem assegurar os consumos alimentares por mais de 4 ou 5 meses com a produção agrícola anual.

Nas *tabancas* do Sul, a produção anual de arroz consegue suportar as necessidades alimentares durante 11-12 meses e com alguns excedentes de produção para venda, permitindo resolver alguns assuntos familiares, como a compra de roupa, animais para cerimónias de toca-choro, casamentos e outros assuntos domésticos.

De modo geral, a produção de arroz de mangal atende entre 20,2% das necessidades alimentares dos agricultores ao longo de 10 meses do ano e 23,7% durante 11 meses. Por outro lado, só 20,2% dos agricultores conseguem atender plenamente às suas necessidades alimentares durante todo o ano, sendo a região de Tombali aquela que apresenta a maior percentagem nesse aspeto.

A tabela XLII apresenta um resumo que demonstra a cobertura alimentar proporcionada pelo cultivo de arroz de mangal para um dado agregado familiar, em diferentes *tabancas* estudadas.

Tabela XLII. Cobertura alimentar do cultivo de arroz de mangal, em número de meses por o ano, nas diferentes *tabancas*.

How many months does your mangrove rice production ensure your diet?										
Tabanca	3	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
Elalab	0,0%	6,7%	13,3%	26,7%	6,7%	26,7%	20,0%	0,0%	0,0%	100%
Elia	4,8%	4,8%	0,0%	14,3%	9,5%	9,5%	33,3%	19,0%	4,8%	100%
Malafo	0,0%	0,0%	7,1%	14,3%	14,3%	21,4%	14,3%	14,3%	14,3%	100%
N´ tchugal	0,0%	0,0%	0,0%	5,0%	20,0%	25,0%	20,0%	15,0%	15,0%	100%
Cafine	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	12,0%	40,0%	48,0%	100%
Quibil	0,0%	0,0%	0,0%	10,5%	0,0%	0,0%	21,1%	42,1%	26,3%	100%
Total (%)	0,9%	1,8%	2,6%	10,5%	7,9%	12,3%	20,2%	23,7%	20,2%	100%

Conscientes de que a produção de arroz de mangal não é suficiente para cobrir as despesas alimentares durante todo o ano, 92% dos chefes de família desenvolveram outras atividades geradoras de rendimento para suprir necessidades básicas, como a compra de

roupa, investimento na educação das crianças, saúde do agregado, saneamento da casa e outras exigências, adaptando-se à disponibilidade e características de cada tabanca (tabela XLIII). Na região de Cacheu, nas *tabancas* de Elia e Elalab, a pesca é considerada a segunda atividade mais importante, permitindo ajudar a cobrir as despesas alimentares e as necessidades básicas da família. Na região de Oio (em N'tchugal), a plantação de caju e a venda de animais são fontes de rendimento para várias despesas do agregado familiar. No Sul do país, na região de Tombali, além da agricultura, há uma maior diversidade de atividades geradoras de rendimento, como a pesca, plantação de caju, venda de animais, entre outras.

Outras atividades geradoras de rendimento, embora menos praticadas pelos agregados familiares nessas três regiões, incluem:

- Construção civil (pedreiros e carpinteiros)
- Extração de vinho e óleo de palma
- Venda de carvão
- Professores do ensino básico
- Trabalhos sazonais nas plantações de caju
- Horticultura
- Extração de sal para cozinha, entre outras.

Alguns agregados familiares, especialmente na região de Tombali, dependem exclusivamente da cultura do arroz de mangal. As colheitas são suficientes para cobrir as despesas alimentares, e os excedentes de produção são vendidos para satisfazer as necessidades básicas do agregado ao longo do ano.

*Tabela XLIII. Outras atividades suplementares e geradoras de rendimento para o sustento alimentar do agregado.*

Tabancas	Pesca	Pesca e outras atividades	Venda de caju	Outras atividades	Venda de animais	Pequeno comércio	Sem outra atividade	Total
Elalab	73,3%	13,3%	0,0%	6,7%	0,0%	6,7%	0,0%	100%
Elia	50,0%	27,3%	9,1%	13,6%	0,0%	0,0%	0,0%	100%
Malafo	0,0%	0,0%	71,4%	14,3%	0,0%	7,1%	7,1%	100%
N´tchugal	0,0%	0,0%	30,0%	25,0%	40,0%	0,0%	5,0%	100%
Cafine	20,0%	16,0%	8,0%	12,0%	4,0%	12,0%	28,0%	100%
Quibil	10,5%	5,3%	57,9%	0,0%	26,3%	0,0%	0,0%	100%
Total (%)	25,2%	11,3%	27,0%	12,2%	12,2%	4,3%	7,8%	100%

#### 6.2.11. Modos de aquisição de terras agrícolas

O processo de aquisição de terras agrícolas nas diferentes aldeias é bastante semelhante, sendo que a forma mais comum segue o princípio de herança dos pais para

os filhos ou dos tios para os sobrinhos. Também existem outras maneiras de adquirir terras, como a doação de um conhecido, a compra, a troca de animais por terras de cultivo, o empréstimo ou a criação de novas terras agrícolas através do corte de mangais (figura 56).

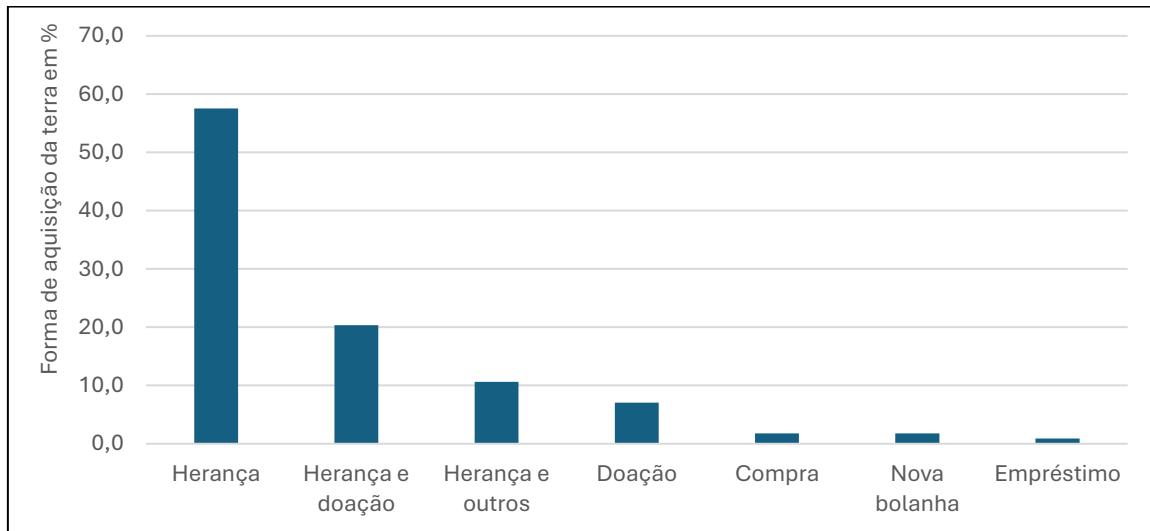


Figura 56. Modos de aquisição de terras agrícolas em diferentes tabancas.

### 6.2.12. Estratégias e práticas de adaptação camponesa

Os agricultores produtores de arroz de mangal desenvolveram várias estratégias de adaptação aos eventos climáticos danosos para as culturas, como interrupções prolongadas das chuvas durante o cultivo, inundações das áreas cultivadas, penetração de água salgada nas *bolanhas*. Além disso, em situações de baixa produtividade das parcelas, os agricultores recorrem também a estratégias para aumentar a produção.

Em caso de pausas prolongadas das chuvas durante o cultivo, os camponeses adotaram as seguintes estratégias:

- Abertura de canais para a entrada de água disponível noutros canais nas parcelas;
- Cultivo no planalto enquanto aguardam o regresso das chuvas;
- Manutenção dos diques;
- Lavrar a parte mais baixa e húmida;
- Lavrar a seco sem semear para ganhar tempo;
- Realizar atividades de pesca;
- Realizar outras atividades;

Em caso de inundações pluviais nas áreas cultivadas, os camponeses adotam as seguintes estratégias:

- Corte do dique para libertar água;
- Remoção de água com bombas, se disponíveis;
- Remoção de água através de canais suplementares;

- Realizar outras atividades, deixando a água escoar e retomando os trabalhos posteriormente.

Quanto à entrada de água salgada nas parcelas, o procedimento é o mesmo aplicado em casos de inundação pluvial, seguido da lavagem do sal com água doce para eliminar completamente o sal.

Perante a fraca produtividade da parcela, os camponeses utilizam as seguintes estratégias:

- Aplicam adubos orgânicos à base de palhas de arroz e excrementos de vaca;
- Aumentam a altura dos diques e aprofundam canais de reserva da água que ficam paralelos ao dique na parcela para drenar o sal da parcela para a profundidade;
- Deixar a bolanha repousar durante um ano;
- Introduzir água salgada para matar ervas daninhas;
- Lavrar na época seca, enterrando as palhas do arroz deixado como estrume; e
- Outras medidas, como alterar a técnica de produção e o sistema de cultivo, trocar de variedades e gerir bem a água.

#### 6.2.13. Adaptação aos cenários climáticos futuros

Antevendo os cenários climáticos futuros, os agricultores têm considerado diferentes formas de resiliência visando adaptar-se aos impactos climáticos que possam prejudicar o cultivo do arroz nos mangais, especialmente devido à possível diminuição da precipitação num futuro próximo. Entre as estratégias mencionadas pelos camponeses entrevistados, destacam-se as seguintes:

- Prática de pesca e outras atividades associadas;
- Transição para o cultivo em planaltos e diversificação da produção agrícola;
- Plantação de caju, como alternativa à produção de arroz de mangais;
- Criação e venda de animais;
- Migração e trabalhos sazonais;
- Pequeno comércio; e
- Outras atividades, como extração de óleo e vinho de palma, extração de sal, produção de carvão para cozinha, colheita e venda de frutos silvestres e construção civil.

Nota-se que as estratégias de adaptação dos camponeses para enfrentar a deterioração climática no futuro se baseiam, sobretudo, no recurso a atividades secundárias, ou complementares, que anteriormente praticavam para compensar a falta de produção agrícola. Em Elalab, Elia e Cafine, a solução está mais focada na pesca e em

outras atividades associadas, enquanto em Malafo e N'tchugal passa mais pela transição para o cultivo em planalto e na diversificação da produção agrícola, com culturas menos exigentes em consumo hídrico, não requerendo precipitação tão elevada. Já em Quibil, as opções são mais diversificadas, incluindo a pesca, criação de gado, cultivo em planalto, entre outras.

### 6.3. Discussão

Nas *bolanhas* da Guiné-Bissau, a cultura do arroz de mangal é estreitamente dependente da ocorrência das chuvas e a percepção dos sinais naturais pelos camponeses é muito importante, na medida em que permite prever a chegada e o fim da estação da chuva, bem como o seu comportamento durante toda o período chuvoso. Entre os sinais indicativos do início da estação chuvosa mencionados pelos agricultores, destacam-se o surgimento e a renovação das novas folhas de diversas espécies de árvores, o canto dos pássaros, a mudança da posição do sol e das estrelas, entre outros. O fim do tempo chuvoso é assinalado por alterações na cor das folhas de algumas árvores, o canto dos pássaros, a chegada de aves migratórias, a presença de orvalho matinal e ventos frescos. Também na literatura se destaca o papel do conhecimento tradicional na previsão do comportamento das chuvas através de sinais como a posição dos astros durante a noite, o canto de certos pássaros e o florescimento das árvores (Ngana et al., 2013; Peyrusaubes, 2010). No presente estudo mostrou-se que o conhecimento empírico dos camponeses sobre a variabilidade dos parâmetros climáticos, sobretudo da temperatura e da precipitação, se alinha largamente com as evidências extraídas do conhecimento científico. A maioria dos agricultores afirma que as estações chuvosas estão cada vez menos pluviosas, tendo o seu início típico passado de maio para junho, e o seu final de novembro para outubro, demonstrando assim uma tendência de diminuição da duração do período chuvoso ao longo dos anos, conforme mostrado por Mendes (2017). Os resultados de Rauch et al. (2019), Vellinga et al. (2013) e de Liebmann et al., (2012) sobre o início da chuva na África Ocidental confirmam esta percepção empírica dos agricultores, situando o início da estação chuvosa entre maio e junho, e o fim entre outubro e novembro. As análises dos dados climáticos de precipitação no presente estudo, desde 1961 até 2020, indicaram uma forte variabilidade, traduzida por uma sucessão de flutuações de períodos secos e húmidos, mas revelando uma tendência geral de diminuição da precipitação anual ao longo do período, tal como foi já confirmado por Mendes & Fragoso (2024), em relação ao território da Guiné-Bissau. Igualmente confirmando a interpretação dos agricultores sobre

a variabilidade pluviométrica recente em consonância com a literatura científica, IPCC (2022) e Ta et al. (2016) em relação à África Ocidental, bem como Kouman et al. (2022) na Costa do Marfim, identificaram tendências decrescentes da precipitação. Neste trabalho, a rutura identificada na série climatológica a partir de 1980 em Bafatá indica uma tendência de diminuição da precipitação, o que está em consonância com alguns estudos realizados na sub-região, como os de Maléki et al. (2014), Mballo et al. (2019) e Pierre et al. (2017), que descrevem ruturas na série de precipitação entre 1970 e 1980 na Mauritânia, Senegal, Burkina Faso, Níger e Mali. Em contraste, não se observam ruturas em Bissau e Bolama, apesar das tendências de diminuição da precipitação.

Relativamente às temperaturas, os agricultores entrevistados afirmam que os dias e as noites estão cada vez mais quentes. Esta interpretação está alinhada com os resultados da análise das temperaturas máximas e mínimas em diferentes localidades do país, que têm registado um aumento considerável ao longo dos anos, corroborando os resultados de Mendes & Fragoso (2024), OMM (2022), Barry et al. (2018), Dosio (2017) e Nikiema et al. (2017) que avaliaram o aumento das temperaturas na África Ocidental a partir de 1960. As ruturas observadas nas séries de temperatura, confirmadas através do teste não paramétrico de Pettitt, indicam um aumento deste parâmetro no período 1961-2022 a nível nacional. Este resultado está ainda em concordância com os estudos realizados por diversos autores (Boubacar et al. 2020; Ly et al. 2013; Salack et al. 2015) na África Ocidental e no Sahel.

Os impactos nefastos das alterações climáticas que os agricultores enfrentam são, principalmente, a falta de água nas *bolanhas* durante períodos críticos do desenvolvimento do arroz, o início tardio e o fim precoce das chuvas, e as altas temperaturas. Estes relatos correspondem às conclusões de várias publicações científicas a nível nacional e mundial (Mendes & Fragoso, 2023, 2024; Chauhan et al., 2017; Mendes, 2017; Yoshida, 1981). Em relação aos elementos do sistema produtivo, as respostas dos camponeses indicam que a seleção das variedades depende de cada região e é condicionada ao regime pluviométrico ou pelo rendimento no campo e na gastronomia. Estas afirmações estão em consonância com os resultados de Martiarena & Temudo (2024), no seu estudo sobre aprendizagem endógena e inovação na agricultura familiar na Guiné-Bissau.

Na região de Cacheu, cultivam-se mais variedades de ciclo curto em associação com variedades de ciclo médio, enquanto em Oio predomina a variedade de ciclo médio. Em Tombali, a região mais chuvosa, os agricultores preferem variedades de ciclo médio e longo. Em termos de avaliação da produção nos últimos anos, 45,6% acreditam que a produção aumentou, enquanto 41,2% relatam uma diminuição, e 13,2% referem a

irregularidade da produção. Nota-se também que os que defendem ter ocorrido um aumento da produção são principalmente das aldeias da região (Tombali) com maior volume pluviométrico (Quibil e Cafine) ou que possuem uma boa gestão de água nas parcelas (N´tchugal), tendo ao mesmo tempo aumentado a superfície cultivada. As produções anuais da maioria dos agricultores não permitem cobrir as suas despesas alimentares anuais, sobretudo na região Norte. Este facto leva-os a recorrer a outras atividades secundárias ou complementares para suprir o défice da produção, visto como uma estratégia para combater a insegurança alimentar na comunidade.

Os agricultores das áreas de mangal desenvolveram diferentes estratégias de adaptação aos eventos climáticos. Em caso de seca prolongada no momento do cultivo, escolhem áreas mais profundas com alguma humidade para lavrar ou fazem a lavoura a seco para ganhar tempo, ou ainda se dedicam a outras atividades relacionadas com a gestão da parcela. Em caso de inundações das áreas cultivadas pelas chuvas, alguns agricultores cortam diques para libertar a água ou utilizam bombas para desviar a água para os canais principais. Esta técnica é também aplicada no caso de entrada de água salgada, seguida da lavagem da parcela com água doce. Para melhorar a produção, os agricultores utilizam adubos orgânicos constituídos por palha de arroz e excrementos de vaca ou recorrem à técnica de aumentar a altura dos diques e a profundidade dos canais para a lixiviação do sal da parcela.

### 6.4. Conclusão

Os agricultores de mangal utilizam arados e pás como meios de produção para o cultivo, bem como para a construção e manutenção dos diques de proteção, sendo todo o trabalho realizado manualmente. O cultivo de arroz de mangal é a principal fonte de sustento para os camponeses das áreas costeiras da Guiné-Bissau, especialmente nas regiões de Cacheu, Oio e Tombali, proporcionando alimento e rendimento para muitas famílias. Estas comunidades têm observado, ao longo dos anos, a evolução dos parâmetros agroclimáticos essenciais para a produção agrícola da qual dependem para a sua sobrevivência. As precipitações diminuíram e o período chuvoso tornou-se cada vez mais irregular, afetando o seu início e fim, o que compromete o cultivo das variedades de arroz de ciclo longo, que necessitam de maior quantidade de água. Por outro lado, o aumento das temperaturas (máxima e mínima médias anuais) também representa um fator de potencial agravamento do balanço hidrológico nos solos e de menor disponibilidade hídrica para a cultura do arroz.

Os resultados das entrevistas com os camponeses sobre a sua percepção empírica denotam uma boa correspondência geral com as evidências obtidas através de diversos estudos científicos de investigação.

Os impactos das alterações climáticas que os agricultores enfrentam incluem a maior irregularidade do início e fim da estação chuvosa, as paragens prolongadas da chuva em momentos críticos do desenvolvimento do arroz, as inundações pluviais, a invasão de água salgada nas *bolanhas*, as altas temperaturas, e têm como consequência, a diminuição de produção, no caso de estudo presente, do arroz de mangal.

Para enfrentar os impactos das alterações climáticas, os camponeses desenvolveram diversas estratégias de adaptação, que incluem a utilização de diferentes variedades de arroz, mecanismos para aumentar a produção em parcelas pouco produtivas através de adubos orgânicos e técnicas de cultivo, bem como formas de gerir a falta ou o excesso de água nas *bolanhas*. A maioria das terras agrícolas é herdada ou doada de pais para filhos, e a produção anual não consegue cobrir as despesas alimentares em grande parte dos agregados, sobretudo na região Norte (Cacheio e Oio). Perante esta situação, os agricultores adotam estratégias de adaptação, dedicando-se a outras atividades para colmatar o défice de produção do arroz, como a pesca e venda de produtos do pescado, a criação e venda dos animais, a plantação e comercialização de caju, horticultura, extração de carvão, e produção de vinho e óleo de palma, trabalhos sazonais e as migrações temporárias. O aumento e a recuperação da superfície cultivada nos mangais, bem como a gestão eficaz da água nas parcelas, permitiram, nalgumas regiões, o aumento da produção de arroz, como na região de Tombali e em N'tchugal. Por outro lado, na região de Cacheu, verificou-se uma redução da produção devido aos efeitos das alterações climáticas, manifestados pela perda de superfície cultivada e pela invasão de água salgada do mar.

A incerteza quanto ao futuro do clima e os seus impactos na vida quotidiana dos camponeses é uma preocupação da qual eles estão bem conscientes. Contudo, estão cada vez mais capacitados e resilientes, desenvolvendo e planeando estratégias que poderão servir como soluções no futuro para enfrentar os eventos climáticos adversos.

O abandono da prática de cultivo do arroz de mangal pelos jovens das aldeias, em favor dos estudos académicos e do investimento na formação, torna esta cultura ainda mais vulnerável aos riscos associados à invasão da água salgada nas parcelas, devido à falta de mão de obra para as atividades de manutenção e construção dos diques de

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

proteção. A integração das alterações climáticas nas políticas de desenvolvimento rural e comunitário, pelas entidades políticas responsáveis pelo setor agrícola, poderá contribuir para o aumento da produção e para a manutenção da fileira do arroz de mangal, dada a sua importância na dieta alimentar do país.

A integração das alterações climáticas nas políticas de desenvolvimento rural e comunitário pelas autoridades responsáveis pelo setor agrícola poderá aumentar a resiliência dos agricultores, ajudando-os a adaptar-se aos riscos climáticos. A diversificação das medidas e estratégias contribuirá para o aumento da produção e a preservação da cultura do arroz de mangal, devido à sua importância para a alimentação da população.

## CAPÍTULO 7. MONITORIZAÇÃO DO CLIMA ATUAL NAS REGIÕES COSTEIRAS (2022/2024): CONTRIBUTOS PARA O CONHECIMENTO DAS CONDICIONANTES CLIMÁTICAS DO ARROZ DE MANGAL NO CACHEU, OIO E TOMBALI.

### 7.1 Características climáticas gerais

A precipitação anual oscila entre cerca de 1100 mm nas regiões menos chuvosas e mais de 2000 mm nas áreas com maior pluviosidade, apresentando um padrão de distribuição que decresce do Sudoeste para o Nordeste do território. O período entre finais de maio e o início de novembro constitui a época chuvosa, com os valores mais elevados de precipitação nos meses de julho, agosto e setembro. A temperatura média anual situa-se entre os 25,5°C e os 27,1°C. As regiões costeiras do Noroeste registam os valores térmicos médios mais baixos, enquanto as regiões do Sul e Sudeste do país, bem como os arquipélagos, apresentam as temperaturas médias mais elevadas. Ao longo do ano, as temperaturas mais altas são observadas nos meses de abril e maio, enquanto o período menos quente se verifica em dezembro e janeiro de cada ano. As amplitudes térmicas, tal como os níveis de radiação solar, tendem a ser mais acentuadas durante a estação seca e menos pronunciadas na estação das chuvas, período que coincide com os níveis mais elevados de humidade relativa do ar. A menor radiação solar observada na época chuvosa, sobretudo nos meses de julho, agosto e setembro, deve-se às condições de nebulosidade mais persistentes nesse período. As velocidades médias mensais do vento oscilam aproximadamente entre 1 e 2 m/s, sendo raro que os valores máximos atinjam os 10 m/s, registando-se, contudo, períodos de vento forte mais frequentes durante a estação chuvosa.

A tabela XLIV apresenta os valores estatísticos médios, desvio padrão e os extremos mensais de precipitação, temperatura, radiação solar, humidade relativa e velocidade do vento nas três regiões de estudo, representadas pelas estações de Cacheu (Região de Cacheu) estação de Malafo (Região de Oio) e estação de Cafine (Região de Tombali).

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

Tabela XLIV. Valores estatísticos médios, desvio padrão e extremos mensais de precipitação, temperatura, radiação solar e humidade relativa (período 2022-2024) nas três áreas de estudo.

### Cacheu

Mês	Precipitação total mensal (mm)				Temperaturas médias mensais (°C)				Radiação total mensal (MJ/m <sup>2</sup> )				Humidade relativa média (%)				Velocidade do vento (m/s)			
	Média	Desv.P.	Máx.	Mín.	Média	Desv.P.	Máx.	Mín.	Média	Desv.P.	Máx.	Mín.	Média	Desv.P.	Máx.	Mín.	Média	Desv.P.	Máx.	Mín.
Jan	0,7	0,6	1,4	0,7	24,3	2,5	26,6	21,7	438,4	68,0	486,5	390,3	64	24	89	41	0,7	0,2	2,1	0,2
Fev	1,4	0,9	2,5	1,4	25,4	2,4	28,1	23,2	490,3	36,9	521,8	449,8	61	26	87	35	0,9	0,4	2,5	0,2
Mar	1,1	0,9	2,5	1,1	26,1	2,6	28,8	23,6	578,7	9,3	589,2	571,4	63	21	81	39	1,0	0,4	2,8	0,2
Abr	0,7	0,2	0,9	0,7	26,9	3,2	30,2	23,7	543,6	18,3	557,3	522,8	68	15	83	53	1,2	0,5	3,0	0,4
Mai	18,7	13,1	29,7	18,7	28,0	2,9	30,7	25,0	533,1	59,0	598,6	484,1	73	15	91	61	1,4	0,5	3,3	0,4
Jun	127,9	57,8	207,1	127,9	27,7	2,8	29,8	24,2	473,2	18,3	485,7	452,3	81	13	93	68	1,4	0,5	3,5	0,5
Jul	421,2	119,5	541,3	421,2	26,7	2,6	29,2	24,0	412,3	31,9	436,1	376,0	89	12	100	76	1,6	0,8	5,0	0,5
Ago	435,5	39,7	491,5	435,5	26,3	2,3	28,9	24,3	390,8	9,5	399,3	380,5	91	8	99	83	1,8	0,3	3,6	0,4
Set	474,6	109,2	611,9	474,6	26,3	2,5	28,9	23,9	386,8	51,5	422,3	327,8	91	9	100	83	1,7	0,2	3,0	0,4
Out	185,8	30,0	227,1	185,8	27,0	2,4	28,6	23,8	454,4	5,1	460,1	450,2	89	9	97	80	1,2	0,4	2,6	0,4
Nov	2,8	1,3	4,5	2,8	26,0	3,5	28,5	21,5	437,9	18,4	459,1	426,7	81	15	91	62	1,0	0,3	2,4	0,3
Dez	3,0	2,0	5,8	3,0	24,0	2,6	26,6	21,4	392,0	8,8	400,2	382,7	70	17	82	48	0,7	0,1	2,0	0,2

### Malafo

Mês	Precipitação total mensal (mm)				Temperaturas médias mensais (°C)				Radiação total mensal (MJ/m <sup>2</sup> )				Humidade relativa média (%)				Velocidade do vento (m/s)			
	Média	Desv.P.	Máx.	Mín.	Média	Desv.P.	Máx.	Mín.	Média	Desv.P.	Máx.	Mín.	Média	Desv.P.	Máx.	Mín.	Média	Desv.P.	Máx.	Mín.
Jan	1,2	0,9	2,4	0,2	23,8	2,4	26,4	21,5	455,98	33,29	475,33	417,54	67	25	89	40	0,9	0,1	2,3	0,3
Fev	1,0	0,5	1,7	0,7	25,6	3,4	29,2	22,5	453,05	22,26	478,40	436,67	64	26	83	31	1,0	0,1	2,8	0,3
Mar	1,1	0,5	1,6	0,4	27,4	2,5	29,7	24,8	542,39	35,51	574,53	504,28	65	24	80	33	1,1	0,1	2,9	0,4
Abr	0,4	0,0	0,4	0,4	28,9	3,1	31,9	25,7	567,30	17,68	587,69	556,17	68	18	81	45	1,2	0,1	3,3	0,3
Mai	14,0	8,4	25,7	7,6	29,6	3,3	32,4	25,8	550,84	48,61	583,29	494,94	72	22	97	53	1,3	0,1	3,2	0,2
Jun	96,6	50,8	135,8	24,8	27,9	4,1	31,6	23,4	481,86	20,49	503,88	463,36	83	16	99	66	1,1	0,1	3,6	0,1
Jul	201,1	94,0	291,4	71,4	26,5	2,7	29,2	23,7	448,73	38,48	471,59	404,30	94	9	100	82	1,0	0,0	3,1	0,1
Ago	537,4	47,8	594,7	477,8	26,0	2,0	28,4	24,3	422,24	19,99	444,69	406,35	97	6	100	89	0,9	0,1	6,8	0,0
Set	372,0	130,8	530,8	210,4	26,0	2,3	28,1	23,6	431,09	49,54	481,34	382,30	97	6	100	89	0,9	0,0	3,3	0,0

Orlando Mendes

Out	251,3	78,6	357,8	170,5	26,6	2,7	28,4	23,1	424,95	119,70	509,49	287,98	96	7	100	86	0,8	0,1	2,8	0,0
Nov	4,8	1,6	6,9	3,2	25,6	3,0	28,0	22,0	429,77	28,64	450,74	397,14	88	15	98	68	0,8	0,1	2,2	0,4
Dez	4,0	3,1	8,2	0,9	23,4	3,7	27,7	20,3	416,09	16,37	434,99	406,27	77	21	89	49	0,9	0,1	2,3	0,3

Cafine

Mês	Precipitação total mensal (mm)				Temperaturas médias mensais (°C)				Radiação total mensal (MJ/m <sup>2</sup> )				Humidade relativa média (%)				Velocidade do vento (m/s)			
	Média	Desv.P	Máx.	Mín.	Média	Desv.P.	Máx	Mín.	Média	Desv.P.	Máx.	Mín.	Média	Desv.P.	Máx.	Mín.	Média	Desv.P.	Máx.	Mín.
Jan	2,0	1,1	3,0	0,9	25,2	2,1	27,0	22,9	434,2	63,1	499,1	373,2	76	25	93	44	1,4	0,2	4,4	0,2
Fev	1,7	0,5	2,6	0,7	26,5	2,3	29,0	24,4	434,5	83,8	491,7	338,3	74	20	89	49	1,6	0,2	5,5	0,3
Mar	1,6	1,1	2,7	1,6	27,4	1,9	29,4	25,5	520,9	126,0	617,2	378,3	74	19	87	49	1,7	0,2	4,7	0,3
Abr	0,3	0,2	0,5	0,3	27,9	2,4	30,4	25,5	528,6	140,2	617,2	366,9	77	14	85	58	1,8	0,2	5,7	0,3
Mai	22,3	23,2	55,1	22,3	29,0	2,5	31,1	26,1	526,9	63,3	592,7	466,4	78	14	92	63	1,9	0,2	6,1	0,2
Jun	124,7	84,3	194,8	124,7	27,8	2,7	29,8	24,4	475,3	21,2	489,4	450,9	86	12	99	76	2,0	0,2	12,4	0,1
Jul	520,9	151,3	731,2	520,9	26,5	2,0	28,4	24,4	399,5	43,4	441,9	355,1	95	8	100	85	2,1	0,5	23,1	0,1
Ago	764,0	220,7	1062,0	764,0	26,2	2,0	28,1	24,2	373,4	30,7	406,4	345,5	97	4	100	92	1,8	0,4	19,7	0,1
Set	438,7	133,7	618,5	438,7	26,5	1,9	28,6	24,8	421,3	52,8	456,8	360,6	96	5	100	91	1,7	0,4	11,9	0,1
Out	355,5	170,0	593,3	355,5	26,7	2,5	29,1	24,1	482,9	35,4	521,5	452,0	95	6	99	88	1,6	0,3	16,3	0,1
Nov	32,4	20,0	56,5	32,4	27,0	2,6	29,2	23,9	452,9	5,2	458,6	448,3	92	9	100	82	1,4	0,2	4,0	0,1
Dez	3,4	1,5	5,0	3,4	24,9	3,5	27,4	20,5	422,1	46,3	458,3	370,0	83	18	94	59	1,4	0,3	4,2	0,2

### 7.1.1. Radiação Solar

De um modo geral, a radiação solar média diária varia entre os 15 MJ/m<sup>2</sup> e os 17 MJ/m<sup>2</sup>, evidenciando uma certa estabilidade na disponibilidade de radiação solar nestas três regiões do país, apesar das muito expressivas flutuações diárias registadas (figura 57, *box-plots* da radiação solar diária nas 10 estações Malmon). Numa apreciação global, os valores médios da radiação solar nas regiões costeiras da Guiné-Bissau são relativamente elevados no contexto regional da África Ocidental (Diabaté et al., 2004).

As localidades de Quibli e Elalab destacam-se por apresentarem medianas ligeiramente superiores, acompanhadas de uma variabilidade mais acentuada, o que aponta para uma maior incidência solar, mas também para uma maior oscilação nos valores registados. Por outro lado, São Domingos e Cafine apresentam medianas um pouco inferiores face às restantes localidades. Já em Bissorã, curiosamente, observa-se uma amplitude considerável entre os valores mínimos e máximos, não obstante ser a estação que apresenta o menor valor do intervalo interquartilico. Ainda no que diz respeito à distribuição estatística dos dados, a figura 57 evidencia que localidades como São Domingos, N'tchugal, Bissorã e Malafo – quatro das estações menos próximas do oceano - apresentam distribuições mais ligeiramente concentradas, o que indica uma menor variação diária na radiação solar registada nestas localidades.

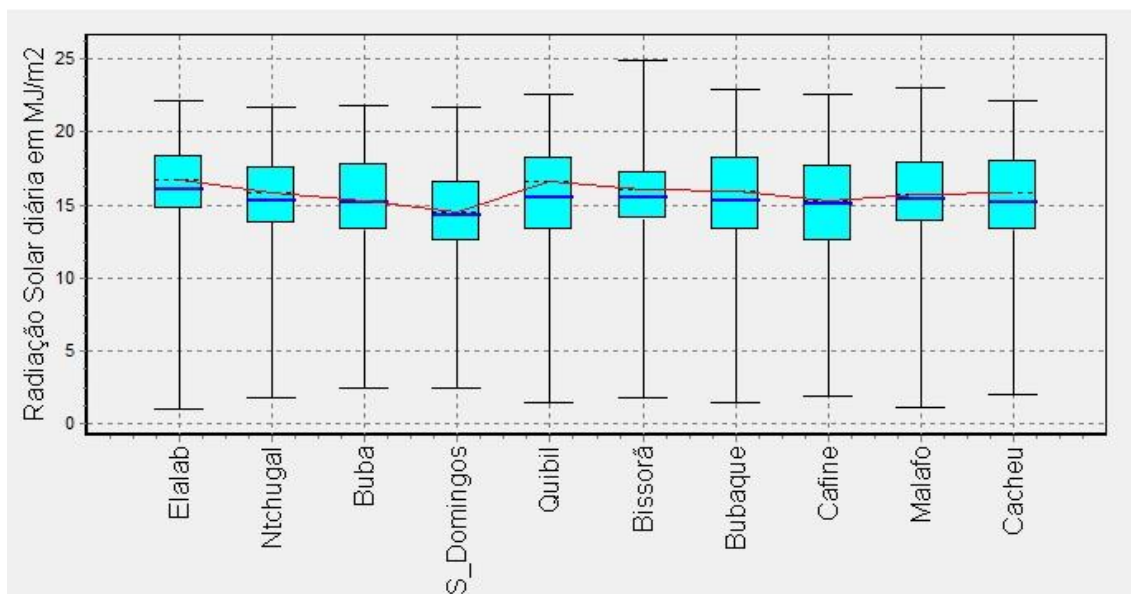


Figura 57. Distribuição da radiação solar diária em MJ/m<sup>2</sup> em diferentes áreas de estudo (esquerda) (2022-2024). Linha vermelha (ligação entre as medianas) e linha azul (média de radiação solar)

No que diz respeito à comparação entre as localidades analisadas, destaca-se Malafo pela maior regularidade nos níveis de radiação solar ao longo do ano. Cacheu

apresenta o pico máximo de radiação no mês de março. Por outro lado, Cafine revela valores relativamente mais baixos de janeiro a setembro, mas regista os níveis mais elevados entre outubro e dezembro, em comparação com as restantes localidades.

Ao longo do ano, a radiação solar evidencia um comportamento sazonal bem marcado, como seria de esperar num contexto de clima tropical com alternância de estação seca e húmida (Diabaté et al, 2004), com máximos observados entre os meses de março e maio. No período compreendido entre junho e agosto, correspondente à estação chuvosa, regista-se uma redução acentuada na radiação incidente, justificada pela intensificação da nebulosidade atmosférica. A partir de setembro, verifica-se uma recuperação gradual dos valores médios mensais, embora seguida por nova diminuição nos meses de novembro e dezembro (Tabela XLIV e Figura 58).

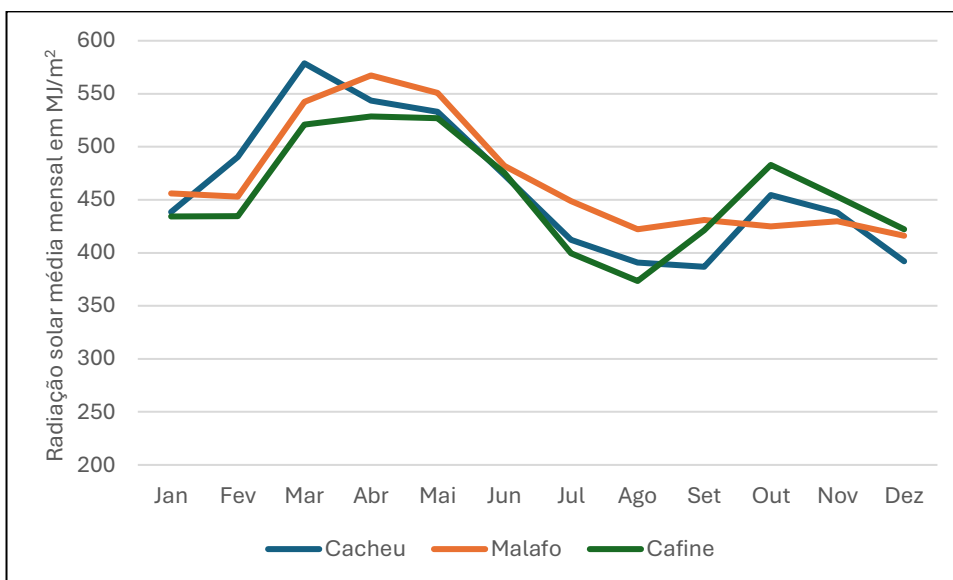


Figura 58. Variação mensal da radiação solar em MJ/m<sup>2</sup> nas 3 estações que representam as regiões de estudo

Em resumo, os elementos apresentados colocam em evidência a influência conjugada dos fatores astronómicos e meteorológicos que moldam o ritmo estacional da radiação solar na Guiné-Bissau. A baixa latitude (11 a 13°N) explica uma escassa variação na duração dos dias e uma dupla passagem zenital no movimento anual aparente do Sol. O ciclo anual da nebulosidade explica os valores mínimos observados entre julho e setembro, os meses centrais da estação das chuvas. Por outro lado, a nebulosidade predominantemente convectiva (cúmulos e cumulonimbus) contribui para explicar que, mesmo nos meses mais nublados, a radiação solar se mantenha sempre acima dos 350 MJ/m<sup>2</sup>. Durante a estação seca, particularmente entre dezembro e março, a radiação solar é, em certa medida, um pouco reduzida pelo impacto dos aerossóis e poeiras saarianas (Harmatão), atenuando a radiação direta com aumento da difusa.

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

Nos três anos monitorizados (2022-2024), os valores totais anuais de radiação solar nas 10 estações Malmon registaram valores entre os 5000 e os 7800 MJ/m<sup>2</sup>. Embora se trate apenas de um período trienal, estes elementos sugerem que a radiação solar na Guiné-Bissau constitui, em termos climáticos, um fator altamente favorável ao desenvolvimento do arroz (Yoshida, 1981), em particular da espécie *Oryza glaberrima*, bem-adaptada às condições tropicais húmidas da África Ocidental, assegurando ciclos de produção de sequeiro, em várzea ou com irrigação.

### 7.1.2. Temperatura do ar

As temperaturas médias diárias registadas nas dez estações meteorológicas (Figura 59) situam-se, na sua maioria, entre os 25 °C e os 27 °C, com valores médios e medianos bastante próximos entre as diferentes localidades, o que indica uma variação moderada e um comportamento térmico relativamente uniforme ao longo do território.

A estação de S. Domingos, localizada no Norte, destaca-se por apresentar os valores médio e mediano mais baixos em comparação com as restantes estações. Em contraste, as localidades de N'tchugal, Quibil, Buba e Bubaque registam médias e medianas mais elevadas. Comparando os diagramas da Figura 59, reconhece-se uma diferenciação entre os locais com valores de temperatura média diária mais baixos – São Domingos, Cacheu e Elalab – isto é, as estações situadas mais a Norte, e os postos de monitorização situados mais a Sul no território – Bubaque, Buba, Quibil e Cafine – sublinhando a influência da latitude no padrão espacial da temperatura média do ar.

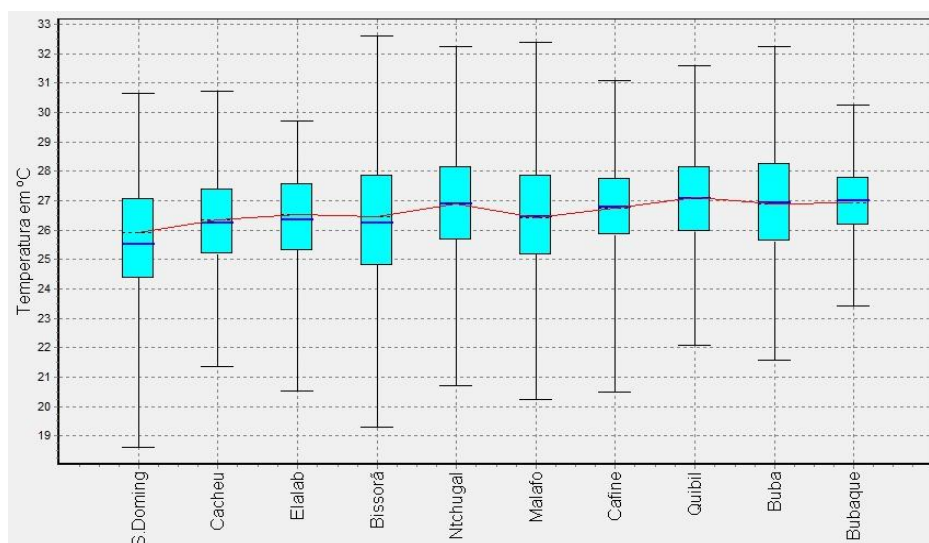


Figura 59. Variação da temperatura média diária em diferentes áreas de estudo (2022-2024). A linha vermelha é a ligação entre as medianas e as marcas azuis assinalam as médias.

Numa observação mais atenta aos valores extremos das distribuições (Figura 59), Bissorã, Malafo, N'tchugal (loais da região de Oio, menos próxima ao Atlântico) evidenciam uma maior dispersão nos valores de temperatura média diária, refletindo uma maior variabilidade térmica ao longo do período analisado. Em sentido oposto, Bubaque apresenta uma distribuição mais concentrada, sugerindo um regime térmico mais estável, conforme ilustrado na Figura 59. Se a maior dispersão dos valores de temperatura média nas estações do Oio é compreensível por serem os locais mais distantes da costa (maior continentalidade), a manifesta maior moderação térmica em Bubaque é igualmente explicável pela sua posição insular (meio oceânico).

O comportamento do regime anual da temperatura média do ar nas regiões costeiras da Guiné-Bissau (Figura 60) revela uma clara correspondência com a variação sazonal da radiação solar ao longo do ano. Ambos os parâmetros exibem máximos entre março e maio, refletindo o aumento da radiação solar direta durante a estação seca, quando a nebulosidade é reduzida. A diminuição da temperatura média entre julho e setembro coincide com o período de menor radiação solar incidente, condicionado pela elevada nebulosidade associada à estação chuvosa da estação chuvosa. A partir de setembro observa-se um aumento gradual da temperatura, acompanhando a recuperação da radiação solar. Este processo culmina num máximo térmico secundário em outubro ou novembro. Em termos de temperatura média do ar, dezembro e janeiro são os meses menos quentes na Guiné-Bissau, coincidindo com período da estação seca em que ocorrem os menores valores de altura do sol (50 a 55°). O mês mais quente é maio (Figura 60), coincidindo com um dos dois picos pós-equinociais de radiação solar, amplificado pela ausência significativa de nebulosidade. Já o segundo pico térmico, em outubro, ocorre ainda sob a influência da estação chuvosa, sendo atenuado pela presença de nuvens, que limitam parcialmente o aquecimento da atmosfera junto à superfície.

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

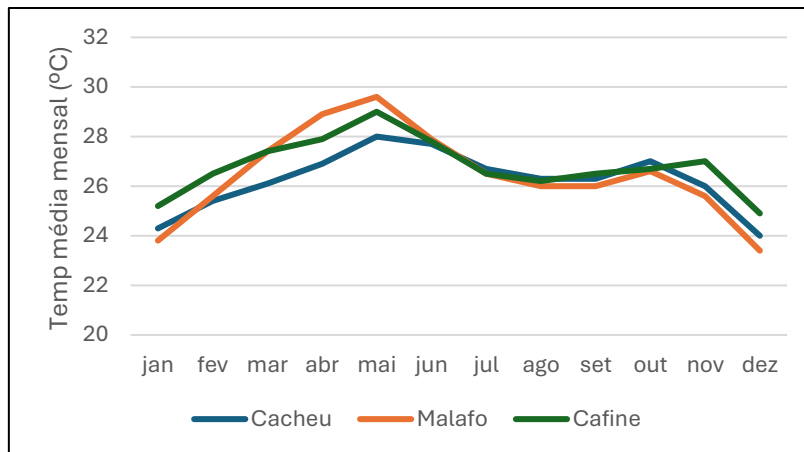


Figura 60. Variação da temperatura média mensal nas 3 estações representativas.

A estação meteorológica de Malafo, representativa da região de Oio (Figura 60), apresenta os valores mais baixos de temperatura média mensal durante os meses mais frescos (dezembro a fevereiro) e os mais elevados nos meses mais quentes (março a maio). Por sua vez, a região Sul, representada pela estação de Cafine, regista temperaturas médias ligeiramente superiores às da região de Cacheu ao longo de todo o ano, com a maior diferença observada nos meses que coincidem com a estação seca.

As temperaturas máximas médias e mínimas médias nas regiões de Cacheu, Oio e Sul da Guiné-Bissau (Figura 61) apresentam variações sazonais marcadas.

Na região de Cacheu (Elalab, São Domingos e Cacheu), as temperaturas mínimas mais baixas ocorrem entre dezembro e fevereiro, enquanto os máximos mais elevados são registados entre março e maio. As estações de São Domingos e Cacheu apresentam amplitudes térmicas mais pronunciadas do que Elalab, refletindo uma menor influência marítima. Estas amplitudes são mais acentuadas durante a estação seca (variando entre 15 e 20 °C) e significativamente reduzidas na estação chuvosa (entre 5 e 8 °C), devido à maior cobertura de nuvens e humidade atmosférica.

Na região de Oio, as temperaturas mais baixas ocorrem entre dezembro e fevereiro, com mínimas médias variando entre 14,1 °C e 18,3 °C. Os valores máximos mais altos são registados entre março e maio, atingindo entre 36,6 °C e 40,0 °C. A estação de Bissorã apresenta as maiores amplitudes térmicas, enquanto N'tchugal regista as menores variações. Malafo situa-se numa situação intermédia. Durante a estação chuvosa, verifica-se uma elevação das temperaturas mínimas e uma diminuição das máximas, resultando numa considerável redução das amplitudes térmicas.

Na região Sul, as estações de Buba e Quibil registam simultaneamente as mínimas mais baixas (entre 18,4 °C e 24,8 °C) e as máximas mais elevadas da região. A estação de Bubaque, com forte influência oceânica, caracteriza-se por um regime térmico mais

atenuado, com mínimas mais elevadas (entre 23,1 °C e 25,5 °C) e máximas mais baixas (entre 29,0 °C e 32,6 °C). Cafine, por sua vez, apresenta um regime térmico intermédio, com mínimas entre 20,9 °C e 24,8 °C e máximas entre 28,8 °C e 35,5 °C, conforme se ilustra na figura 61.

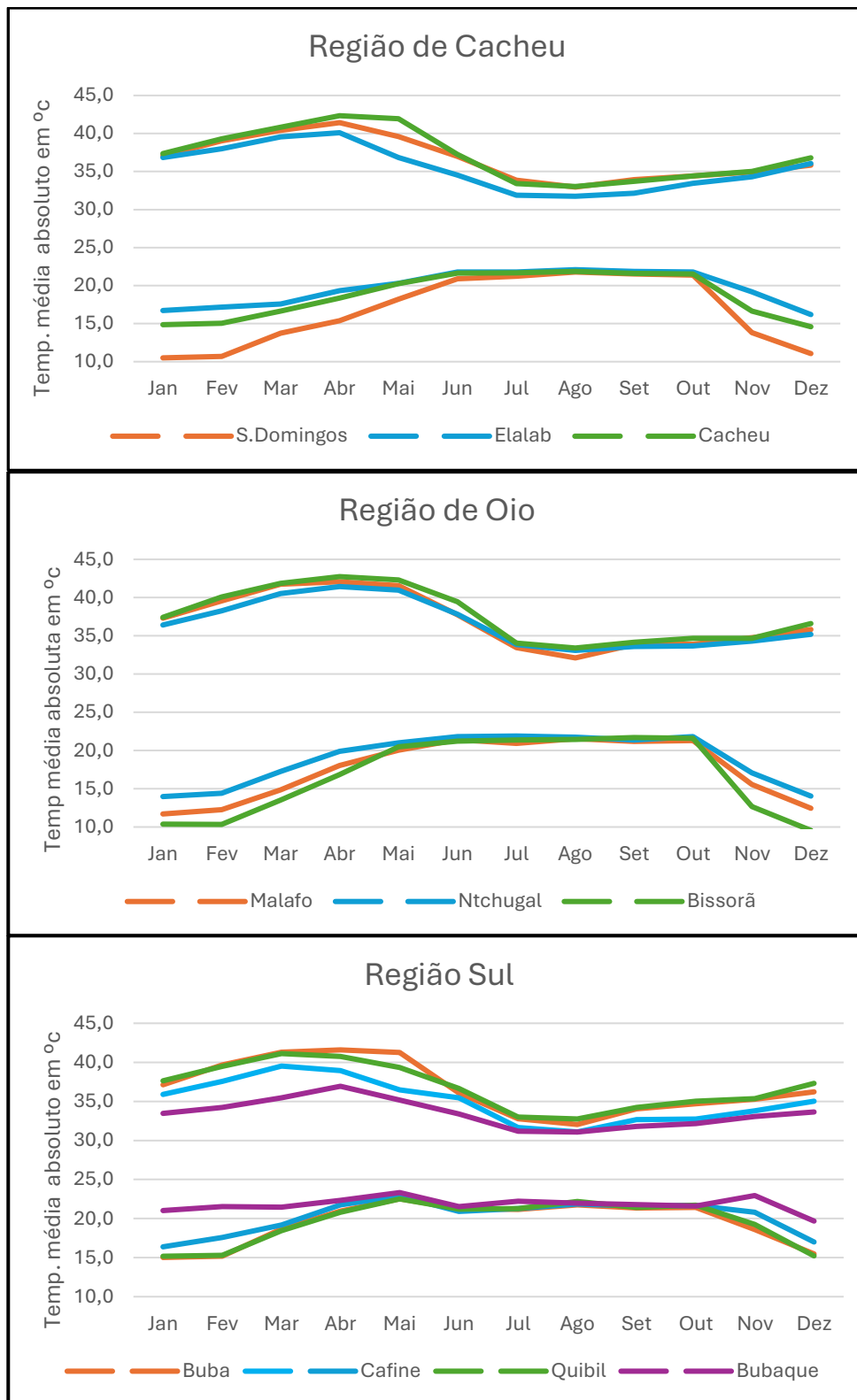


Figura 61. Temperaturas mínimas e máximas médias mensais nas regiões de Cacheu, Oio e Sul (2021-2024)

Na figura 62 representa-se de forma espacializada a distribuição das temperaturas máximas médias no mês em que este parâmetro toma os valores mais elevados (abril), assim como o padrão territorial das temperaturas mínimas médias no mês mais fresco (janeiro).

Nos padrões espaciais revelados na figura 62 é patente que a estação de Bissorã (Oio), a mais distante da costa, é que apresenta os valores mais contrastados, correspondendo ao local de temperatura mínima média mais baixa e de máxima média mais elevada. As áreas insulares das Bijagós (estação de Bubaque) e igualmente a estação de Elalab, também situada numa ilha costeira, caracterizam-se pela maior moderação das temperaturas, com mínimas de janeiro superiores a 20°C e máximas de abril não alcançando os 33°C. A região do Oio, comparativamente à de Cacheu e de Tombali, não obstante estar muito mais distante do Atlântico, é, contudo expressivamente mais quente, com as máximas do mês mais quente a rondarem os 40°C. Constata-se, desta forma, que poucas dezenas de quilómetros de distância do litoral são suficientes para acentuar o ambiente térmico, verificando-se a existência de um gradiente térmico muito forte e persistente entre a atmosfera marítima/costeira e a área continental da Guiné-Bissau, mesmo junto às margens do grande complexo estuarino dos rios Geba e Corubal.

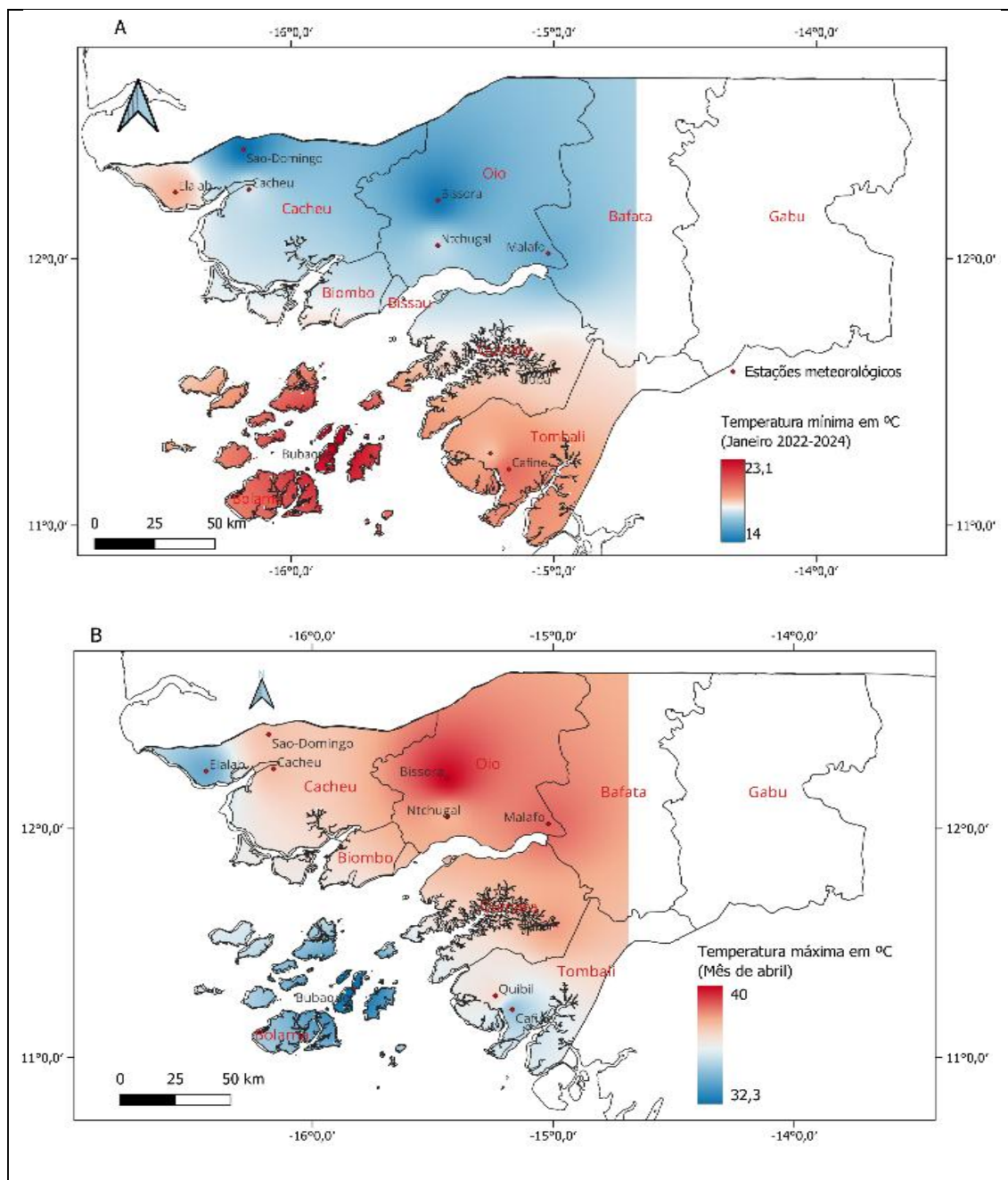


Figura 62. Temperatura mínima média do mês mais frio - janeiro (A) e temperatura máxima média do mês mais quente - abril (B). (Período 2021-2024)

Esta caracterização dos regimes da temperatura nas regiões em estudo foi ainda aprofundada com uma abordagem mais desagregada no tempo – à escala da década – permitindo uma identificação mais detalhada do ritmo térmico sazonal e da sua conjugação com o ciclo diurno da temperatura. Neste sentido, a disponibilidade de dados horários (anos de 2022 a 2024) para as estações meteorológicas em análise permitiu o cálculo das temperaturas médias para as 24h do dia e para as 36 décadas (períodos de 10 dias) que constituem o ano, possibilitando a construção de diagramas de isopletas de

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

temperatura do ar. Na figura 63 apresentam-se os diagramas termoisopletas de Cacheu (Cacheu), Bissorã (Oio) e Quibil (Tombali)

Quanto ao ritmo diurno da temperatura ao longo das décadas do ano, observam-se as temperaturas mais elevadas entre as 13h e as 15h, e os valores mais baixos entre as 3h e as 7h. Este padrão reflete o comportamento típico da insolação, ou seja, o sol começa a aquecer a superfície durante a manhã, o pico de temperatura ocorre após o meio-dia, e arrefece novamente durante a noite.

Analisando atentamente a evolução dos regimes anual e diurno da temperatura, identificam-se claramente 4 períodos distintos na Guiné-Bissau:

- a) *Período central da estação seca* – abrangendo, aproximadamente as décadas 34 a 36 (dezembro) e 1 a 5 (janeiro a meados de fevereiro): as noites são as mais frescas do ano, com temperaturas noturnas inferiores a 20/21°C nos locais costeiros, e bem mais baixas no interior (<16°C em Bissorã); as temperaturas diurnas são relativamente elevadas, pois embora a radiação solar seja menos intensa (menor ângulo solar) a ausência permanente de nuvens assegura um forte aquecimento da superfície. As máximas rondam os 30°C em Cacheu, e 32/33°C em Bissorã e Quibil;
- b) *Período final da estação seca* – abrangendo essencialmente as décadas 7 a 15/16 (de meados de março a meados de maio): período de calor tórrido durante o dia, com máximas entre os 37°C e os 41°C, e noites quentes em que a temperatura não baixa dos 22°C a 24°C. É o período mais quente do ano, com máxima insolação, assegurada pela combinação de ausência de nuvens e fluxo de radiação solar incidindo próximo da perpendicular da superfície (cerca de 90°, por volta de 20 de abril);

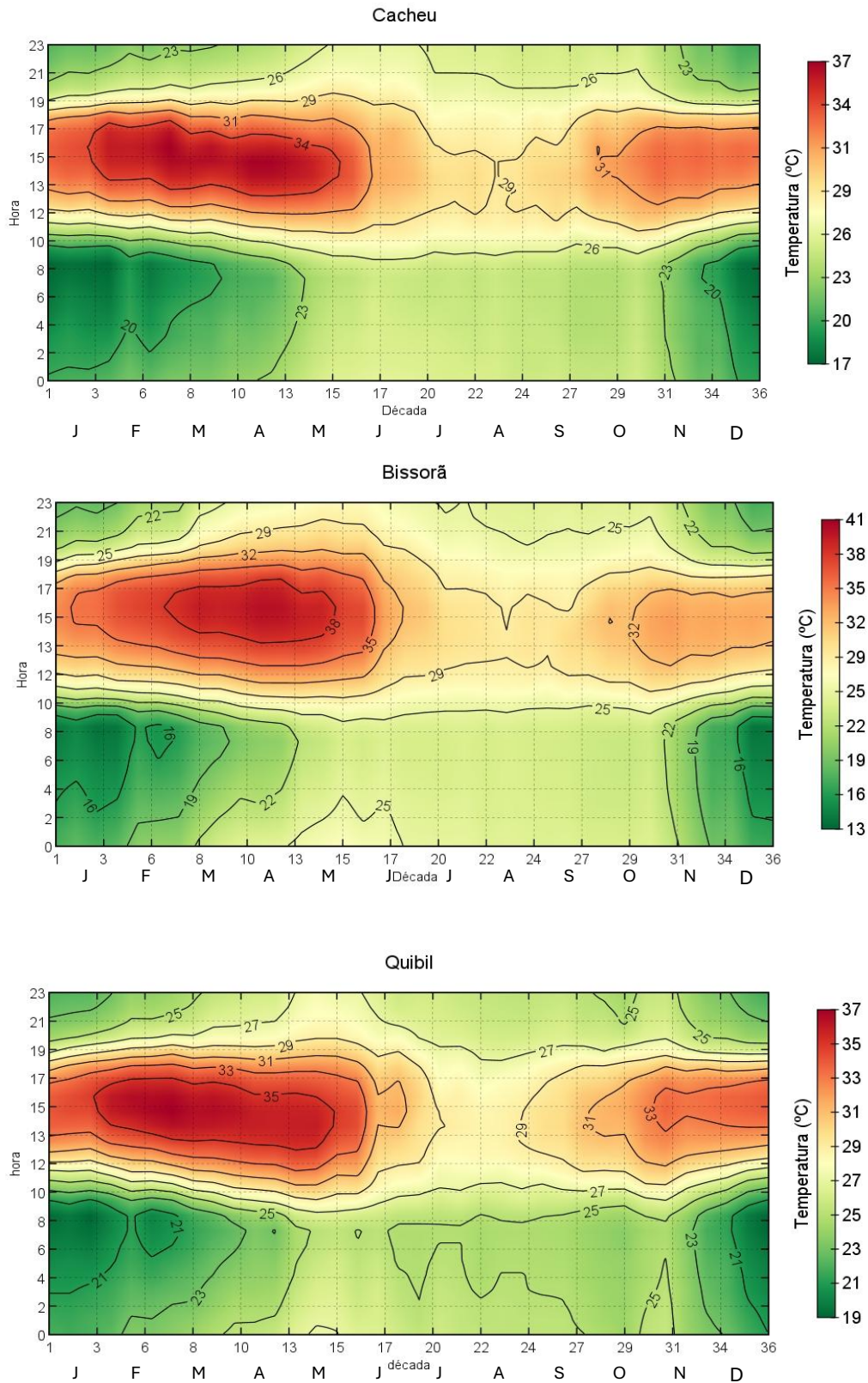


Figura 63. Ritmos diurno e anual da temperatura (valores médios horários, período 2022-2024).

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

- c) *Monção de Verão* – do ponto de vista térmico, os meses de julho, agosto e o começo de setembro (sobretudo entre as décadas 19 a 25) são claramente distintos, com a presença dominante de nuvens de grande desenvolvimento vertical a limitar fortemente a insolação (a altura do Sol ao meio-dia solar alcança novamente próximo de  $90^\circ$  a 22/23 de agosto), podendo as temperaturas máximas rondar ou baixar dos  $30^\circ\text{C}$ , mas condicionando igualmente uma expressiva atenuação do arrefecimento noturno, pelo que as mínimas não descem muito abaixo dos  $25^\circ\text{C}$ . É o período do ano em que as amplitudes térmicas diárias são mais reduzidas ( $4^\circ\text{C}$  a  $6^\circ\text{C}$ ), sendo caracterizado por uma ambiência térmica quente e húmida e que pouco se modifica entre os dias e as noites;
- d) *Período terminal da estação das chuvas* – entres as décadas 28 e 33, poucas semanas decorridas desde o segundo momento zenital no movimento anual aparente do Sol, os períodos de nebulosidade vão encurtando e tornando-se menos frequentes, determinado um rápido e forte incremento do fluxo de radiação solar, e levando a que outubro que destaque claramente como o segundo mês mais quente do ano. Trata-se de um segundo período em que prevalece forte stress térmico calor, sobretudo durante o dia. As temperaturas máximas são muito elevadas e aumentam de norte para sul do território, como é patente na figura 61. As noites vão ficando um pouco mais frescas, condição que se reforçará com a chegada iminente da estação seca, tipicamente em dezembro, por volta das décadas 35/36.

### 7.1.3. Humidade relativa média do ar

À escala diária, os valores de humidade relativa média situam-se, na maioria das localidades, entre os 70% e os 90% (Figura 63). Atendendo à distribuição estatística da humidade relativa média diária, os valores mais elevados são registados em Malafo, Cafine e Buba, enquanto Bissorã e Elalab apresentam os menores valores de humidade relativa. Devido à simetria dos dados, as médias e medianas são praticamente iguais ou apresentam diferenças pouco significativas. Verifica-se uma maior variabilidade das médias diárias em Cacheu, N'tchugal e Malafo, com valores mínimos absolutos bastante baixos (inferiores a 40%). Em contrapartida, as estações localizadas na região sul (Cafine,

Quibil, Buba e Bubaque) evidenciam menor variabilidade das condições de humidade relativa, conforme ilustrado na figura 64.

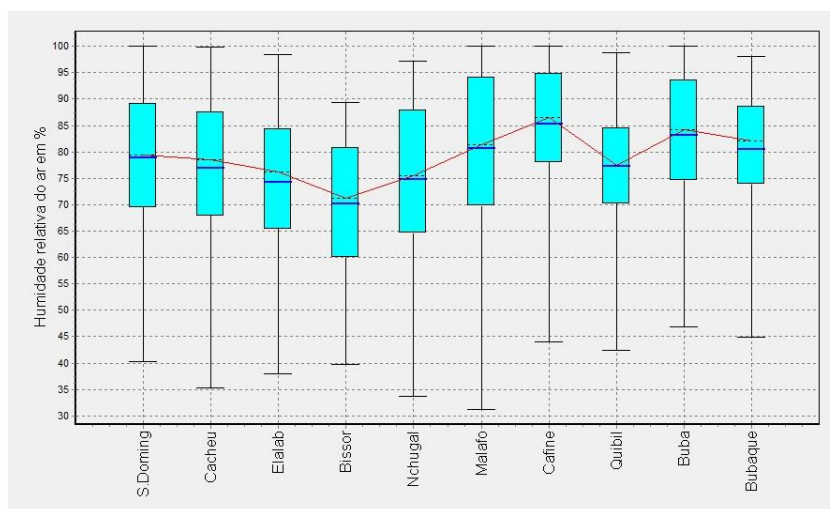


Figura 64. Variação humidade relativa média diária em diferentes áreas de estudo (2022-2024). A linha vermelha é a ligação entre as medianas e as marcas azuis assinalam as médias.

A humidade relativa varia de forma bastante acentuada ao longo do ano (Figura 64). Regra geral, os valores são mais baixos durante a estação seca (75 a 78% em Cafine, Tombali; 60 a 67% em Cacheu e Bissorã) e mais elevados durante a estação das chuvas (acima de 90% em Cacheu, excedendo 95% em Bissorã e Cafine). Os meses de fevereiro e março registam os níveis mais baixos do ano, enquanto agosto e setembro apresentam os valores mais elevados. Durante os meses da estação chuvosa, a muito elevada humidade relativa agrava a sensação de calor húmido, gerando uma ambiência abafada quase sufocante, que tanto dificulta os trabalhos fisicamente exigentes levados a cabo em meio exterior, como é o caso das atividades agrícolas e da lavoura nas *bolanhas*.

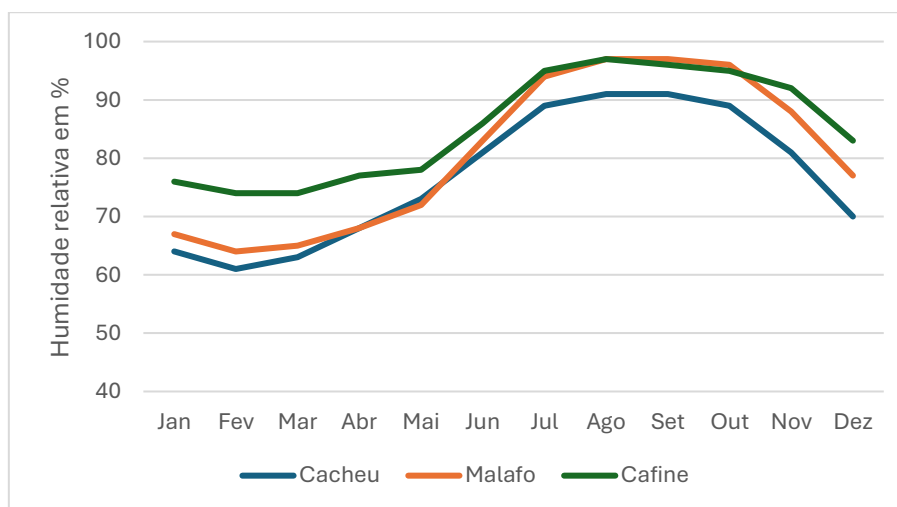


Figura 65. Variação mensal da humidade relativa média nas 3 estações representativas das três regiões de estudo no projeto Malmon.

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

Em termos comparativos, (figura 65) a região sul, representada pela estação de Cafine, regista os níveis de humidade relativa mais elevados ao longo de quase todo o ano. Por outro lado, a estação meteorológica de Cacheu é a que apresenta os valores mais baixos de humidade relativa durante o mesmo período. A região de Oio, representada pela estação de Malafo, apresenta características intermédias entre as duas regiões.

O diagrama de isopletas da figura 66 ilustra o ritmo anual e diurno da humidade relativa em três estações representativas da Guiné-Bissau, podendo ver-se a sua estreita relação com os regimes da temperatura do ar, já analisados. Sobressai, como seria expectável, a oposição característica nos domínios bioclimáticos de savana – a alternância entre uma estação húmida (décadas do ano 17/18 a 32/34) e uma estação seca (décadas 34/35 a 16/17 do ano civil subsequente). Deve sublinhar-se que os territórios em estudo são caracterizados por uma ambiência atmosférica fortemente húmida, não apenas porque se situam num contexto de clima tropical húmido, mas também devido, sobretudo, às condições geográficas regionais, de posição costeira e com paisagem dominada por vastos estuários.

A humidade relativa diária (figura 66) é baixa durante o início da tarde (entre as 11h e as 16h), enquanto os valores mais elevados ocorrem de madrugada até ao início da manhã (entre as 3h e as 9h), devido ao arrefecimento noturno, sendo este comportamento inverso ao do regime diário da temperatura do ar.

Ao longo do ano, entre as décadas 1 e 15, observa-se um período relativamente seco, com humidade relativa baixa (do final de janeiro a maio). O período mais húmido tem início entre as décadas 19 e 31 (julho a novembro), durante o qual a humidade relativa atinge valores superiores a 80-90% em praticamente todas as horas do dia. O pico da humidade coincide com a época das chuvas, sobretudo nos meses de julho, agosto e setembro de cada ano.

Em termos comparativos entre as localidades, Bissorã destaca-se pelos valores mais baixos de humidade relativa e pela maior amplitude, apresentando características climáticas um pouco mais «continentais», em relação a Cacheu e Quibil, que revelam maior influência marítima, com valores de humidade mais elevados. Nas regiões costeiras de Cacheu e Tombali, entre junho e outubro (6 meses!) a humidade relativa não baixa de 80% nem mesmo durante o período mais quente da tarde. São condições bioclimáticas muito favoráveis para a produção do arroz, mas muito difíceis de suportar para as populações camponesas que, nesta época do ano, necessitam de realizar muitas tarefas exigentes em esforço físico, como os transplantes e a manutenção dos diques.

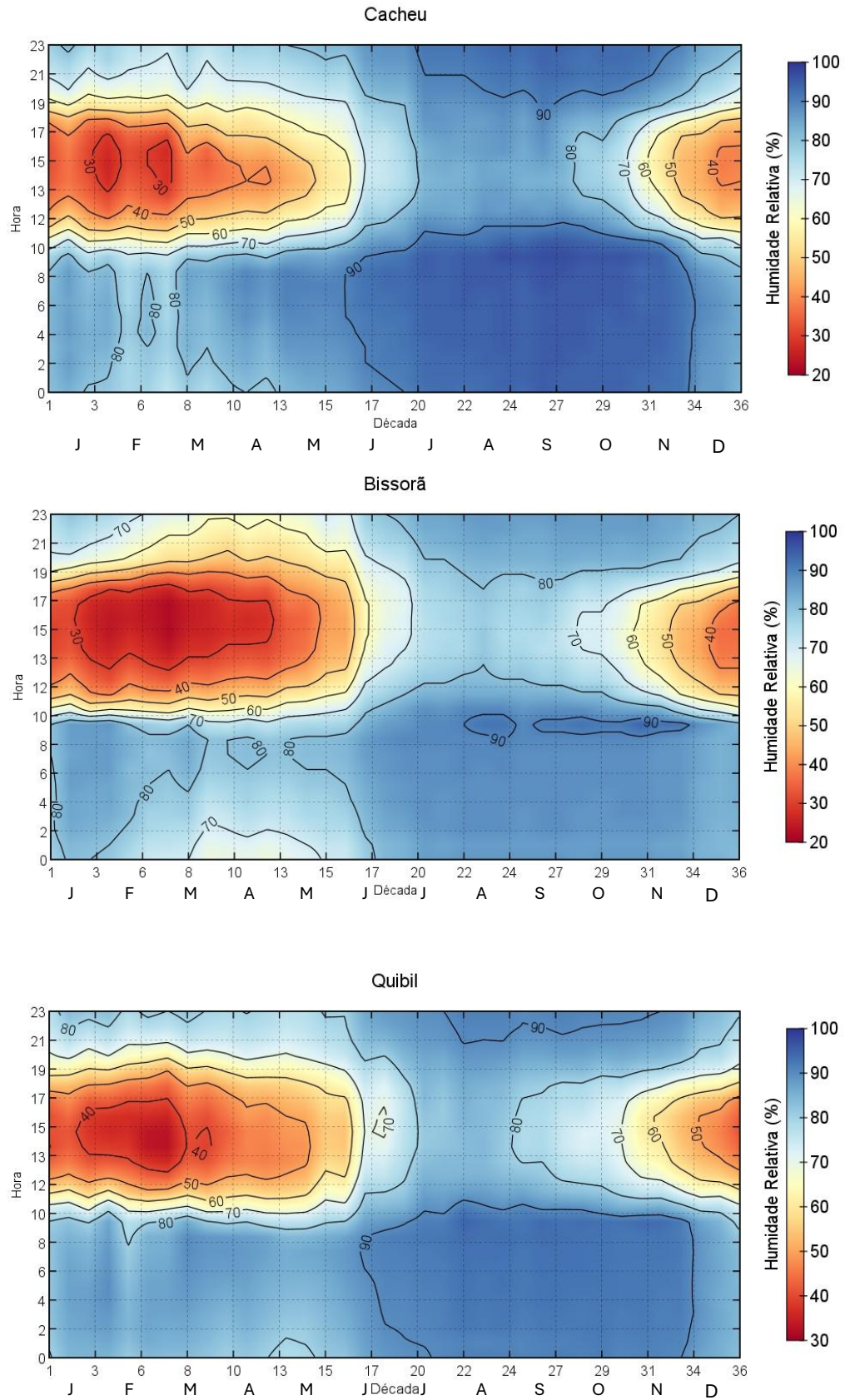


Figura 66. Ritmos diurno e anual da humidade relativa (valores médios horários, período 2022-2024).

#### 7.1.4. Precipitação

##### Precipitação total anual

A distribuição de precipitação média anual no triénio 2021-2024 (figura 67) revela que as regiões de Cacheu e de Oio são bastante menos chuvosas comparativamente ao Sul do país e ilhas. Na região de Cacheu, o menor volume registado de precipitação foi em São Domingos com a média de 1138,6mm, seguido de Elalab com 1364,0mm e Cacheu com 1553,5mm. Por sua vez, na região de Oio, representada pela estação de Mafalo e N´tchugal, a precipitação anual ronda quantitativos próximos de 1400-1500mm. A região Sul é manifestamente a mais chuvosa do país, abrangendo as regiões de Quinará, Tombali e Bolama-Bijagós, onde a precipitação média anual varia entre 1700 a mais de 2000 mm por ano (figura 67).

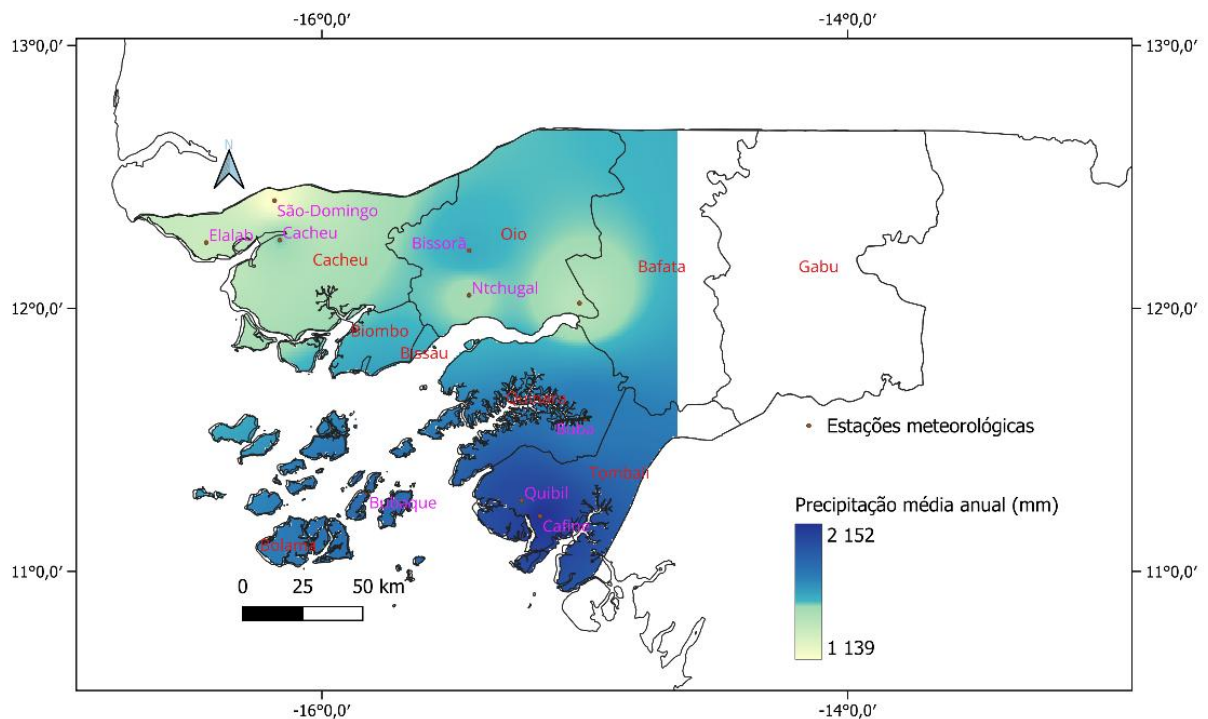


Figura 67. Precipitação média anual (2021-2023) na área de estudo.

##### *Número de dias de precipitação igual ou superior a diferentes limiares*

A Figura 68 apresenta a frequência anual de dias com precipitação, de acordo com diferentes limiares (1, 10, 50 e 100 mm). O número médio de dias com precipitação igual ou superior a 1,0 mm variou entre 67 dias, o valor mais baixo, observado em São Domingos (região Norte), e 97 dias, o valor mais elevado, registado nas estações de Quibil, Cafine e Bubaque.

No que respeita aos dias com precipitação igual ou superior a 10,0 mm, registou-se uma maior variação entre as estações. A de Cafine destacou-se com o maior número de dias (59), enquanto São Domingos apresentou o valor mais baixo (37). De um modo geral, toda a região Sul registou 50 ou mais dias com precipitação igual ou superior a 10 mm ao longo do ano. Já na região de Oio, os valores oscilaram entre 41 e 47 dias, e na região de Cacheu, entre 37 e 47 dias, evidenciando uma considerável variabilidade intra-regional.

Relativamente ao número de dias com precipitação igual ou superior a 50 mm, as estações de Bissorã e Cafine destacaram-se, com 14 e 15 dias, respetivamente, seguidas de Quibil, com 11 dias. As restantes estações apresentaram valores entre 5 e 7 dias.

Por fim, quanto aos registos diários de precipitação igual ou superior a 100,0 mm, a média geral variou entre 1 e 4 dias, sendo Bissorã e Cafine as estações com maior número de ocorrências deste tipo de evento extremo.

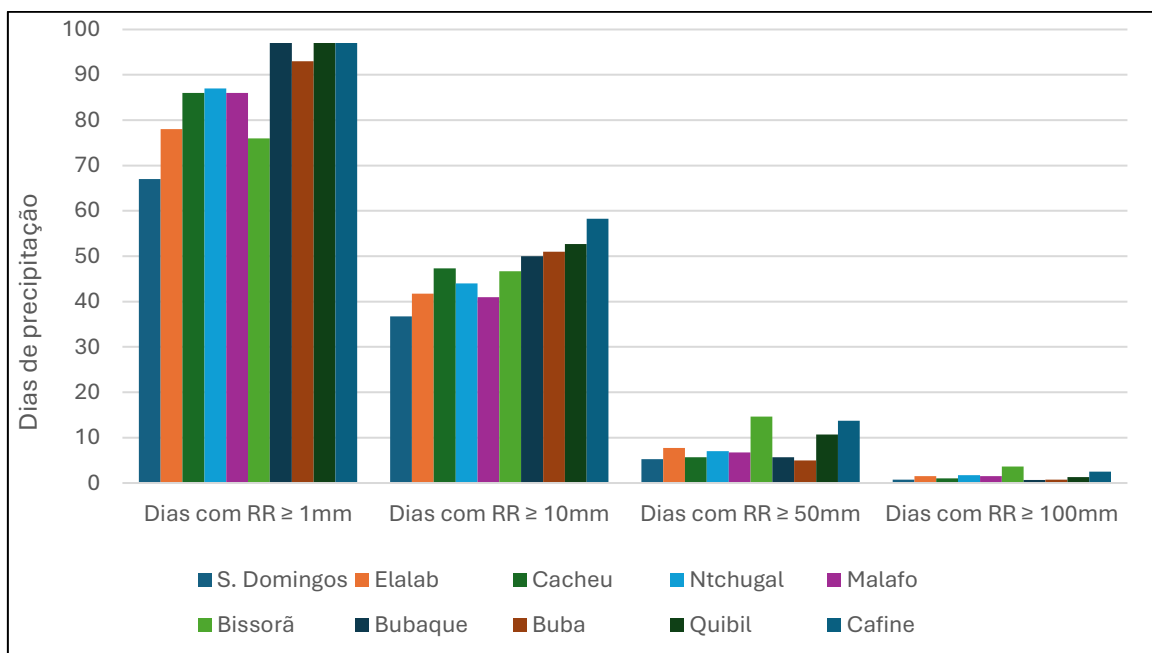


Figura 68. Nº médio de dias com precipitação  $\geq 1$  mm e 10mm (A) e precipitação  $\geq 50$ mm e 100mm (B) na área de estudo, período 2021-2023.

#### *Distribuição Mensal da Precipitação por Classes de Intensidade*

A análise da distribuição mensal do número médio de dias com precipitação, considerando diferentes classes de intensidade ( $\geq 1$  mm,  $\geq 10$  mm,  $\geq 50$  mm e  $\geq 100$  mm; Tabela XLV), evidencia que a época das chuvas tem início em maio e estende-se até ao mês de novembro. Verifica-se uma tendência crescente na frequência de dias chuvosos entre maio e agosto, seguida de um declínio progressivo até ao final da estação chuvosa.

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

*Tabela XLV. Número de dias de precipitação igual ou superior a diferentes limiares do período 2021-2023*

MESES	S.Domingos	Elalab	Cacheu	Bissorã	N'tchugal	Malafo	Buba	Bubaque	Quibil	Cafine
<b>Nº médio de dias precipitação ≥1mm</b>										
Mai	1	0	1	3	2	2	3	2	3	2
Jun	4	5	8	7	9	10	12	13	12	9
Jul	14	18	19	13	14	17	22	23	22	19
Ago	22	22	24	20	25	23	23	22	22	24
Set	17	21	22	14	21	21	19	23	19	23
Out	10	11	12	12	17	13	13	13	16	18
Nov	0	1	0	0	0	0	1	2	3	2
<b>Nº médio de dias precipitação ≥10mm</b>										
Mai	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0
Jun	2	2	4	6	4	4	5	6	6	4
Jul	7	10	9	8	7	7	11	14	13	12
Ago	13	14	14	13	15	14	16	15	13	17
Set	11	10	13	8	11	10	11	11	11	14
Out	4	6	7	7	8	7	6	5	8	10
Nov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<b>Nº médio de dias precipitação ≥50mm</b>										
Mai	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Jun	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1
Jul	1	3	2	1	1	1	1	2	3	3
Ago	2	3	1	2	3	4	2	3	4	6
Set	1	3	2	2	2	2	2	2	2	3
Out	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1
Nov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Nº médio de dias precipitação ≥100mm</b>										
Mai	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Jun	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Jul	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2
Ago	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Set	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Out	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

De acordo com os dados apresentados na Tabela XLV, o número médio de dias com precipitação igual ou superior a 1 mm, em maio, varia entre 1 e 3 dias, com exceção da estação de Elalab (região de Cacheu), onde não se registaram dias com precipitação durante o período analisado. O mês de junho revela-se o segundo mês da estação chuvosa, com valores entre 4 e 10 dias de precipitação nas regiões do Norte (Cacheu e Oio), e valores superiores a 10 dias nas regiões do Sul. Em julho, os dias chuvosos situam-se entre 13 e 23

dias a nível nacional. Agosto destaca-se como o mês mais chuvoso, com uma frequência de 20 ou mais dias com precipitação. A partir de setembro, observa-se uma redução gradual na ocorrência de dias chuvosos, que se mantém em outubro e culmina em novembro, mês em que a precipitação é praticamente inexistente em algumas localidades, como Oio, São Domingos e Cacheu.

Para a classe de precipitação intermédia ( $P \geq 10$  mm), registam-se em média 1 dia em maio, 2 a 6 dias em junho, 7 a 14 dias em julho, 13 a 17 dias em agosto, 8 a 14 dias em setembro, 4 a 10 dias em outubro, e valores residuais ou nulos em novembro.

No que respeita ao número de dias precipitação intensa ( $P \geq 50$  mm), a frequência média mensal situa-se em 1 dia no mês de junho nas regiões do Sul e em Bissorã (região de Oio), não se registando quaisquer ocorrências na região de Cacheu, nem em N'tchugal e Malafo (Oio). Nos meses de julho, agosto e setembro, a frequência varia entre 1 e 6 dias, com maior incidência nas estações do Sul do país, sendo pouco frequente em outubro. No conjunto da estação chuvosa, é inequívoca a maior propensão para a ocorrência de dias de precipitação intensa ( $P \geq 50$  mm) nas regiões costeiras de Tombali comparativamente às restantes estações: em média, por ano, ocorrem 11 dias em Quibil e 14 (!) em Cafine; em contraste, em Cacheu e São e Domingos (Cacheu), registam-se apenas 5 dias.

Quanto à ocorrência de dias com precipitação extrema ( $P \geq 100$  mm), os dados indicam que a frequência média mensal anual variou entre 0 e 1 dia na maior parte das estações analisadas. A média mais elevada foi registada – uma vez mais - na estação de Cafine, com 3 dias (2 em julho e 1 em agosto).

#### *Variação interanual da precipitação total no período 2021-2024*

A análise da variação da precipitação ao longo do período em estudo (2021–2024), representada na Figura 69, evidencia uma considerável variabilidade espacial e temporal. Observam-se diferenças significativas tanto entre as diversas estações de medição como nos totais anuais de precipitação registados numa mesma estação ao longo dos anos.

De um modo geral, o ano de 2021 apresentou os valores de precipitação mais baixos, como no caso de São Domingos com registo de apenas 706,0mm, seguido de Elalab com 1078,1 mm. No ano seguinte, 2022, registaram-se totais de precipitação particularmente expressivos nas estações de Bubaque, Quibil e Cafine, situadas no sul do país com valores anuais que variam entre 1848,0 e 2357,2mm.

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

De igual forma, o ano de 2023 apresentou um comportamento pluviométrico regionalmente bastante contrastado, com variações acentuadas nos totais anuais de precipitação, oscilando entre 1300 e 1500 mm nas regiões do Norte (Cacheu e Oio) e entre 1500 mm e mais de 2000 mm no sul do país. Por sua vez, o ano de 2024 destacou-se como o mais chuvoso de todo o período em análise, registando totais anuais superiores aos dos anos anteriores na maioria das estações meteorológicas, com exceção de Buba e Bubaque. Nas estações do Cacheu e Oio a precipitação anual em 2024 variou entre os 1700 e os 2000 mm, enquanto em Tombali superou os 2500 mm em Quibil e aproximou-se dos 3000 mm em Cafine.

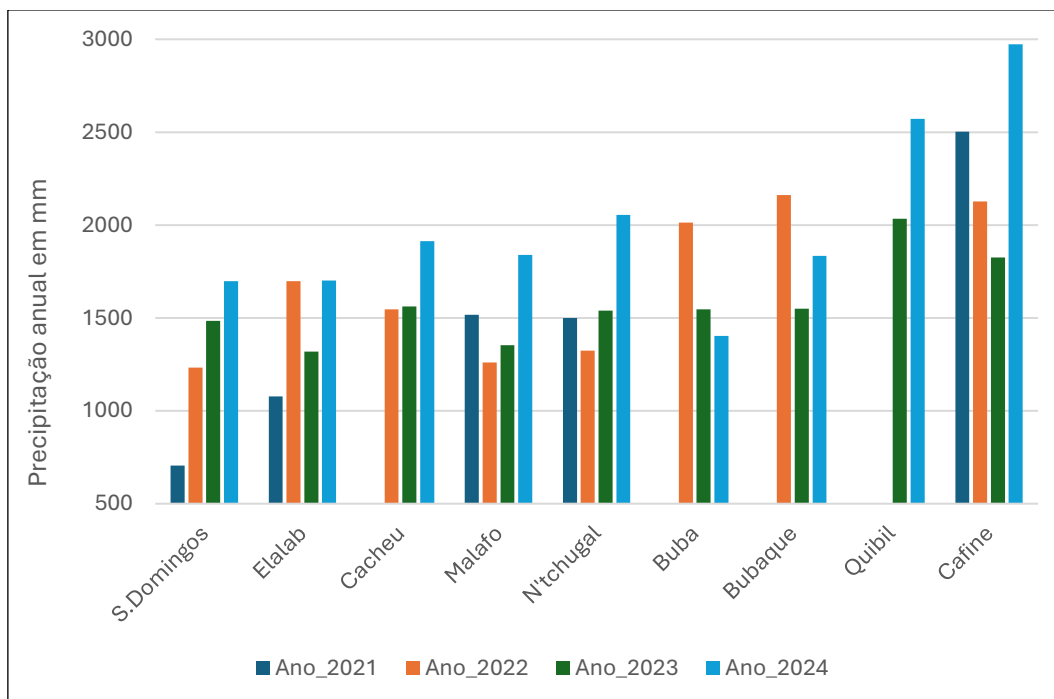


Figura 69. Precipitação total anual no período 2021–2024.

Em termos comparativos globais, observa-se que a região de Cacheu, no norte do país (em particular as estações de São Domingos e Elalab), registou os valores mais baixos de precipitação média anual, variando entre 1280,0 mm e 1449,2 mm ao longo do período de estudo. Por outro lado, a região de Tombali, no Sul, especialmente nas localidades de Quibil e Cafine, apresentou os volumes mais elevados, com totais superiores a 2000 mm, confirmando o padrão pluviométrico do território guineense, marcado por um forte contraste entre o norte e o sul do país.

### *Distribuição Espacial e Temporal do Número de Dias Chuvosos (2021–2024)*

A Figura 70 representa a distribuição anual do número de dias chuvosos (considerando dias com precipitação igual ou superior a 1 mm) registados nas diferentes

estações meteorológicas, no período compreendido entre 2021 e 2024. A análise dos dados evidencia variações expressivas tanto do ponto de vista espacial como temporal, evidenciando a marcada heterogeneidade climática observável ao longo do território nacional.

No plano espacial, verifica-se que as estações localizadas na região sul do país — nomeadamente Buba, Quibil, Cafine e Bubaque apresentaram valores mais elevados de dias chuvosos durante o período em análise. Em oposição, as estações de S. Domingos e Elalab, situadas mais a norte, apresentaram os valores mais baixos em termos de frequência de dias com precipitação significativa.

No que diz respeito à variação interanual, destaca-se o ano de 2022 como o ano com mais dias chuvosos na maioria das estações, sendo particularmente notório o caso de Buba, onde se contabilizaram 115 dias chuvosos, seguido de Bubaque, com 100 dias. Por contraste, o ano de 2021 revelou-se como o ano com menor número de dias chuvoso no conjunto do território, com registos inferiores a 70 dias de precipitação nas estações de S. Domingos, Elalab e Malafo.

Em 2023, observou-se uma distribuição mais homogénea, com valores intermédios face aos anos anteriores, enquanto 2024 voltou a registar um aumento significativo, especialmente nas estações de Quibil e Cafine, situadas na região de Tombali, ambas com mais de 100 dias de precipitação significativa.

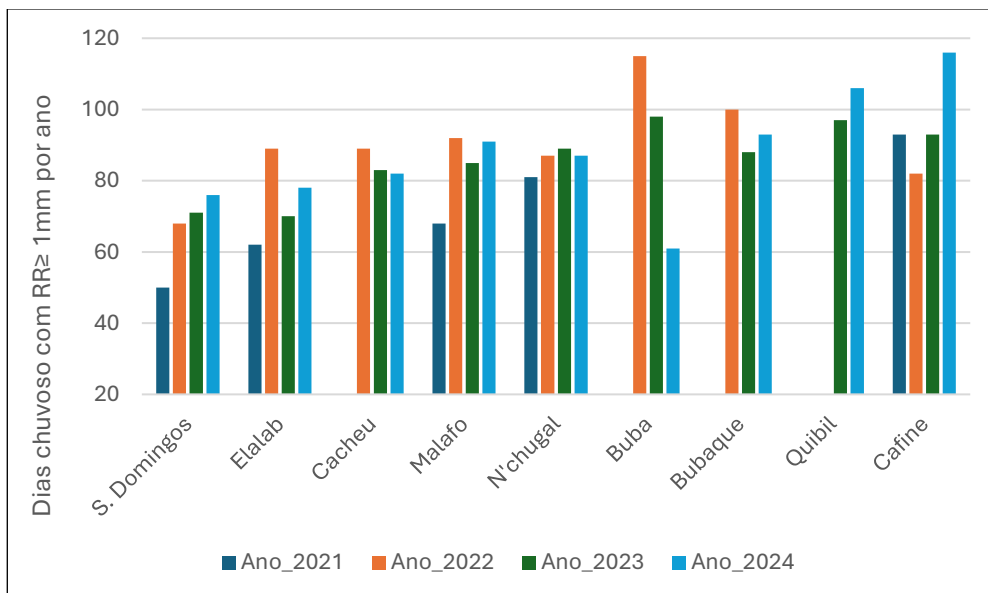


Figura 70. Distribuição Anual do Número de Dias com Precipitação  $\geq 1$  mm (2021–2024)

Estes resultados confirmam a variabilidade intra e interanual da precipitação e da frequência de dias chuvosos nas diferentes áreas geográficas do país, o que acarreta implicações relevantes para a gestão sustentável dos recursos hídricos, o planeamento e

calendário agrícola, bem como para a formulação de estratégias de adaptação e mitigação de riscos climáticos, particularmente em contextos de crescente instabilidade climática.

### 7.1.5. Vento

A análise do regime do vento foi efetuada após conversão dos valores de velocidade observados à altura das estações meteorológicas (1,5 m) para a altura convencional, isto é, 10m acima do solo, conforme se explicou na metodologia. Em primeiro lugar, procedeu-se à análise das observações no conjunto do período de monitorização (2022-2024), de forma a identificar não só a dominância global da direção dos ventos, como a sua distribuição em termos de classes de velocidade ( $\text{ms}^{-1}$ ). Na figura 71 ilustram-se as rosas de ventos anuais de Cacheu, Malafo e Cafine, assim como os respetivos histogramas de velocidade do vento.

As três localidades que representam as três regiões da área em estudo apresentam, na sua maioria, ventos fracos e com direções variáveis (Figura 70). No caso específico de Cacheu, que representa a respetiva região, a direção predominante do vento à escala anual é de Sul, seguindo-se de perto, Sudoeste. A frequência de calmas é de 9,4%, enquanto a classe de velocidade entre 0,50 e 2,10 m/s representa 79,6% do total. A classe seguinte, entre 2,10 e 3,60 m/s, tem uma frequência de 10,4%, sendo a ocorrência de ventos superiores a 3,60 m/s praticamente nula.

Relativamente a Malafo, os ventos predominantes à escala anual variam entre as direções Nordeste e Sul/Sudeste. Quanto à distribuição dos valores da velocidade, destaca-se a clara predominância da classe 0,50 – 2,10 m/s, com 85,2% do tempo. Segue-se a classe 2,10 – 3,60 m/s, que representa 6,1%, sendo que as classes superiores apresentam frequências muito reduzidas ou inexistentes. As calmas ocorrem em 8,7% do tempo.

Por sua vez, Cafine, localizada muito próximo da costa atlântica, caracteriza-se por apresentar uma maior intensidade e diversidade de ventos, bem como uma menor percentagem de calmas, sendo por isso a localidade com maior potencial eólico. Os ventos predominantes sopram do octante Nordeste, e também de Sul e Sudoeste. Em termos de distribuição das velocidades do vento, a classe 0,50 – 2,10 m/s domina com 71,6%, seguida da classe 2,10 – 3,60 m/s com 14,0%, e da classe superior a 3,60 m/s com 6,4%. As calmas registam uma frequência de apenas 4,6%.

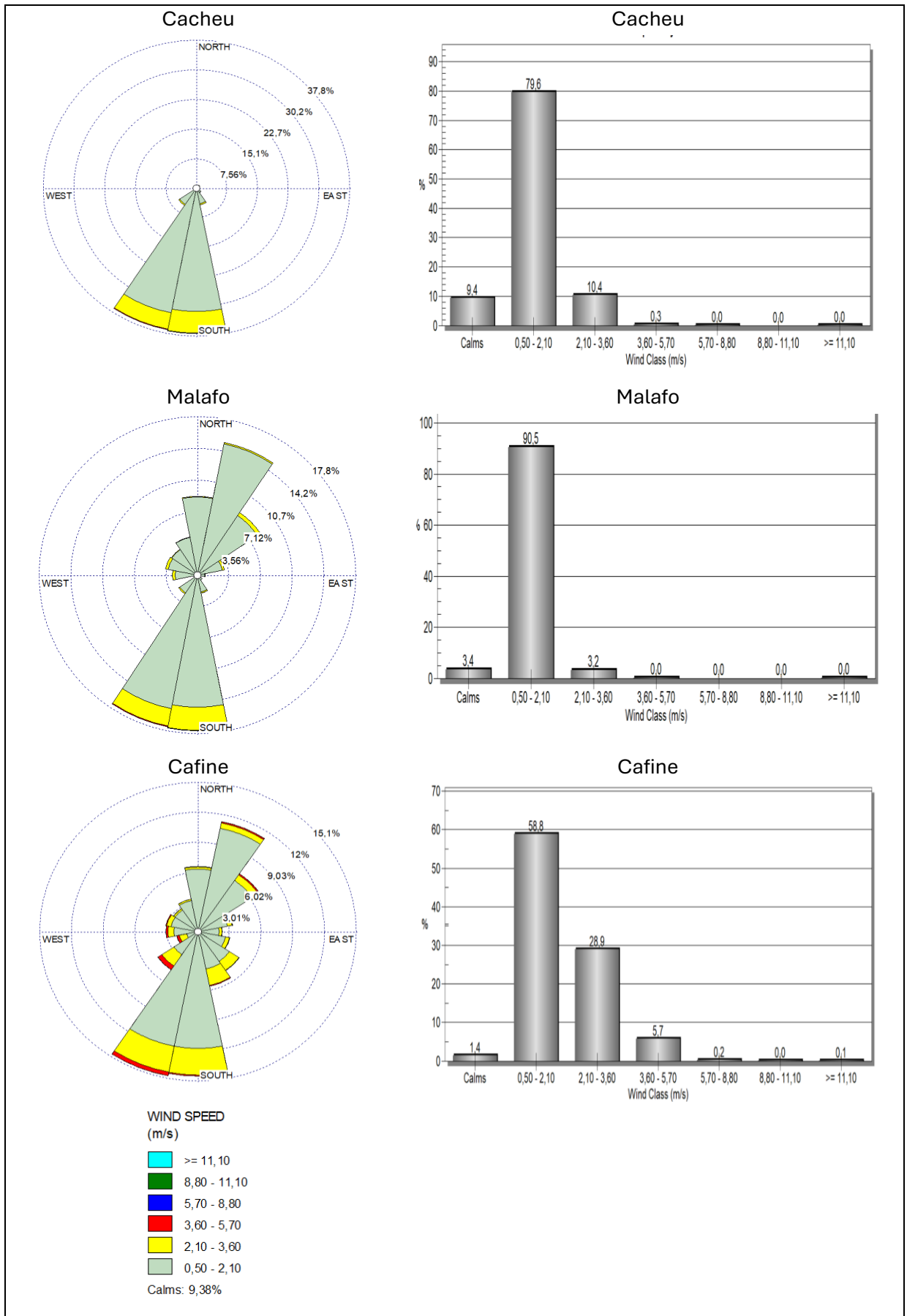


Figura 71. Direção do vento e distribuição da sua frequência, por diferentes classes de velocidade ( $ms^{-1}$ ), nas três estações meteorológicas representativas. Período 2022-2024.

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

Com a exceção da estação de São Domingos, cuja altura é aproximadamente 3 metros, os ventos das restantes estações da rede Malmon, não evidenciaram uma clara variação sazonal (anexo III), conforme seria expectável, facto que sugere que a altura de registo (1,5 m) terá influenciado as observações, presumivelmente afetando-as significativamente através de efeitos locais nos fluxos no seu entorno.

O caso particular da estação de São Domingos (Cacheu), com os instrumentos colocados num poste mais elevado (3 m), terá permitido uma observação dos ventos menos influenciada pela rugosidade local, razão pela qual se procede a uma breve análise dos regimes estacionais do vento, distinguindo os meses da estação chuvosa (maio-outubro) e os da estação seca (novembro-abril).

### *Ventos em São Domingos*

A estação de São Domingos evidencia padrões de vento dominantes representativos do sistema climático local, facto que poderá estar associado à altura da estação em relação às demais estações. Com os sensores colocados a aproximadamente 3 metros de altura, esta estação distingue-se das restantes, cuja altura é de cerca de 1,5 metros, sendo estas últimas eventualmente mais influenciadas por obstáculos de superfície. A instalação a essa altura resulta da reutilização de uma infraestrutura previamente existente, um poste outrora utilizado para a instalação de uma estação meteorológica automática, localizada nas imediações da sede do Parque do IBAP em São Domingos.

A análise da variabilidade da direção e velocidade do vento nesta estação (Figura 72) foi realizada com base em diagramas de rosa dos ventos e histogramas de frequência para duas estações climáticas distintas durante o ano: a estação chuvosa (observações de maio a outubro) e a estação seca (observações de novembro a abril).

Durante a estação chuvosa (maio a outubro), observa-se uma clara predominância de ventos provenientes de SSW, seguindo-se S. Estas direções predominantes são ilustrativas da influência dominante da monção de verão (alísios húmidos). As velocidades registadas concentram-se maioritariamente na classe de 0,50 a 2,10  $\text{ms}^{-1}$ , representando cerca de 78% da frequência total, seguida por um menor número de ocorrências entre 2,10 e 3,60 m/s. A frequência de períodos de calma (vento nulo) é de aproximadamente 9% nesta estação.

Na estação seca (novembro a abril), os ventos apresentam um padrão quase marcadamente unidirecional, com uma fortíssima predominância das direções NNW e N. Este comportamento é característico da circulação associada ao harmatão, vento

continental seco proveniente do interior do continente africano. Tal como na estação chuvosa, a classe de velocidade mais frequente situa-se entre 0,5,0 a 2,10 ms<sup>-1</sup>, representando cerca de 64,7% das observações, enquanto as calmas registam um valor 24,8%. As velocidades superiores a 5,7 m/s são praticamente inexistentes, evidenciando um regime de vento predominantemente brando ao longo do ano.

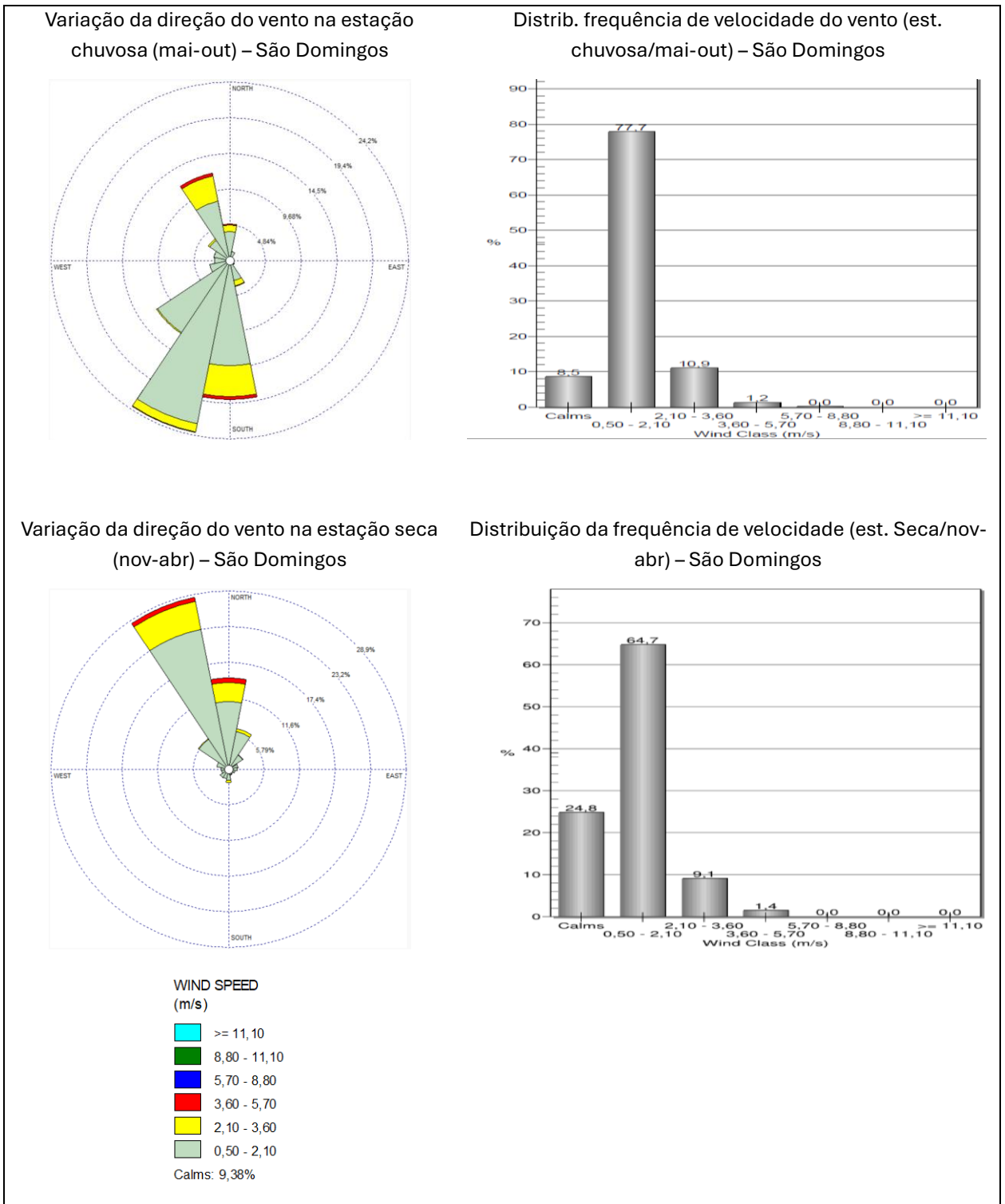


Figura 72. Direção do vento e distribuição da sua frequência, por diferentes classes de velocidade (ms<sup>-1</sup>), em São Domingos.

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

De uma forma geral, os dados apresentados em relação à estação de São Domingos indicam que o regime eólico é caracterizado por ventos fracos a moderados, com uma distribuição direcional claramente sazonal: vento oceânico e húmido de SSW no período chuvoso e vento continental e seco de NNW ou N no período seco. Em ambas as estações, os ventos predominantes são de baixa intensidade, com grande prevalência na faixa entre 0,5 e 2,10 m/s e um número não negligenciável de períodos calmos.

### 7.2 Condicionantes agroclimáticas para a cultura do arroz

#### 7.2.1 Disponibilidades hídricas: características da estação chuvosa nos anos 2021 a 2024

No período monitorizado, as características da estação chuvosa (início, fim e duração) revelaram alguns contrastes espaciais notáveis, conforme se pode observar na figura 73. Relembre-se que os procedimentos de cálculo destes parâmetros da estação chuvosa foram explicados detalhadamente no capítulo 4 (Parte II).

Considerando a relevância dos regimes pluviométricos para o suprimento das necessidades hídricas na agricultura, a análise dos dados anuais de precipitação revela que o ano de 2024 apresentou os maiores volumes acumulados de chuva, com totais anuais que variaram entre 1403,9 mm e mais de 2900 mm. No entanto, foi em 2022 que se registou a maior frequência de dias chuvosos, fator determinante para a regularidade da disponibilidade hídrica no solo. Em contraste, o ano de 2021 destacou-se como o ano menos chuvoso do intervalo analisado.

Quanto a data de início das chuvas 2022-2024, no ano agrícola 2022, observou-se uma considerável variação desse parâmetro entre as diferentes localidades. Verificou-se um início mais precoce na maioria das estações nas regiões do Sul do país, particularmente em Buba, Bubaque e Quibil, enquanto nas locais como Malafo (região de Oio) e Cafine (também no Sul), o início foi mais tardio. Em contraste, a data de término das chuvas mostrou-se relativamente homogênea entre as várias regiões. No que diz respeito à duração da estação chuvosa, destaca-se a ocorrência de um período mais curto em Malafo (111 dias), enquanto Buba e Bubaque registaram as durações mais extensas (167 e 179 dias, respetivamente).

Em 2023, o início da estação foi antecipado na maioria das localidades, com exceção de Elalab e N'tchugal, situadas no norte do país. O término manteve-se globalmente estável, embora se tenham verificado ligeiras antecipações em algumas

áreas. A duração da estação apresentou variações significativas, com Cafine a registar o período chuvoso mais prolongado (159 dias), em contraste com Elalab e N'tchugal, que apresentaram os períodos mais curtos (131 e 123 dias, respetivamente).

Relativamente ao ano de 2024, observou-se um início das chuvas mais tardio, sobretudo nas regiões de Cacheu (São Domingos, Elalab e Cacheu) e Oio (N'tchugal). O término manteve-se relativamente constante, refletindo uma estabilidade interanual. Contudo, a duração do período chuvoso foi mais reduzida nas regiões de Cacheu e Oio (entre 125 e 145 dias, em geral), enquanto no sul do país se registaram períodos mais longos (superando 160 dias).

No que diz respeito à média trienal (2022–2024), o início da estação chuvosa apresenta-se entre os dias julianos 167 (correspondente a 15 de junho) e 190 (8 de julho). As primeiras precipitações tendem a ocorrer nas regiões do Sul, nomeadamente em Buba, Bubaque, Quibil e Cafine. Por oposição, São Domingos (região de Cacheu) e N'tchugal (região de Oio) constituem as localidades onde se registaram os inícios mais tardios da estação, geralmente no início de julho.

Quanto ao término da estação chuvosa, registaram-se algumas oscilações localizadas, sobretudo nas regiões de Cacheu e Oio. As datas mais precoces de final de estação foram registadas em Bissorã (31 de outubro) e São Domingos (30 de outubro). De forma geral, a cessação das chuvas ocorre na primeira semana de novembro, podendo, em anos particularmente húmidos – como sucedeu em 2024 - prolongar-se para além deste período, como sucedeu em Quibil e Cafine.

Em síntese, a análise da duração da estação chuvosa revela que as regiões do sul do país apresentam os períodos mais extensos, variando entre 147 e 149 dias. A localidade com a duração mais curta é São Domingos (119 dias), seguida de N'tchugal (127 dias). Nas restantes localidades, a duração média da estação chuvosa é superior a 130 dias, conforme ilustrado na Figura 73.

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

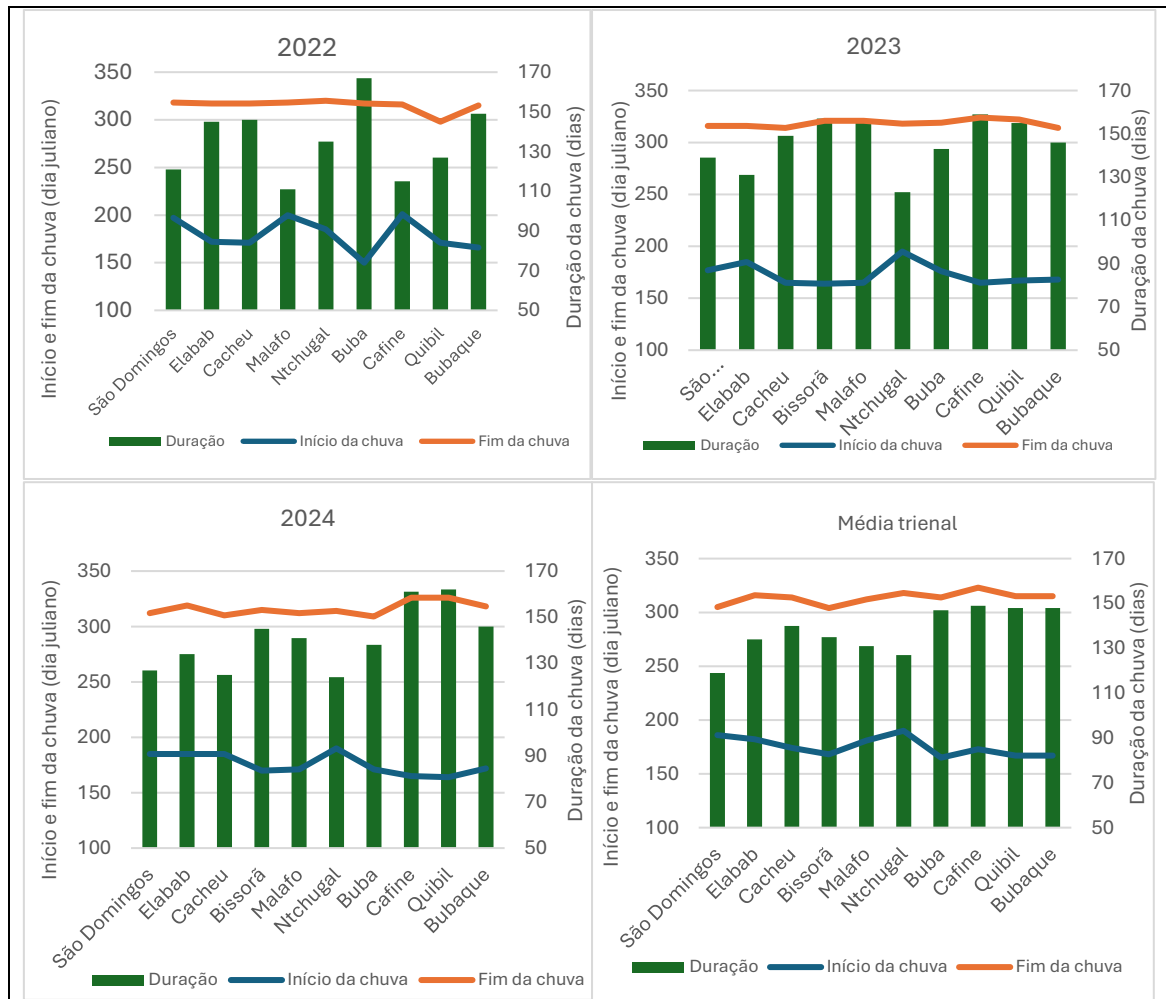


Figura 73. Início, fim e duração da estação chuvosa 2022-2024 e a média trienal em diferentes localidades da área costeira do país

### 7.2.2. Eventos hidroclimáticos extremos: eventos de chuvas excessivas e períodos secos críticos

#### Precipitações máximas extremas para durações 1, 3 e 5 dias

Durante os meses de julho, agosto e setembro, observam-se os maiores valores de precipitação máxima para estas durações em todas as regiões do país, conforme se detalha na tabela XLVI.

A análise dos dados de precipitação máxima acumulada em 1, 3 e 5 dias revela diferenças significativas entre regiões, com potenciais implicações para a agricultura costeira, particularmente para as *bolanhas* de arroz, sensíveis a alagamentos e à pressão sobre estruturas de contenção.

Tabela XLVI. Precipitações máximas para durações de 1, 3 e 5 dias consecutivos, nos meses mais chuvosos (julho, agosto e setembro), no período de 2021 a 2024

Região de Cacheu												
Local	São Domingos			Elalab			Cacheu					
Meses	Jul	Ago	Set	Jul	Ago	Set	Jul	Ago	Set			
PMD	198,9	141,0	78,6	182,8	79,8	102,4	193,3	81,3	112,1			
PM3D	299,8	164,2	131,2	225,7	121,3	154,0	259,8	134,4	150,4			
PM5D	302,8	220,9	140,9	232,8	193,3	184,8	261,3	135,4	182,9			

Região de Oio									
Local	Malafo			N'tchugal			Bissorã		
Meses	Jul	Ago	Set	Jul	Ago	Set	Jul	Ago	Set
PMD	122,6	117,2	111,5	149,8	113,7	107,1	75,9	66,7	86,1
PM3D	150,8	172,7	154,8	160,9	208,2	160,2	103,9	129,4	86,8
PM5D	153,8	175,0	165,1	189,6	287,8	179,2	144,9	151,4	87,3

Sul e ilhas bijagós												
Local	Cafine			Quibil			Buba			Bubaque		
Meses	Jul	Ago	Set	Jul	Ago	Set	Jul	Ago	Set	Jul	Ago	Set
PMD	147,1	229,1	142,9	126,2	136,5	79,7	204,9	161,1	83,1	101,8	129,9	83,5
PM3D	257,0	384,3	227,0	209,1	242,7	119,1	267,1	233,8	121,4	166,6	212,6	134,3
PM5D	284,7	463,5	297,8	203,1	386,7	122,5	281,1	239,2	174,3	170,8	278,1	164,5

Na região de Cacheu, observaram-se valores elevados de precipitação em julho. Em São Domingos, a precipitação máxima diária (PMD) atingiu 198,9 mm e os acumulados em 5 dias (PM5D) chegaram a 302,8 mm. Estes episódios intensos mantêm-se em locais próximos como Cacheu (PM5D de 261,3 mm em julho) e Elalab (232,8 mm), revelando um padrão de elevada concentração de chuvas no início da época chuvosa. Em setembro, os valores diminuem, sugerindo menor risco de eventos extremos no final do período.

Na região de Oio, a precipitação apresenta menor intensidade diária, mas há episódios relevantes no acumulado. Destaca-se N'tchugal, com PM5D de 287,8 mm em agosto, que, embora não tão extremo quanto Cacheu, representa risco de encharcamento, sobretudo se os solos estiverem previamente saturados. Malafo e Bissorã mostram valores mais moderados, mas ainda assim capazes de gerar estrangimentos à drenagem nas zonas agrícolas.

A região Sul e ilhas Bijagós regista os valores mais elevados nos acumulados prolongados. Cafine regista 463,5 mm em 5 dias em agosto, enquanto Quibil chega aos

386,7 mm. Estes totais são particularmente críticos, podendo ultrapassar, eventualmente, a capacidade dos diques e canais de drenagem das *bolanhas*. Em Bubaque, os valores são menos extremos, com PMD de 101,8 mm em julho, mas podem ainda representar riscos para os agricultores, dada a vulnerabilidade física das ilhas.

Os elementos descritos relativos à ocorrência de precipitações intensas em curtos períodos (PM3D e PM5D) sugere a necessidade de planeamento hidráulico e agrícola adaptado às realidades locais. Reforçar infraestruturas de retenção e drenagem, bem como ajustar práticas de cultivo, poderá ajudar a mitigar os impactos negativos das condições climáticas observadas.

### *Períodos secos críticos*

Períodos de dias consecutivos sem precipitação após as primeiras chuvas do ano constituem um dos fenómenos mais gravosos para os agricultores das *bolanhas*, pois poderão atrasar a sementeira ou mesmo, em certos casos, motivar nova sementeira se, entretanto, depois de uma germinação as plantas morrem por stress hídrico. Na tabela XLVII identifica-se a sequência de dias consecutivos mais longa observada em cada uma das estações análise e em cada um dos meses – junho, julho, agosto e setembro – em que os períodos secos assumem uma relevância crítica para a cultura do arroz. Assim, a ocorrência de períodos secos (dias consecutivos sem precipitação) nos meses de junho, julho, agosto e setembro dos anos de 2022, 2023 e 2024, em diversas localidades das três principais regiões do País (Região de Cacheu, Região de Oio e Sul), conforme apresentado na Tabela XLVII, pode ser resumida da seguinte forma:

Sendo o primeiro mês da estação chuvosa, como expectável, o mês de junho destaca-se como o mais crítico, registando os períodos secos mais prolongadas, sobretudo nos anos de 2022 e 2023, com especial destaque para a região de Cacheu nas localidades de São Domingos e Elalab (30 dias secos consecutivos), bem como a localidade de Cacheu em 2023, que repetiu este padrão.

Em 2024, verificou-se uma diminuição na duração destes períodos secos em junho nessa mesma região, proporcionando uma melhoria relativa nas condições climáticas deste mês, do ponto de vista do arranque dos trabalhos agrícolas.

Nos meses de julho, agosto e setembro, observaram-se frequências de dias secos mais moderadas, embora com algumas variações entre as regiões.

De forma geral, a Região de Oio apresentou uma duração de períodos secos relativamente intermédia de períodos secos nas suas localidades, em contraste com a

Região de Cacheu, que se evidencia como a mais afetada. Por sua vez, a região Sul registou o menor número de dias secos consecutivos ao longo dos meses considerados, com exceção dos casos pontuais em Buba em 2024, onde se registaram 19 dias consecutivos com valores de precipitação inferiores a 1mm.

Tabela XLVII. Duração (dias) da Sequência Seca mais longa em junho, julho, agosto e setembro (2022–2024)

Meses	Região de Cacheu			Região de Oio			Zona Sul			
	S.Domingos	Elalab	Cacheu	Bissorã	N'tchugal	Malafo	Buba	Bubaque	Quibil	Cafine
jun/2022	30	30	12	12	13	15	4	3	10	18
jun/2023	30	30	30	10	10	10	10	10	10	10
jun/2024	16	16	16	16	16	17	17	13	12	12
jul/2022	9	5	5	7	*	12	1	2	2	*
jul/2023	3	3	3	3	4	5	2	2	3	3
jul/2024	4	3	3	4	4	5	3	4	4	3
ago/2022	2	3	3	10	4	2	2	2	*	2
ago/2023	6	2	3	3	3	3	2	3	2	2
ago/2024	3	4	3	3	3	3	9	2	2	2
set/2022	2	2	2	*	3	1	1	2	8	1
set/2023	4	4	2	4	2	2	2	2	3	4
set/2024	3	5	4	2	4	1	19	3	2	1

\* valores não disponíveis

### 7.2.3. Radiação solar durante a fase da floração

Durante o período correspondente à floração do arroz, que normalmente ocorre entre os meses de setembro e novembro, os valores médios diários de radiação solar registados ao longo das regiões em estudo situam-se entre 10 e aproximadamente 17 MJ/m<sup>2</sup>/dia, com variações notórias entre localidades. Em termos de radiação solar acumulada mensal, os valores oscilam entre cerca de 300 MJ/m<sup>2</sup>/mês e 500 MJ/m<sup>2</sup>/mês, sendo o mês de outubro aquele que apresenta, em média, o maior valor acumulado de radiação, facto que poderá beneficiar o desenvolvimento da cultura nesta fase fenológica (tabela XLVIII).

A análise dos dados recolhidos para o período de 2022 a 2024 evidencia que o ano de 2024 registou os níveis mais baixos de radiação solar, quando comparado com os dois anos anteriores. Essa menor insolação reflete o comportamento mais húmido deste ano agrícola, já amplamente documentado. No que se refere à distribuição espacial da radiação, constata-se que as localidades de São Domingos e Bissorã apresentaram os valores mais baixos, enquanto Elalab, Cafine e Bubaque se destacaram com os registos mais elevados. Estes contrastes regionais poderão ter implicações significativas no

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

desempenho produtivo da cultura, particularmente nas fases mais sensíveis ao défice de radiação, como a floração e a formação dos grãos.

*Tabela XLVIII. Radiação Solar Durante o Período de Floração do Arroz em MJ/m<sup>2</sup>/mês*

### 7.2.4. Graus-dia de crescimento

Meses	S. Domingos	Bissorã	Buba	Bubaque	Cacheu	Cafine	Elalab	Malafo	N'tchugal	Quibil
<b>2022</b>										
Set	407,2	416,5	430,4	457,0	428,7	447,5	469,4	474,8	447,9	435,8
Out	443,9	470,2	489,2	510,3	462,6	523,7	506,7	509,3	499,2	501,4
Nov	396,5	454,5	413,4	460,3	421,7	461,5	481,3	452,7	438,1	451,4
<b>2023</b>										
Set	415,6	376,9	433,5	444,2	414,5	455,1	446,6	434,0	425,2	
Out	444,3	437,3	470,3	476,5	451,4	473,8	494,9	476,0	484,8	
Nov	393,0	450,1	410,9	461,0	420,1	449,0	480,3	444,1	440,1	
<b>2024</b>										
Set	320,8	302,2	344,2	354,0	332,1	362,7	380,1	383,3	353,0	
Out	411,0	392,2	453,1	483,1	451,9	455,7	434,2	378,7	453,0	
Nov	383,6	413,8	448,6	445,6	452,2	447,5	382,4	411,4	443,9	

O índice de Graus-Dia de Crescimento (GDD) constitui uma medida acumulativa da energia térmica disponível para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Este indicador foi determinado com base numa temperatura-base de 10 °C, considerado o limiar mínimo para o crescimento da cultura do arroz. De acordo com a literatura, valores mais elevados de GDD correspondem a uma maior acumulação de calor, o que tende a acelerar as fases fenológicas do arroz, conduzindo a uma maturação mais precoce.

A análise dos valores de GDD, obtidos para diversas localidades do território de estudo entre os meses de julho e dezembro — intervalo que compreende as principais fases de desenvolvimento do arroz nos anos agrícolas de 2022 a 2024 — revela que, em termos gerais, as condições térmicas observadas foram amplamente favoráveis ao cultivo desta cultura em todas as regiões avaliadas.

Em 2022, os valores acumulados de GDD oscilaram entre 2788,4 °C em Bissorã e 3195,2 °C em Elalab. Para os anos de 2023 e 2024, os valores registados situaram-se entre 2896,1 °C e 2854,1 °C em Bissorã, e 3188,2 °C e 3076,2 °C em Bubaque, respetivamente. Estes dados demonstram uma consistência geral no padrão de acumulação térmica ao longo do período em análise.

Entre 2022 e 2024, no período de julho a dezembro, observou-se que Bissorã apresentou valores moderados, muito próximos dos registados em São Domingos, com um ligeiro aumento nos anos de 2023 e 2024. A localidade de Buba manteve valores relativamente estáveis, próximos dos 3000 °C. Bubaque e Elalab destacaram-se pelos mais elevados valores de acumulação térmica nas regiões em estudo, ambos superiores a 3000 °C, ligeiramente superiores aos registados em Quibil, onde também se verificou um elevado GDD. As regiões de Cacheu e Cafine apresentaram valores com variações ligeiras, oscilando entre aproximadamente 2900 °C e 3000 °C. Por sua vez, Malafo e N'tchugal evidenciaram valores intermédios, situando-se entre os valores mais elevados e os mais baixos registados nas diferentes localidades analisadas (tabela XLIX).

Tabela XLIX. Acumulação térmica de crescimento do arroz (GDD, °C) no período 2022- 2024

2022										
meses	Bissorã	Buba	Bubaque	Cacheu	Cafine	Elalab	Malafo	N'tchugal	Quibil	S. Domingos
Julho	508,1	518,3	502,8	510,0	496,6	523,2	502,6	521,1	496,2	507,3
Jul-Ago	998,1	1029,5	998,0	1002,2	981,7	1032,9	988,1	1013,2	975,7	999,3
Jul-Set	1473,3	1532,5	1488,1	1478,8	1460,1	1532,8	1456,7	1495,0	1452,1	1475,9
Jul-Out	1981,6	2061,1	2028,0	1998,7	1980,3	2073,2	1968,7	2016,6	1970,5	1985,7
Jul-Nov	2399,1	2573,4	2557,0	2451,6	2464,7	2559,0	2411,6	2480,1	2455,7	2395,6
Jul-Dez	2788,4	3032,6	3074,3	2887,1	2935,7	3016,7	2833,6	2920,3	2935,2	2775,1
2023										
meses	Bissorã	Buba	Bubaque	Cacheu	Cafine	Elalab	Malafo	N'tchugal	Quibil	S. Domingos
Julho	524,4	518,3	531,2	526,0	521,3	542,5	519,1	533,6	533,5	522,7
Jul-Ago	1030,0	1029,5	1055,8	1041,0	1037,3	1070,9	1024,9	1048,1	1058,3	1032,6
Jul-Set	1528,0	1532,5	1575,9	1547,4	1548,9	1594,6	1522,2	1550,9	1584,4	1533,1
Jul-Out	2060,4	2061,1	2127,2	2085,2	2071,0	2150,5	2043,9	2087,4	2120,7	2063,2
Jul-Nov	2516,6	2573,4	2674,8	2574,1	2589,0	2661,7	2518,1	2582,0	2647,8	2509,8
Jul-Dez	2896,1	3032,6	3188,2	3015,1	3056,7	3122,9	2935,2	3017,9	3119,7	2886,0
2024										
meses	Bissorã	Buba	Bubaque	Cacheu	Cafine	Elalab	Malafo	N'tchugal	Quibil	S. Domingos
Julho	512,9	516,2	510,3	514,1	514,1	523,6	513,4	522,5	524,7	511,0
Jul-Ago	1016,7	1017,0	1011,9	1025,0	1018,4	1051,1	1013,6	1033,1	1038,1	1018,9
Jul-Set	1494,2	1498,1	1497,4	1508,2	1510,0	1548,7	1492,2	1517,3	1541,7	1496,3
Jul-Out	2018,3	2013,6	2026,7	2034,0	2024,9	2090,5	1999,8	2046,0	2070,8	2009,6
Jul-Nov	2480,7	2530,4	2573,2	2531,2	2552,3	2609,2	2483,7	2550,8	2597,9	2467,7
Jul-Dez	2854,1	2970,9	3072,6	2957,9	2922,9	3064,7	2888,8	2382,6	3052,6	2841,3

### 7.2.5. Stress por calor

A distribuição dos dias com temperatura máxima igual ou superior a 35 °C, ao longo dos meses correspondentes ao ciclo de desenvolvimento do arroz (julho a novembro; meses pertencentes à estação chuvosa), durante o período de 2022 a 2024, revela que este fenómeno foi raramente registado. Contudo, o mês de novembro destaca-se com a média regional (todas as estações) mais elevada nos anos de 2023 (1,4 dias com  $T > 35^{\circ}\text{C}$ ) e 2024 (3,4 dias com  $T > 35^{\circ}\text{C}$ ) (tabela L).

Do ponto de vista evolutivo, em 2022 não se verificou qualquer ocorrência de temperaturas máximas  $\geq 35^{\circ}\text{C}$  em nenhuma das estações meteorológicas nem em qualquer mês. Já em 2023, observaram-se episódios isolados em algumas localidades, nomeadamente: Buba (novembro), Quibil (setembro, outubro e novembro), Bissorã (julho e outubro) e Cacheu (novembro).

No ano de 2024, registou-se um aumento significativo na frequência de temperaturas extremas, particularmente em novembro, que atingiu uma média mensal de 3,4 dias, com maior incidência nas localidades de Malafo (11 dias), Quibil (12 dias) e Cacheu (6 dias).

Importa referir que, ao longo de todo o período em análise, não foram observadas temperaturas máximas  $\geq 35^{\circ}\text{C}$  nas estações de Cafine, Elalab, Buba e Bubaque, o que poderá estar relacionado com a proximidade destas localidades à área costeira, onde a influência marítima tende a moderar os extremos térmicos.

É de salientar que, as temperaturas  $\geq 35^{\circ}\text{C}$  que ocorrem durante o período do desenvolvimento do arroz podem reduzir a qualidade dos grãos, provocar estresse térmico em variedades sensíveis e aumentar perdas por desidratação ou abortamento floral, caso ainda haja plantas em fase reprodutiva.

No que diz respeito a dias com temperatura máxima igual ou superior a 38 °C (considerados extremamente quentes), observa-se que durante a estação chuvosa (de julho a novembro), esses episódios foram absolutamente inexistentes.

Tabela L. Número de dias com temperatura máxima  $\geq 35^{\circ}\text{C}$  ao longo da época do desenvolvimento do arroz

Número de dias com temperatura máxima $\geq 35^{\circ}\text{C}$						Número de dias com temperatura máxima $\geq 38^{\circ}\text{C}$					
2023						2024					
Estação/Mês	Jul	Ag	Set	Out	Nov	Estação/Mês	Jul	Ag	Set	Out	Nov
Cafine	0	0	0	0	0	Cafine	0	0	0	0	0
Elalab	0	0	0	0	0	Elalab	0	0	0	0	0
Malafo	0	0	0	0	0	Malafo	0	0	0	0	11
N´chugal	0	0	0	0	0	N´chugal	0	0	0	0	1
Buba	0	0	0	0	2	Buba	0	0	0	0	0
S. Domingos	0	0	0	0	0	S. Domingos	0	0	0	0	3
Quibil	0	0	4	2	9	Quibil	0	0	0	1	12
Bissorã	1	0	0	3	0	Bissorã	0	0	0	0	1
Bubaque	0	0	0	0	0	Bubaque	0	0	0	0	0
Cacheu	0	0	0	0	3	Cacheu	0	0	0	0	6
Média do mês	0,1	0,0	0,4	0,5	1,4	Média do mês	0,0	0,0	0,0	0,1	3,4

### 7.2.6. Ventos fortes

A Tabela LI apresenta o número de dias com ocorrência de rajadas máximas de vento superiores a 8 m/s, registadas entre 2022 e 2024, nas dez estações de monitorização Malmon, durante os meses correspondentes ao ciclo de desenvolvimento do arroz.

De forma geral, os meses de julho e agosto registam, em média, entre 11 e 13 dias com ventos superiores a 8 m/s. Setembro e outubro apresentam uma frequência média inferior, entre 7 e 10 dias, enquanto em novembro e dezembro essa frequência não ultrapassa os 3 dias, sem variações significativas entre os três anos analisados.

Relativamente à distribuição geográfica, as localidades de Elalab (no Norte) e Cafine e Buba (no Sul) destacam-se com as maiores frequências de dias com registo de rajadas fortes, com médias no triénio 2022-2024 entre 18 e 20 dias em Elalab, e entre 12 e 16 dias em Cafine e Buba. Por outro lado, Cacheu e Bissorã apresentam as menores ocorrências, com menos de 3 dias por mês com ventos máximos superiores a 8 m/s.

Importa salientar que rajadas de vento superiores a 8 m/s podem provocar danos significativos nos colmos e folhas das plantas, aumentar a evapotranspiração e comprometer processos críticos como a polinização e o enchimento dos grãos, especialmente se coincidirem com a fase de floração do arroz. Os danos físicos nas plantas poderão ser agravados se o impacto dos ventos fortes ocorrer conjuntamente com chuva, pois o maior peso levará eventualmente a uma maior deformação das panículas (Hitaka, 2016).

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

*Tabela LI. Nº de dias c/ rajadas máximas de vento > 8m/s*

2022							
Estação/Mês	Jul	Ag	Set	Out	Nov	Dez	Média 2022-2024
Cafine	24	22	22	16	3	3	15
Elalab	28	30	26	16	4	17	20
Malafo	3	4	5	1	0	0	2
N´tchugal	9	9	8	10	1	4	7
Buba	22	17	21	9	2	2	12
S. Domingos	10	7	11	5	0	0	6
Quibil	7	2	7	6	0	0	4
Bissorã	2	4	4	4	0	0	2
Bubaque	7	8	9	6	1	2	6
Cacheu	5	5	3	0	0	0	2
Média do mês	12	11	12	7	1	3	
2023							
Estação/Mês	Jul	Ag	Set	Out	Nov	Dez	Média 2022-2024
Cafine	24	16	14	18	1	4	13
Elalab	28	30	22	17	4	9	18
Malafo	10	5	4	6	0	0	4
N´tchugal	15	11	13	14	1	5	10
Buba	27	22	13	12	2	3	13
S. Domingos	7	10	8	11	0	0	6
Quibil	4	3	7	3	0	0	3
Bissorã	2	5	1	2	0	1	2
Bubaque	8	6	6	7	1	2	5
Cacheu	8	9	2	1	0	0	3
Média do mês	13	12	9	9	1	2	
2024							
Estação/Mês	Jul	Ag	Set	Out	Nov	dez	Média 2022-2024
Cafine	28	24	19	21	0	2	16
Elalab	26	30	21	19	1	16	19
Malafo	4	4	1	0	0	0	2
N´tchugal	9	9	5	11	0	1	6
Buba	27	26	18	16	2	6	16
S. Domingos	3	6	6	7	0	2	4
Quibil	11	11	7	11	0	1	7
Bissorã	3	3	1	3	0	0	2
Bubaque	4	9	4	8	0	2	5
Cacheu	2	2	2	1	0	0	1
Média do mês	12	12	8	10	0	3	

### 7.3 Discussão de resultados

A variação da temperatura média anual na área de estudo apresentou valores muito próximos aos registados por Sambú (2003) e ligeiramente inferiores aos valores médios nacionais do período 1981-2020, que se situam entre 25,8 °C e 28,0 °C nas regiões costeiras e entre 24,7 °C e 30,7 °C na região continental. Comparativamente, as temperaturas médias anuais da área estudada foram inferiores às observadas no período mais recente na região central do país. A distribuição da temperatura média anual no país enquadra-se na gama de variação observada nas diferentes regiões da África Ocidental, que vai dos 22,0°C aos 28,0°C (USAID, 2018). As temperaturas médias mensais na área de estudo variam de modo significativo ao longo do ano, com valores mais baixos observados entre dezembro e fevereiro, variando entre 24,4°C a 25,4°C, ocorrendo os valores mensais mais altos entre abril e junho, com variações entre 27,8°C e 28,5°C. As temperaturas mínimas mais baixas ocorrem entre dezembro e fevereiro, situando-se entre 17,7°C e 18,6°C e as máximas mais elevadas são registadas entre março e maio, variando entre 35,4°C e 36,6°C. As amplitudes térmicas são mais altas no período seco (10-17°C) em comparação com o período chuvoso (5-9°C), correspondendo também ao período de máxima humidade relativa do ar, que varia entre 80 e 90%.

Quanto aos valores extremos, as temperaturas mínimas absolutas mais baixas observam-se nos meses de dezembro a fevereiro (14-15°C), enquanto as máximas absolutas mais elevadas ocorrem de março a maio (39,7-40,6°C).

A ocorrência mensal de dias com temperatura máxima igual ou superior a 35 °C durante o ciclo de desenvolvimento da cultura do arroz revelou-se praticamente inexistente. O mês de novembro destacou-se como o período com maior número de registos, variando entre 1,4 e 3,4 dias nos anos de 2023 e 2024 (respetivamente, a média nos 10 locais monitorizados). Importa ainda referir que, ao longo da estação chuvosa correspondente ao período em análise, não foram registadas temperaturas iguais ou superiores a 38 °C.

Temperaturas superiores a 35°C podem ser prejudiciais para o desenvolvimento do arroz, podendo causar o abortamento das flores e uma maior percentagem de esterilidade das espiguetas (Chauhan et al., 2017; Yoshida, 1981). Além disso, altas temperaturas aceleram a evapotranspiração das plantas (Kim et al., 2013) e, quando combinadas com a diminuição da precipitação, aumentam o stress hídrico para as plantas de arroz.

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

A temperatura média durante o período de estudo nas áreas costeiras variou entre 25,7 °C e 27°C. Desta forma, não se identificam grandes diferenças de temperatura média entre as localidades.

Quanto às temperaturas máximas médias anuais, o valor mais elevado registado foi de 34,5°C em Bissorã, enquanto a mais baixa foi de 30,9°C em Bubaque. A temperatura mínima média mais baixa observada foi de 20,1°C em Bissorã, e a mínima mais alta foi de 24,2°C em Bubaque.

No geral, as temperaturas médias observadas durante o período de estudo nas diferentes áreas do estudo situam-se dentro da faixa das temperaturas consideradas ideais para o desenvolvimento da planta do arroz, que varia entre 25°C e 35°C (CONAB, 2015; Yoshida, 1981) e, portanto, este parâmetro não constituiu um fator limitante para o desenvolvimento do arroz.

A distribuição de precipitação ao longo da área de estudo revela um expressivo aumento de Norte para Sul. Na região norte, que engloba a região de Cacheu e Oio, a precipitação total anual varia em média entre 1280,0mm a mais de 1600mm. Já no Sul e nas ilhas, que englobam as regiões de Quinará, Tombali e Bolama-Bijagós, a precipitação total média anual varia entre 1650 mm a mais de 2000 mm por ano.

Considerando os totais anuais acumulados de precipitação (2021-2024), o ano de 2024 evidenciou-se como o mais pluvioso em quase todas as estações meteorológicas analisadas, apesar de um início da estação chuvosa ligeiramente tardio.

Os valores extremos de precipitação máxima diária variam entre 66,7mm registado em Bissorã no Norte, e 229,1 mm registado em Bubaque no Sul do país. Por outro lado, o total máximo de precipitação acumulado em 3 dias consecutivos observado durante o período de estudo varia entre 86,8 mm e 384,3 mm respetivamente em Bissorã na Região de Oio e Cafine na Região de Tombali, enquanto o total máximo acumulado em 5 dias consecutivos varia entre 87,3mm mm e 463,5 mm nas mesmas localidades, demonstrando uma grande variabilidade entre o Norte e o Sul.

As chuvas intensas e extremas, acumuladas ao longo de vários dias consecutivos, são uma das principais causas de inundações nos campos agrícolas, especialmente nos arrozais. Isto cria grandes dificuldades para os agricultores na gestão da água e na drenagem das *bolanhas*, o que pode resultar no atraso de diversas atividades agrícolas (Mendes & Fragoso, 2023).

O número médio de dias com precipitação igual ou superior a 1,0 mm variou entre 63 e 107 dias/ano, enquanto os dias com precipitação igual ou superior a 10,0 mm variaram entre 34 e 56 dias/ano, evidenciando uma significativa diferença entre o Norte e o Sul. Relativamente ao número de eventos de precipitação extrema, com valores iguais ou superiores a 50 e 100 mm no período analisado, a região Sul registou uma maior frequência desses dias em comparação com a região Norte.

O estudo climático da Guiné Portuguesa, apresentado no boletim cultural Nº47 por Guimarães (1959), com base em mapas mensais das médias de 1953-1957, evidenciou que o número de dias com precipitação igual ou superior a 1,0 mm variava entre 97 e 148 dias, enquanto os dias com precipitação igual ou superior a 10,0 mm oscilavam entre 50 e 70 dias. Os resultados recentes demonstram uma redução da frequência dias chuvosos assim como os extremos máximos diários, em comparação com esses registos da década de 50 do século XX.

Ao longo do ano, a estação chuvosa começa em maio, atinge o seu pico em agosto e começa a diminuir progressivamente, terminando em novembro de cada ano. Os meses de julho, agosto e setembro são os que têm o maior número de dias chuvosos.

Quanto às condições hídricas para o desenvolvimento do arroz, a área do estudo apresenta condições favoráveis, uma vez que o seu cultivo pode ser feito nas localidades onde a precipitação anual excede 1000 mm (Datta, 1981; Penot, 2013; Yoshida, 1981), dependendo do tipo de variedade e ciclo do arroz.

No entanto, as chuvas extremas acima de determinados limiares (e.g., >50 mm, >100 mm ou >150 mm em 24h) representam sérios riscos para a produção de arroz, sobretudo na gestão de água nas parcelas que frequentemente resultam no rompimento de diques de proteção e no atraso das operações agrícolas. A situação agrava-se quando ocorrem chuvas consecutivas, comprometendo ainda mais o trabalho dos agricultores e a produtividade final. Durante a germinação, o excesso de água pode causar asfixia radicular, perda de plântulas e lixiviação de nutrientes, reduzindo a eficácia da adubação. Na floração, as chuvas intensas perturbam a polinização, levando à formação de flores estéreis. Já na maturação, podem provocar a germinação pré-colheita dos grãos, resultando em perdas significativas.

A radiação solar média mensal na área de estudo varia entre 370 -570 MJ/m<sup>2</sup>, e tem um papel importante durante as fases de desenvolvimento do arroz, especialmente na fase reprodutiva (Datta, 1981; Yoshida, 1978).

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

A velocidade média predominante do vento em quatro estações de monitorização situa-se entre 0,5 e 2,10 m/s (Cacheu, São Domingos, Malafo e Cafine), com uma frequência de ocorrência entre 70% e 85% para esta classe de velocidade. Estes valores são considerados reduzidos e não prejudiciais para a cultura do arroz (Datta, 1981). As direções do vento revelam-se bastante variáveis ao longo do ano, o que poderá estar relacionado as condições topográficas e de rugosidade da superfície no entorno das estações que se encontra a uma altura de 1,5 m.

Relativamente às rajadas de vento com velocidades superiores a 8 m/s, os meses de julho e agosto registam uma maior incidência destes eventos, sendo as localidades costeiras de Elalab, Cafine e Buba as mais afetadas. De entre os vários condicionantes climáticos analisados para a cultura do arroz nas regiões costeiras da Guiné-Bissau, os ventos fortes destacam-se como um fator de risco relevante, em especial nas áreas mais próximas do oceano, como Elalab, Buba e Cafine. De facto, os ventos fortes podem exercer efeitos adversos sobre a cultura do arroz, especialmente durante a fase reprodutiva, nomeadamente após a emissão da panícula e durante o enchimento dos grãos (Brito, 2009).

### 7.4. Conclusão e recomendações para a adaptação

#### Conclusão

Compreender as características climáticas nas principais regiões produtoras do arroz de mangal é importante na medida em que pode permitir ajustar as atividades agrícolas aos períodos adequados e maximizar o rendimento das cultivares. O estudo das condições climáticas nas áreas costeiras do país, realizado com base na análise de dados de dez estações meteorológicas instaladas nas três regiões de intervenção do projeto Malmon, revelou uma significativa variabilidade espacial na precipitação, com a região de Cacheu a ser a menos chuvosa e as regiões do Sul a sobressaírem como as mais chuvosas.

As precipitações médias anuais evidenciam uma considerável variabilidade espacial e temporal, nas áreas analisadas, embora apresentem, de um modo geral, condições hídricas favoráveis ao cultivo do arroz. No entanto, a distribuição irregular da chuva no tempo e no espaço é o principal desafio para os agricultores na planificação das suas atividades. A variabilidade no início da estação chuvosa não facilita os agricultores tanto na escolha de variedades apropriadas, como também na obtenção de boas produções agrícolas, nomeadamente de arroz, a cultura prevalecente na área de estudo.

De um modo geral, o ano de 2021 apresentou os valores de precipitação total mais baixos, comparativamente com os restantes anos. Em termos da distribuição espacial, apesar do ano 2024 ser caracterizado como o mais chuvoso, observou-se um início das chuvas mais tardio, sobretudo nas regiões de Cacheu (São Domingos, Elalab e Cacheu) e Oio (N'tchugal), tendo como consequência atraso no início de operações agrícolas e numa maior concentração das chuvas nos meses tradicionalmente mais húmidos.

As chuvas abundantes, com registos diários superiores a 100mm, provocam extensas inundações e, muitas vezes, dificultam severamente o trabalho dos camponeses, gerando dificuldades na gestão da água nas parcelas, e perturbando, assim, o calendário das atividades agrícolas.

Não existe um contraste muito expressivo nas temperaturas médias ao nível de três regiões, mas constatou-se que as amplitudes térmicas são bastante mais elevadas na época seca, situando-se entre 15°C e 20°C, em comparação a época da chuva, cujo valor típico se situa entre 7 e 10°C.

A radiação solar observada no período de cultivo é bastante significativa e é muito determinante no desenvolvimento, crescimento, produção e rendimento da cultura do arroz. A humidade relativa é muito elevada na época chuvosa e moderada na época seca e os ventos dominantes nas áreas costeiras estudadas apresentam direções variáveis, com velocidades médias situadas entre 0,4 e 2,5m/s.

Tendo em consideração a variabilidade do início da estação chuvosa na África Ocidental, as previsões sazonais, baseadas em modelos climáticos globais e regionais, dados históricos e padrões oceânicos podem desempenhar um papel relevante no apoio à tomada de decisão dos agricultores quanto ao tipo de ciclo de cultivo de arroz a utilizar, ao fornecer tendências sobre o comportamento das chuvas e, assim, contribuir para a minimização dos riscos de perdas de produção.

Apesar das condições climáticas serem globalmente favoráveis à cultura do arroz de mangal, podemos destacar outros fatores importantes que podem influenciar as produções, como o caso da qualidade do solo, a salinização devido a degradação da área orizícola, as infestações e pragas das culturas, assim como o mecanismo de gestão da água nas parcelas.

### Recomendações para a adaptação

Com base na análise das condições climáticas observadas nas regiões costeiras da Guiné-Bissau e nos desafios enfrentados pelos agricultores nas áreas produtoras de arroz de mangal, apresentam-se, a seguir, recomendações essenciais para reforçar a resiliência da agricultura local face à variabilidade climática:

1. *Integração das previsões sazonais nas decisões agrícolas*  
Recomenda-se a incorporação sistemática das previsões climáticas sazonais no processo de tomada de decisão agrícola, sobretudo no que respeita à definição do início do ciclo cultural do arroz. Esta abordagem pode permitir uma melhor adaptação às flutuações climáticas e reduzir os riscos associados à imprevisibilidade do regime pluviométrico.
2. *Seleção criteriosa de variedades de arroz adaptadas ao cenário climático previsto*  
Com base nas previsões sazonais, deverá ser promovida a escolha de variedades de arroz com ciclos de desenvolvimento ajustados ao comportamento esperado da estação das chuvas. Por exemplo, em anos em que se antecipa um início tardio da precipitação, é aconselhável a utilização de cultivares de ciclo curto ou médio, com maior capacidade de adaptação e menor exposição a perdas produtivas.
3. *Planeamento agrícola alinhado ao calendário climático local*  
É fundamental reestruturar o planeamento das atividades agrícolas com base num calendário agrícola que reflita as especificidades climáticas locais, permitindo aos agricultores otimizar o uso dos recursos naturais e melhorar o rendimento das culturas, minimizando os impactos da variabilidade intra e interanual da precipitação.
4. *Melhoria da gestão hídrica nas explorações agrícolas*  
Recomenda-se o investimento na reabilitação e construção de infraestruturas de drenagem e retenção hídrica, com vista a uma melhor capacidade de resposta às chuvas intensas (superiores a 100 mm diários) e à prevenção de inundações prolongadas. A implementação de técnicas adequadas de gestão da água nas parcelas contribuirá significativamente para a estabilidade produtiva das culturas orizícolas.
5. *Reforço das práticas de conservação e melhoria da fertilidade dos solos*  
Deverá ser incentivada a adoção de práticas sustentáveis de manejo do solo, como a adubação orgânica, a cobertura vegetal e a rotação de culturas, que promovam a

conservação da estrutura e fertilidade dos solos, enquanto contribuem para a mitigação da salinização e da degradação das áreas de cultivo de arroz.

6. *Implementação de estratégias integradas de controlo de pragas e doenças*

A criação de programas comunitários de vigilância e resposta fitossanitária, com base no controlo integrado de pragas e doenças, é essencial para minimizar os impactos negativos sobre a produtividade, promovendo ao mesmo tempo a sustentabilidade ecológica das explorações agrícolas.

7. *Capacitação contínua dos agricultores em adaptação climática e gestão de riscos*

É imprescindível reforçar os serviços de extensão rural e a intervenção do Ministério da Agricultura na promoção de ações de formação contínua dirigidas aos agricultores. Estas ações devem abranger temas como adaptação às alterações climáticas, gestão de riscos agrícolas e boas práticas agrícolas, assegurando o acompanhamento técnico permanente dos camponeses e o reforço das suas capacidades de resposta às dinâmicas ambientais.



## CAPÍTULO 8. MODELAÇÃO DE PRODUÇÃO FUTURA DO ARROZ DE MANGAL BASEADA NOS CENÁRIOS CLIMÁTICOS FUTUROS

### **8.1 Validação das Simulações: Rendimento e Duração do Ciclo**

Após a calibração do modelo, foi possível obter resultados simulados de rendimento razoavelmente comparáveis com os dados observados em campo para as duas localidades de ensaio (Elalab e Cafiine; Tabela LII).

Para a variedade Caublak, o rendimento observado na parcela 1 foi de 2358,0 kg/ha, enquanto o valor estimado pela simulação foi de 2348,0 kg/ha. Na parcela 2, o rendimento observado foi de 2072,0 kg/ha, em contraste com os 2167,0 kg/ha obtidos na simulação.

No caso da variedade Edjur, os rendimentos observados variaram entre 1936,8 kg/ha e 2275,4 kg/ha, enquanto a produtividade simulada apresentou uma média de 1969,0 kg/ha.

Estes resultados evidenciam uma boa aproximação entre os valores simulados e observados, sugerindo uma calibração adequada dos coeficientes genéticos das cultivares no modelo DSSAT.

Relativamente à duração do ciclo da cultura, a variedade Caublak apresentou uma duração observada entre 111 e 130 dias, desde a sementeira até à maturidade fisiológica, dependendo das datas de sementeira adotadas. A simulação estimou uma duração compreendida entre 117 e 123 dias, revelando uma correspondência satisfatória com os dados reais.

Para a variedade Edjur, o ciclo observado foi de 90 dias, sendo o valor simulado ligeiramente superior, com 93 dias.

No caso da variedade Caublak, constatou-se que as datas de sementeira influenciam significativamente a duração do ciclo: quanto mais precoce for a sementeira, maior tende a ser o número de dias até à maturação, enquanto sementeiras mais tardias conduzem a um encurtamento do ciclo. Este comportamento está em linha com a sensibilidade fenológica da cultura às condições climáticas iniciais do desenvolvimento.

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

Tabela LII. Comparação dos dados de rendimento de produção de arroz de duas variedades em comparação com os dados simulados pelo modelo DSSAT CERES-Rice

Nome da variedade de arroz	Repetição	Duração do ciclo em dias		Rendimento em kg/ha	
		Observado	Simulado	Observado	Simulado
<i>Caublak</i>	1	120	120	2358	2348
<i>Caublak</i>	2	111	117	2072	2167
<i>Edjur</i>	1	90	93	1936.8	1969,0
<i>Edjur</i>	2	90	93	2275.4	1969,0

\*Dados de produção de 2021, obtido através da colaboração entre equipa de doutoramento de Malmon-Desira e com o apoio dos estudantes da Universidade Lusófona e agricultores do projeto

### 8.2. Índices de anomalias Futuras de Precipitação e Temperatura

As anomalias futuras de precipitação e temperatura foram calculadas com base nos dados de saída dos cinco melhores modelos selecionados para cada local e cenário climático para os dois horizontes temporais (2040-2069 e 2070-2099), em relação à média climatológica de 1984-2013.

#### 8.2.1. Índice de anomalia Futura de Precipitação em Elalab para o cenário RCP4.5 e RCP8.5

No que diz respeito aos índices de anomalias de precipitação, para o cenário RCP4.5 os dados obtidos apontam para uma tendência predominantemente negativa, evidenciando reduções nos volumes médios de precipitação previstas pela maioria dos modelos climáticos analisados, tanto para horizonte 2040-2069, como também para horizonte 2070-2099.

No horizonte temporal de 2040-2069 (Figura 74.A), constata-se que, à exceção do modelo CCSM4, todos os modelos projetam anomalias negativas de precipitação, com valores a oscilar entre -0,3 - considerado ano normal ou próximo de normal - e -1,7, que corresponde a seca severa. O modelo HADGEM2-ES sobressai por apresentar a anomalia mais acentuada, o que está em consonância com a sua tendência para simular cenários mais quentes e áridos. Em contrapartida, o modelo CCSM4, conhecido pela sua capacidade de representar condições climáticas mais húmidas e frescas, é o único a prever uma anomalia positiva de +0,5, o que sugere um ligeiro aumento da precipitação nesse intervalo temporal.

No entanto, durante o período de 2070 - 2099 (Figura 74.B), observa-se uma convergência nas projeções entre os modelos, com todos a indicarem anomalias negativas de precipitação, confirmando assim um cenário de agravamento da escassez hídrica no futuro. As variações neste horizonte situam-se entre -0,34 e -1,2, sendo o modelo GISS-E2-R aquele que indica as condições mais críticas de redução da precipitação.

No cenário RCP8.5, os resultados são ainda mais críticos (Figura 74. C e D). No horizonte 2040–2069, observa-se uma dispersão entre modelos, com o GFDL-ESM2 a apresentar uma anomalia positiva (+0,7), contrastando com valores negativos acentuados, como os do IPSL-CM5A-MR (-1,4 – seca moderada). Para o final do século (2070–2099) (Figura 74. D), todas as projeções indicam reduções, com destaque para o IPSL-CM5A-MR, que prevê a maior anomalia negativa (-2,0 – seca extrema). Em contraste, o modelo GFDL-ESM2 mantém uma projeção positiva, com anomalia superior a +1,0 (período húmido moderado), enquanto o modelo BCC-CSM1-1 apresenta uma condição próxima da neutralidade, com anomalia praticamente nula.

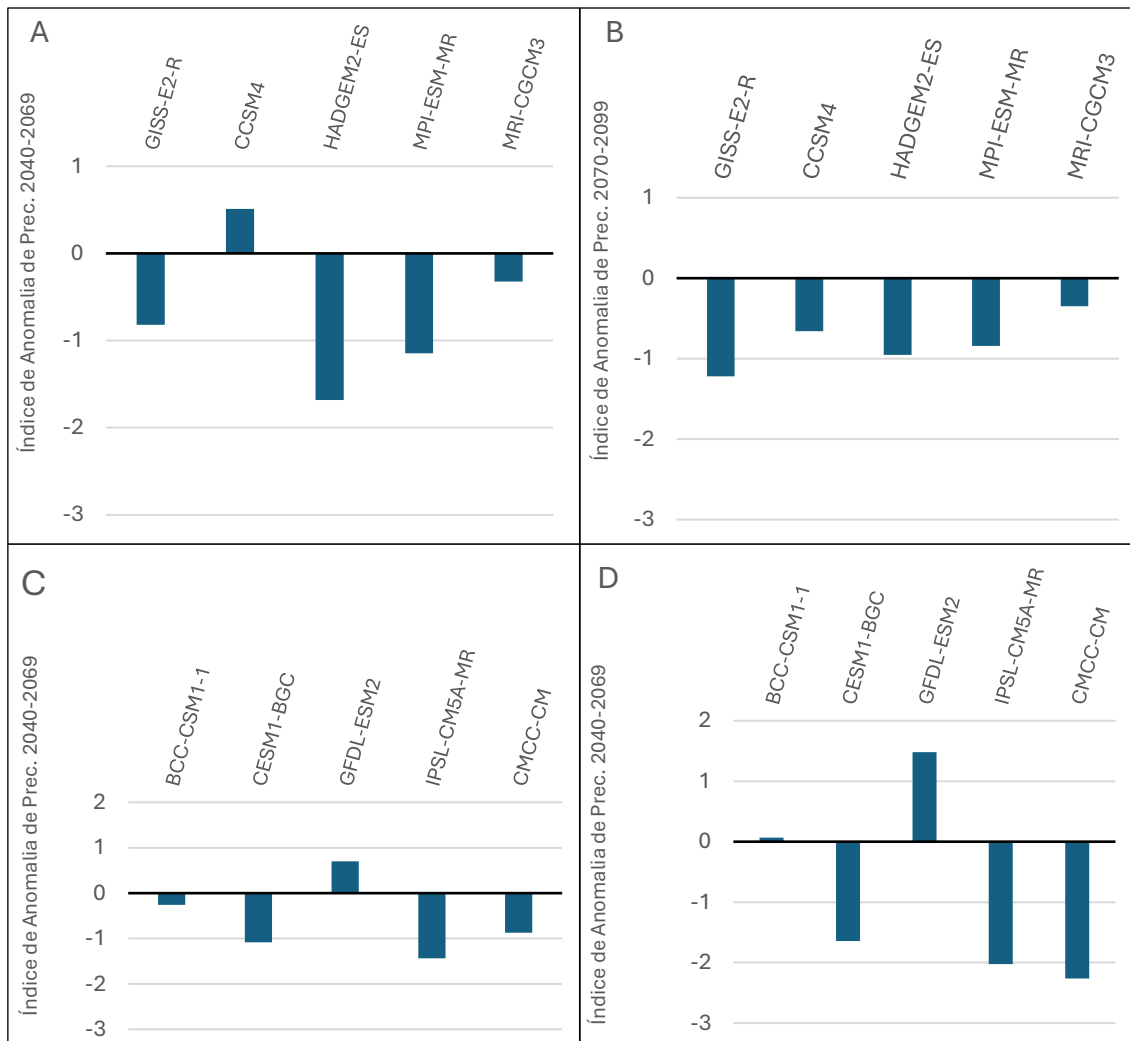


Figura 74. Índice de anomalia de precipitação nos horizontes 2040-2069 e 2070-2099 do cenário RCP4.5 e RCP8.5 da estação Elalab no Norte do país

### 8.2.2. Índice de anomalias de temperatura máxima e mínima na estação de Elalab

No que respeita às anomalias de temperatura máxima e mínima, todos os modelos climáticos analisados indicam um aumento das temperaturas, ou seja, anomalias positivas em todos os cenários climáticos e horizontes temporais considerados.

No cenário RCP4.5 (figura 75), para o período de 2040 a 2069, correspondente ao meio do século, as anomalias projetadas da temperatura máxima variam entre +1,6°C, valor mínimo estimado pelo modelo CCSM4, e +2,6°C, valor máximo registado pelo modelo HADGEM2-ES, o qual se destaca por antecipar condições mais quentes e secas (figura 75.A).

Esta tendência de aumento intensifica-se no final do século (2070 a 2099) (figura 75.B), com as anomalias de temperatura máxima a oscilarem entre +1,9 e +3,6°C. O modelo CCSM4 continua a projetar o aquecimento menos acentuado (+1,9°C), enquanto

o HADGEM2-ES mantém a previsão mais extrema (+3,6), reforçando a sua tendência para simular cenários climáticos mais quentes e severos.

Relativamente às anomalias de temperatura mínima para o mesmo cenário, (RCP4.5), observa-se um aquecimento ainda mais expressivo em comparação com as temperaturas máximas. No horizonte de 2040 – 2069 (figura 75.C), as anomalias positivas oscilam entre +2,7 e +4,4°C, demonstrando uma maior elevação das temperaturas mínimas noturnas. Este padrão acentua-se no horizonte temporal de 2070 a 2099 (figura 75.D), com variações entre +3,1 e +5,9°C. Uma vez mais, o modelo HADGEM2-ES destaca-se como o mais extremo, projetando as condições mais severas de aumento térmico, tanto nas temperaturas mínimas como nas máximas.

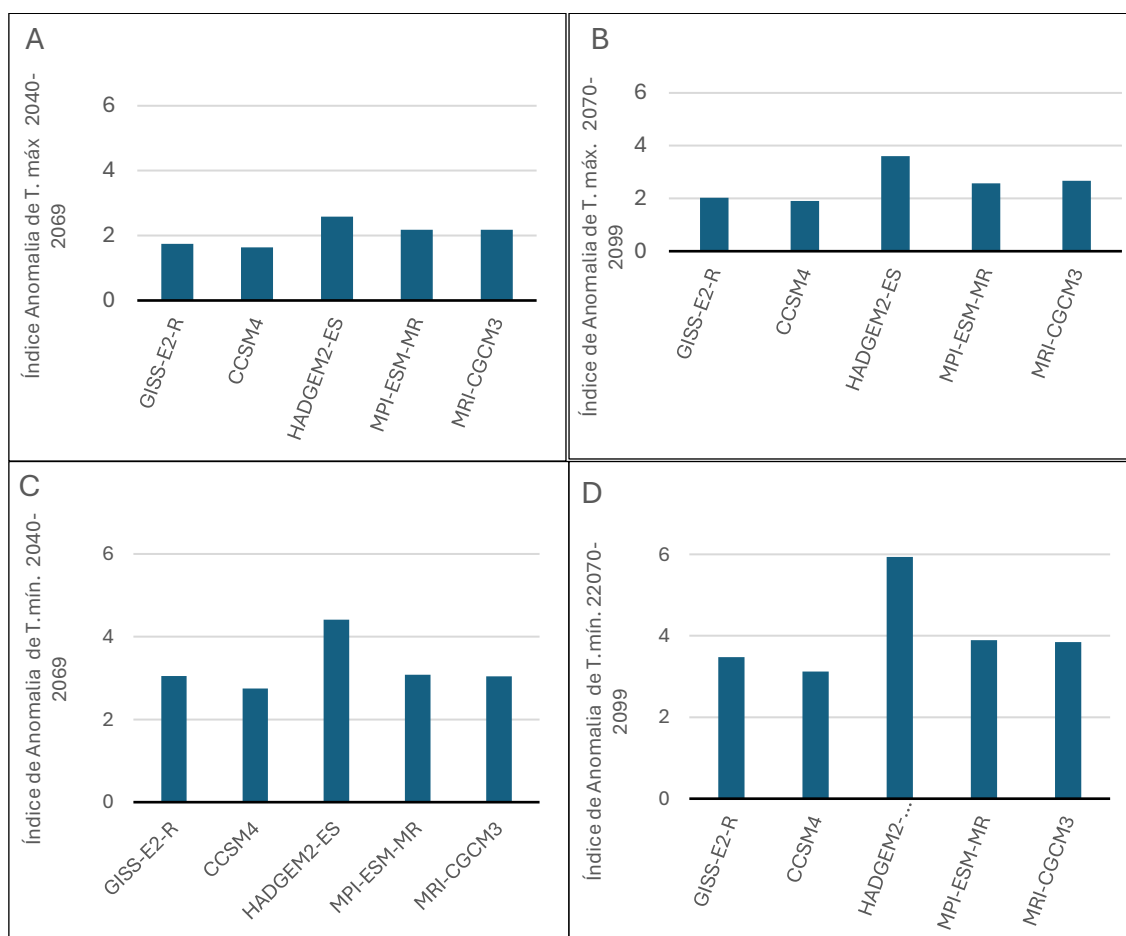


Figura 75. Índice de anomalia de temperatura máxima e mínima nos horizontes 2040-2069 e 2070-2099 no cenário RCP4.5 da estação de Elalab no Norte do país.

Quanto ao cenário RCP8.5 (figura 76), para os horizontes temporais de 2040–2069 e 2070–2099, todos os modelos climáticos considerados apontam para anomalias positivas, evidenciando um aumento tanto da temperatura máxima como da mínima.

No caso da temperatura máxima, no período de 2040–2069 (figura 76.A), as anomalias positivas projetadas variam entre +1,3 e +2,9°C, sendo o modelo CMCC-CM aquele que projeta o maior aumento. Para 2070–2099 (figura 76.B), os valores aumentam significativamente, situando-se entre +1,7 e +4,2°C com destaque novamente para o modelo CMCC-CM, que projeta o maior valor. Na temperatura mínima e no horizonte 2040–2069 (figura 76.C), as anomalias oscilam entre +2,5 e +4,2.

No período 2070–2099 (figura 76.D), observa-se uma intensificação do aquecimento, com anomalias entre +2,8 e +5,8 °C, sendo o CMCC-CM e o IPSL-CM5A-MR os modelos com projeções mais severas.

Em ambos os horizontes, verifica-se uma tendência consistente de aumento progressivo das temperaturas mínimas e máximas, refletindo um cenário de agravamento do aquecimento global no final do século XXI.

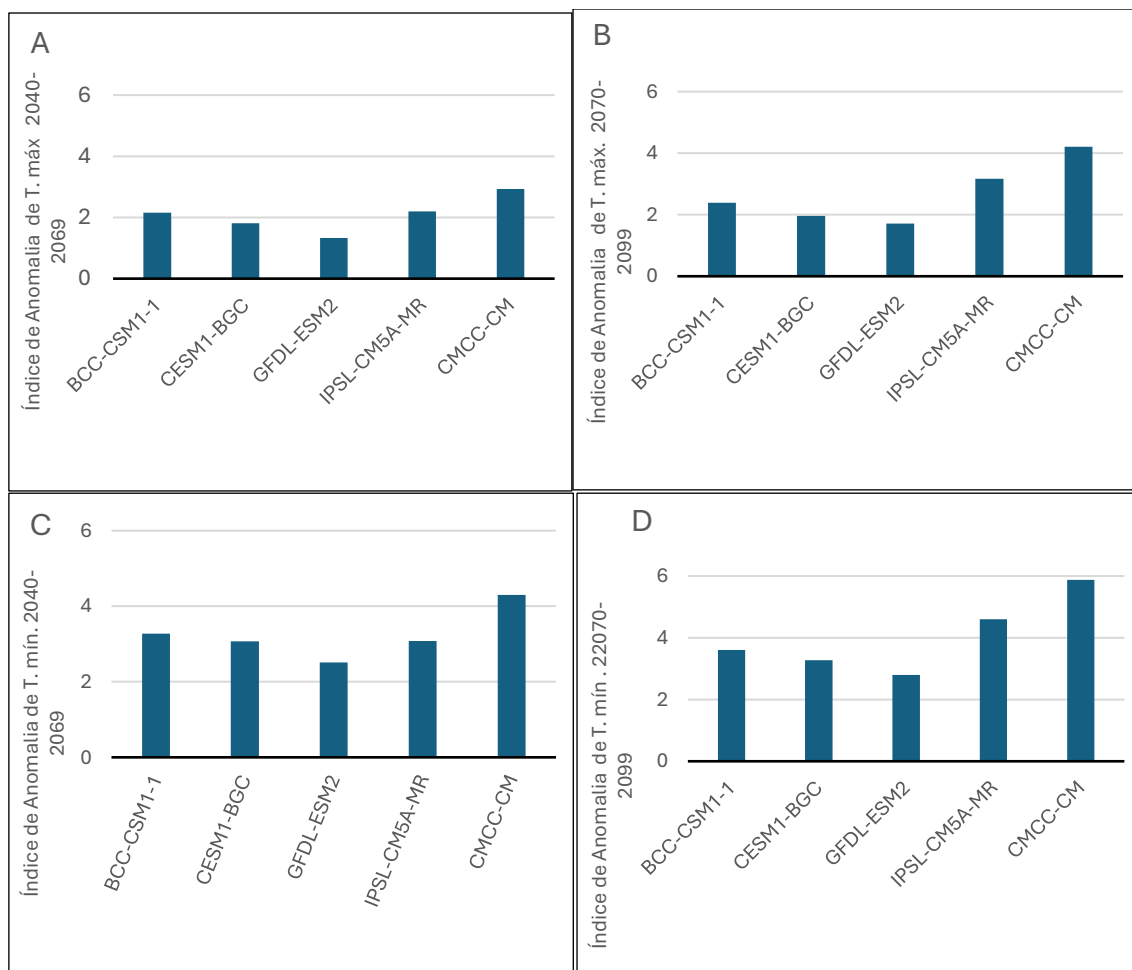


Figura 76. Índice de anomalia (°C) de temperatura máxima e mínima nos horizontes 2040-2069 e 2070-2099 no cenário RCP8.5 da estação de Elalab no Norte do país

### 8.2.3. Índice de Anomalia de precipitação futura em Cafine para o cenário RCP4.5 e RCP8.5

A figura 77 ilustra os índices de anomalias de precipitação projetadas para os horizontes temporais 2040–2069 e 2070–2099, sob os cenários RCP4.5 e RCP8.5, para a estação de Cafine.

No cenário RCP4.5, observa-se que, para o horizonte 2040–2069 (figura 77.A), a maioria dos modelos projeta anomalias negativas, com destaque para o modelo HADGEM2-ES (-1,7- seca severa), enquanto o modelo FGOALS-g2 registra uma anomalia positiva de +0,5, situada na categoria de ano normal ou ligeiramente húmido.

Para 2070–2099 (figura 77.B), todos os modelos mantêm a tendência de redução, com o GISS-E2-R a apresentar a anomalia mais acentuada (-1,5 - seca severa), consolidando a tendência de agravamento hídrico.

No cenário RCP8.5, os resultados mostram que, o período 2040–2069 (figura 77.C), é caracterizada pela variação entre anomalias ligeiramente positivas e negativas, com o modelo GFDL-ESM2 a indicar um ligeiro aumento (+0,4), contrastando com a redução mais significativa projetada pelo HADGEM2-ES (-1,7). Já para o horizonte 2070–2099 (figura 77.D), todas as projeções voltam a indicar anomalias negativas, com reduções entre -0,5 e -1,6, sendo o modelo GISS-E2-R novamente o mais pessimista.

Estes dados sugerem uma tendência robusta de redução da precipitação média anual ao longo do século XXI, mais acentuada sob o cenário de altas emissões (RCP8.5) e no final do século, com implicações relevantes para a disponibilidade hídrica regional.

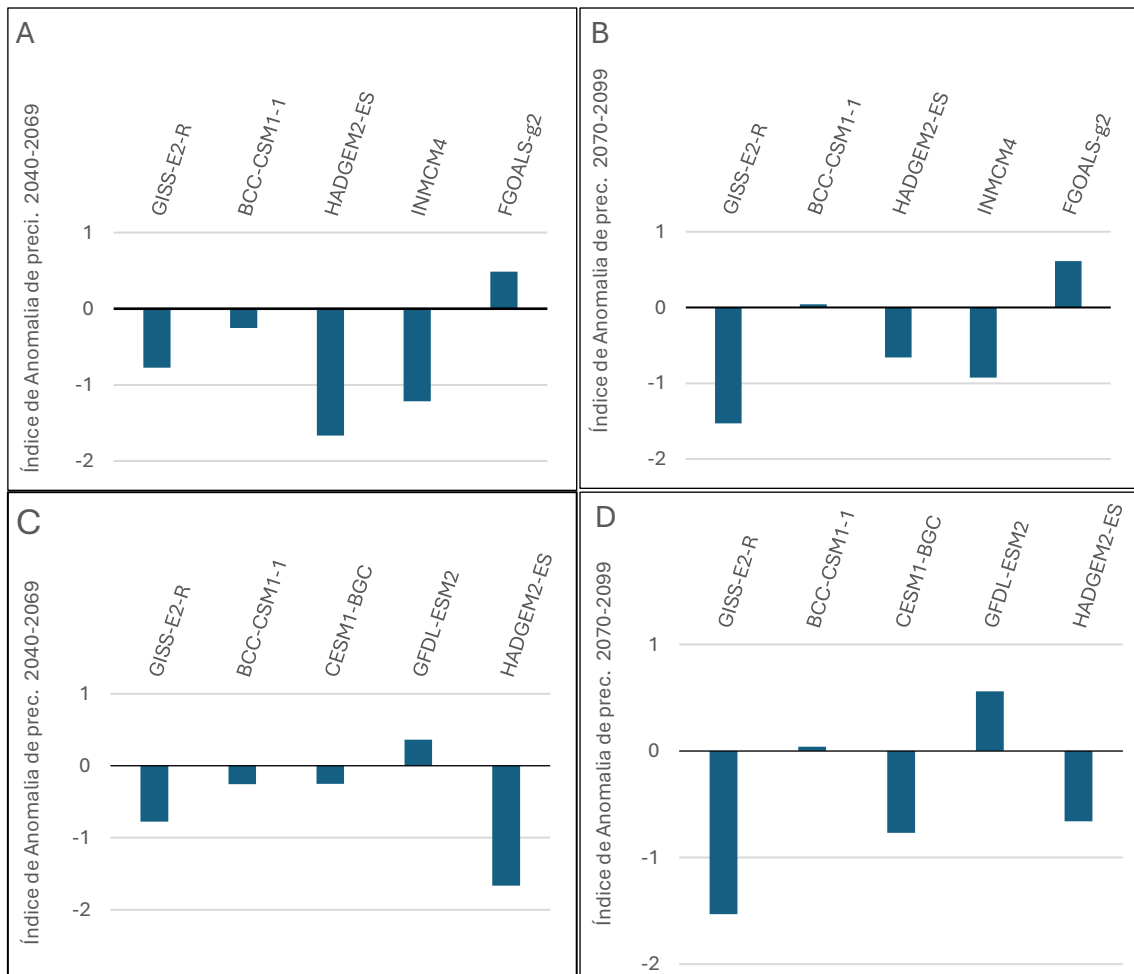


Figura 77. Índice de anomalia de precipitação para os períodos 2040–2069 e 2070–2099 nos cenários RCP4.5 (A, B) e RCP8.5 (C, D).

#### 8.2.4. Índice de Anomalias de temperatura máxima e mínima na estação de Cafine

As projeções climáticas para as temperaturas máximas e mínimas, ilustradas na Figura 78, apontam uma tendência consistente de aumento sob o cenário RCP4.5, com base em cinco modelos climáticos globais, para os períodos de 2040–2069 e 2070–2099.

No caso das temperaturas máximas, os dados apresentados na Figura 78.A (2040–2069) indicam índices de anomalias que variam entre +2,1 e +4,9°C, com o modelo BCC-CSM1.1 apresentando a projeção mais elevada. Para o horizonte de 2070–2099, representado na Figura 78.B, observa-se um aumento ainda mais pronunciado, com anomalias entre +3,0 e +6,0°C, destacando-se os modelos BCC-CSM1.1 e HADGEM2-ES, ambos projetando o valor máximo de +6,0.

Em relação às temperaturas mínimas, as projeções também indicam elevações significativas. Conforme mostra a Figura 78.C, para o intervalo de 2040–2069, os índices de anomalias variam de +2,5 a +3,9. Já na Figura 78.D, referente ao

período de 2070–2099, verifica-se um agravamento expressivo, com projeções de desvio situado entre +3,6 e +5,6°C, sendo o modelo HADGEM2-ES o que aponta o maior aumento.

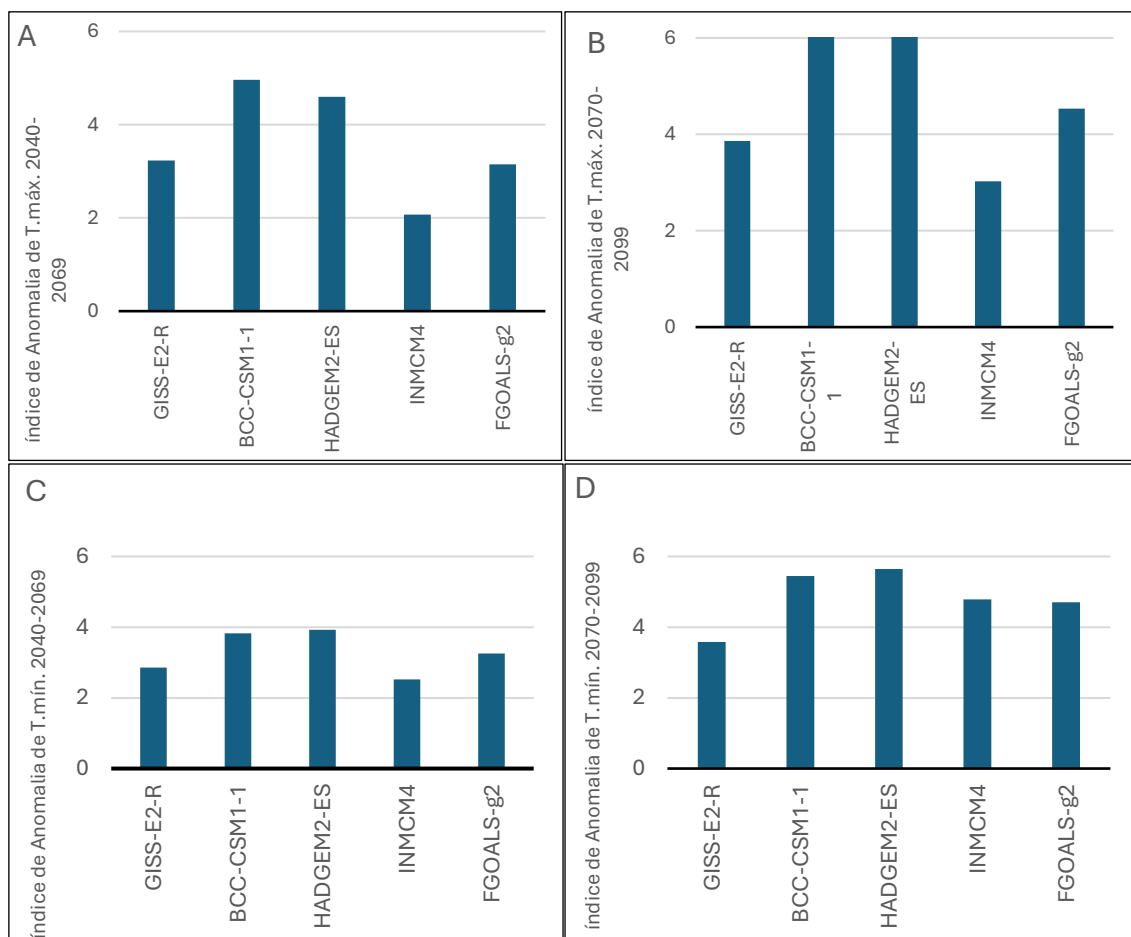


Figura 78. Índice de anomalia de temperatura máxima (A, B) e mínima (C, D) em (°C) nos horizontes 2040-2069 e 2070-2099 no cenário RCP4.5 na estação de Cafine (Sul do país).

Sob o cenário RCP8.5, e conforme ilustrado na Figura 79, as projeções para os horizontes temporais de 2040–2069 e 2070–2099 indicam um aumento generalizado das temperaturas máximas e mínimas em todos os modelos climáticos considerados. No período de 2040–2069 (Figura 79.A), os índices das anomalias das temperaturas máximas situam-se entre +2,8 e cerca de +5,0°C, sendo o modelo BCC-CSM1.1 o que apresenta os valores de desvio mais elevados, refletindo um cenário mais extremo de aquecimento. Para o horizonte temporal de 2070–2099 (Figura 79.B), este aumento torna-se ainda mais expressivo, com variações entre +4,0 e +6,5°C, destacando-se novamente os modelos BCC-CSM1.1

e HADGEM2-ES como aqueles que projetam os maiores aumentos de desvio de temperatura até ao final do século.

Relativamente às temperaturas mínimas, mantém-se a tendência de agravamento. No horizonte de 2040–2069 (Figura 79.C), as anomalias variam entre +2,3 e +3,9°C, com os modelos HADGEM2-ES e BCC-CSM1.1 a destacarem-se pelas projeções de desvio mais severas. Já no período de 2070–2099 (Figura 79.D), as anomalias aumentam significativamente, oscilando entre +3,5 e +5,6, sendo novamente o HADGEM2-ES e BCC-CSM1.1 os modelos que antecipam o maior agravamento térmico.

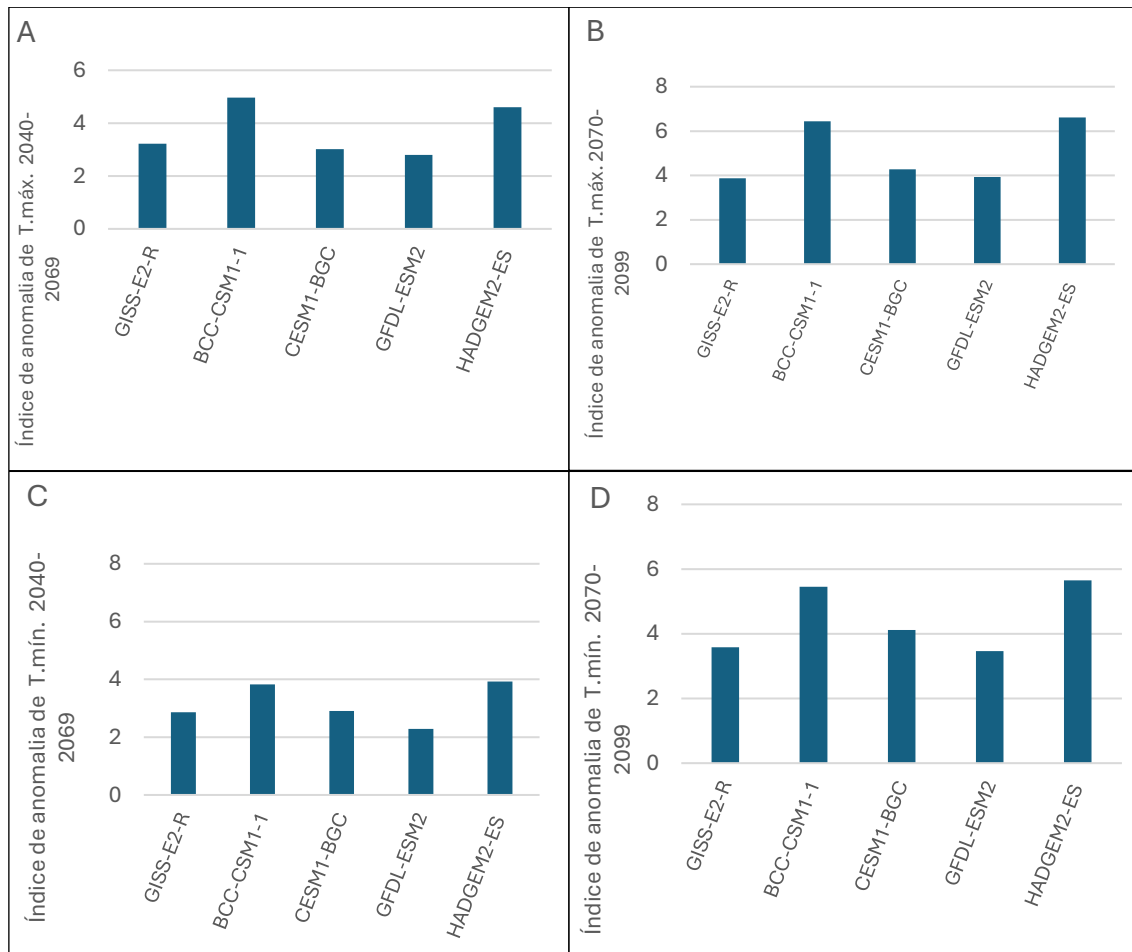


Figura 79. Índice de anomalia de temperatura máxima (A, B) e mínima (C, D) em (°C) nos horizontes 2040-2069 e 2070-2099 no cenário RCP8.5 na estação de Cafine (Sul do país).

### **8.3. Avaliação da duração do ciclo vegetativo das variedades Edjur (*O. glaberrima*) e Caublak (*O. sativa*) sob diferentes cenários climáticos, horizontes temporais e datas de sementeira**

Na parte II desta investigação foram apresentados os dados de input (capítulo 3) e os procedimentos metodológicos (capítulo 4) respeitantes a esta abordagem através da modelação pelo DSSAT-CERES-Rice.

A duração do ciclo vegetativo constitui um parâmetro fundamental no desenvolvimento da cultura do arroz, influenciando de forma direta o rendimento e o momento da colheita. Neste contexto, foi realizada uma análise das alterações na duração do ciclo vegetativo de duas variedades de arroz — Edjur (*Oryza glaberrima*) e Caublak (*Oryza sativa*) — sob os cenários climáticos RCP4.5 (mitigação moderada) e RCP8.5 (cenário de emissões elevadas), para dois horizontes temporais: 2040–2069 e 2070–2099, tabela LIII.

Para a variedade Edjur, verificou-se uma redução média do ciclo vegetativo entre 5% e 6% no cenário RCP4.5, e entre 6% e 7% no cenário RCP8.5, para ambos os horizontes temporais. Esta redução pode ser atribuída ao aumento das temperaturas médias, uma vez que os diferentes estádios de desenvolvimento fenológico do arroz dependem da acumulação térmica. Assim, a aceleração do ciclo vegetativo pode comprometer a maturação fisiológica adequada da planta, com potenciais impactos negativos na produtividade final.

No caso da variedade Caublak, observou-se uma maior variabilidade nas respostas entre os diferentes modelos climáticos. Para todas as combinações de cenário e horizonte temporal, a redução média da duração do ciclo situou-se entre 4% e 5% para a sementeira precoce (realizada a 4 de agosto) e entre 5% e 7% para a sementeira tardia (24 de Agosto). Estes resultados sugerem que o atraso na data de sementeira intensifica os efeitos do clima sobre a duração do ciclo vegetativo, sendo o impacto mais acentuado sob o cenário RCP8.5 no final do século.

De uma forma geral, a redução da duração do ciclo vegetativo surge como uma tendência recorrente em ambos os cenários e períodos analisados, sendo mais pronunciada no RCP8.5 e no horizonte 2070–2099. A variedade Edjur mostrou-se mais vulnerável às alterações climáticas, ao contrário da Caublak, que evidenciou maior estabilidade fenológica. A análise reforça ainda o papel crítico da data de sementeira na definição da resposta da cultura ao clima futuro, apontando para a necessidade de ajustar o calendário agrícola como estratégia de adaptação às alterações climáticas.

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

Tabela LIII. Resumo da evolução futura da duração do ciclo vegetativo do arroz em diferentes cenários e horizontes temporais

Nome de variedade	Data de sementeira	Cenário climático	Horizonte temporal	Redução média da duração do ciclo em %
Edjur (O. glaberrima)	21/08/2021	RCP4.5	2040-2069	-5%
Edjur (O. glaberrima)	21/08/2021	RCP4.5	2070-2099	-6%
Edjur (O. glaberrima)	21/08/2021	RCP8.5	2040-2069	-6%
Edjur (O. glaberrima)	21/08/2021	RCP8.5	2070-2099	-7%
Caublak (O. sativa)	04/08/2021	RCP4.5	2040-2069	-4.3%
Caublak (O. sativa)	04/08/2021	RCP4.5	2070-2099	-4.7%
Caublak (O. sativa)	04/08/2021	RCP8.5	2040-2069	-5.3%
Caublak (O. sativa)	04/08/2021	RCP8.5	2070-2099	-6.3%
Caublak (O. sativa)	24/08/2021	RCP4.5	2040-2069	-4.8%
Caublak (O. sativa)	24/08/2021	RCP4.5	2070-2099	-5.3%
Caublak (O. sativa)	24/08/2021	RCP8.5	2040-2069	-5.7%
Caublak (O. sativa)	24/08/2021	RCP8.5	2070-2099	-6.8%

### 8.3.1 Análise da produtividade futura da variedade de arroz Edur (*Oryza glaberrima*) com base em cinco modelos climáticos do AgMIP para o cenário RCP4.5 em dois horizontes temporais considerados

No cenário de emissões moderadas RCP4.5, que assume a implementação de políticas de mitigação climática e estabilização dos níveis de gases com efeito de estufa até ao final do século, os modelos climáticos indicam uma tendência persistente de decréscimo na produtividade do arroz, ainda que menos acentuada do que no cenário RCP8.5.

Para o horizonte temporal de 2040 a 2069 (meados do século), conforme ilustrado na figura 80, barras azuis, observa-se que a maioria dos modelos prevê uma redução do rendimento do arroz que varia entre aproximadamente -5,3% e -9,7%. Entre os modelos analisados, o MRI-CGCM3 revela-se o mais pessimista, ao projetar a maior perda relativa de produção agrícola neste período. A média das reduções estimadas por todos os modelos neste intervalo temporal situa-se em -7,3%, sugerindo um impacto moderado, mas ainda assim relevante, nas condições produtivas da cultura do arroz.

Avançando para o período de 2070 a 2099 (final do século), as projeções tornam-se mais desfavoráveis dentro do mesmo cenário climático. Conforme representado na Figura 80 (barras laranjas), as estimativas de redução do rendimento agravam-se, variando entre cerca de -7,5% e -11,5%. Neste horizonte mais distante, o modelo HADGEM2-ES evidencia-se como o que apresenta a projeção mais crítica de perda de produção por hectare, sendo o mais sensível às alterações climáticas neste contexto.

A média das reduções previstas pelos cinco modelos climáticos para este período aponta para uma quebra da ordem dos -9,6%, o que representa uma deterioração progressiva das condições agroclimáticas ao longo do século, mesmo sob um cenário de emissões estabilizadas. Estes resultados sublinham a necessidade de adaptação agronómica, mesmo em contextos com trajetórias mitigadas de aquecimento global.

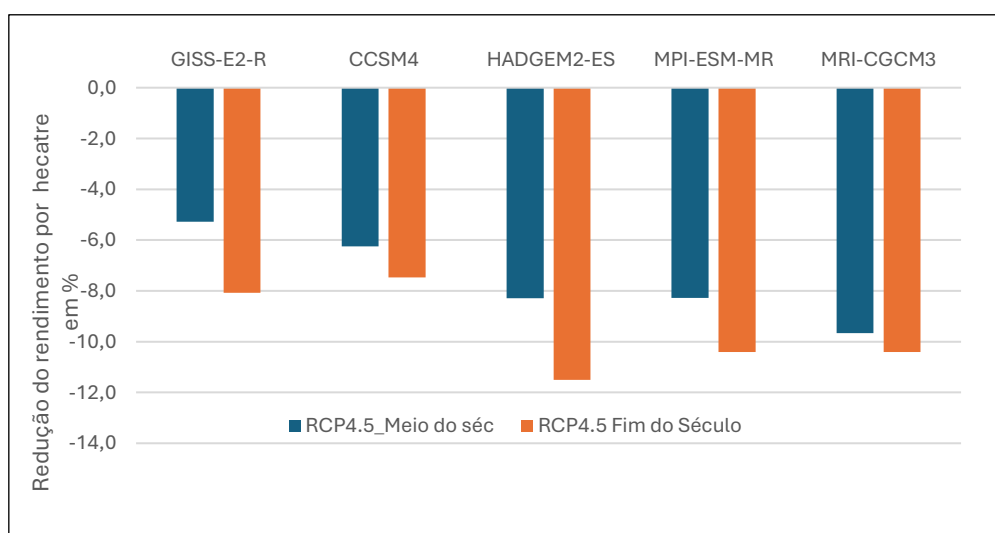


Figura 80. Evolução da produção do arroz de variedade Edjur no cenário RCP4.5 no meio e fim do século para os cinco modelos segundo os critérios AGMIP.

### 8.3.2 Análise da produtividade futura da variedade de arroz Edjur (*Oryza glaberrima*) com base em cinco modelos climáticos do AgMIP para o cenário RCP8.5 em dois horizontes temporais considerados

No âmbito do cenário climático RCP8.5, que representa uma trajetória de emissões elevadas e ininterruptas ao longo do século XXI, as projeções dos modelos climáticos apontam para uma redução substancial da produção de arroz, com impactos progressivamente mais severos à medida que nos aproximamos do final do século.

Durante o período de 2040 a 2069 (figura 81, barras azuis), as perdas estimadas na produtividade agrícola oscilam entre -9,3%, valor menos crítico apresentado pelo modelo GFDL-ESM2G, e -16,2%, estimativa mais pessimista, fornecida pelo modelo IPSL-CM5A-

MR. A média geral das reduções entre os modelos situa-se em -12,5%, o que já representa um impacto médio considerável na produção, mesmo antes de atingir o final do século.

No horizonte temporal de 2070 a 2099 (figura 81, barras laranjas), verifica-se um agravamento notório das condições projetadas. As perdas de rendimento agrícola tornam-se ainda mais pronunciadas, variando entre -13,1% e -27,1%, consoante o modelo considerado. A média das reduções estimadas eleva-se para -19,1%, sublinhando um cenário de elevada vulnerabilidade da cultura do arroz em contextos de ausência de mitigação climática.

Tal como verificado no horizonte anterior, o modelo IPSL-CM5A-MR mantém-se como o mais severo nas suas projeções, reforçando a sua tendência para antecipar os efeitos mais drásticos das alterações climáticas sob um cenário de emissões descontroladas. Estes resultados evidenciam de forma clara o risco crescente que a agricultura enfrenta num cenário climático extremo, e a urgência em adotar estratégias de adaptação e resiliência, especialmente em regiões vulneráveis à instabilidade climática.

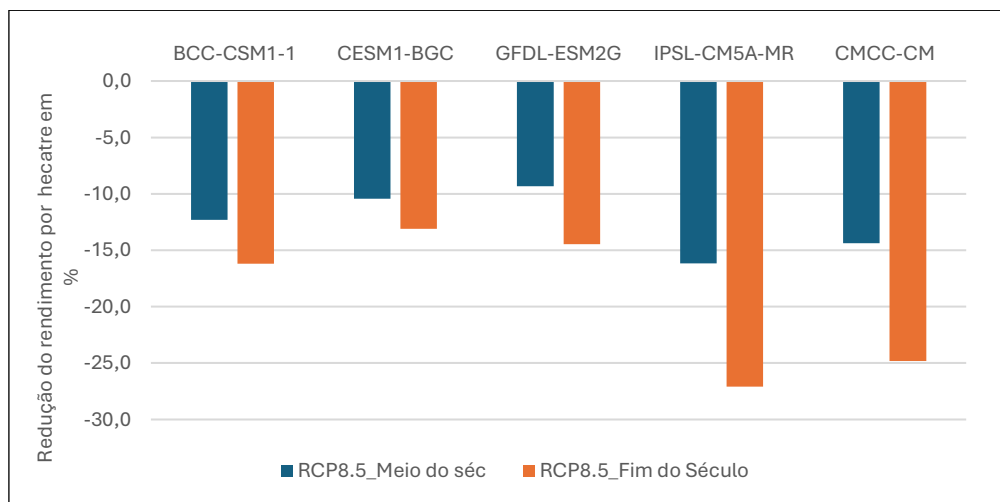


Figura 81. Evolução da produção do arroz de variedade Edjur no cenário RCP8.5 no meio e fim do século para os cinco modelos segundo os critérios AGMIP

### 8.3.3 Análise da produtividade futura da variedade de arroz *Caublak* (*Oryza sativa*) com base em cinco modelos climáticos do AgMIP para o cenário RCP4.5 em dois horizontes temporais considerados

A análise da variação percentual na produtividade do arroz (rendimento por hectare), com base em diversos modelos climáticos globais sob o cenário RCP4.5, para dois horizontes temporais, meados do século (2040–2069) e final do século (2070–2099), relativamente à variedade *Caublak*, cultivada no sul do país, (figura 82) revela uma tendência consistente de redução do rendimento agrícola. Todos os modelos climáticos

considerados indicam uma diminuição da produtividade, com valores a oscilar entre -2,7 e 6% para horizonte 2040-2069 (figura 82, barras azuis) e entre 2,5% e 6,7% para o final do século (figura 82, barras laranjas).

A redução média projetada é de aproximadamente -4,2% para meados do século, agravando-se ligeiramente para -4,8% no final do século. Os modelos BCC-CSM1-1 e HADGEM2-ES destacam-se por apresentarem as maiores perdas estimadas em ambos os horizontes temporais.

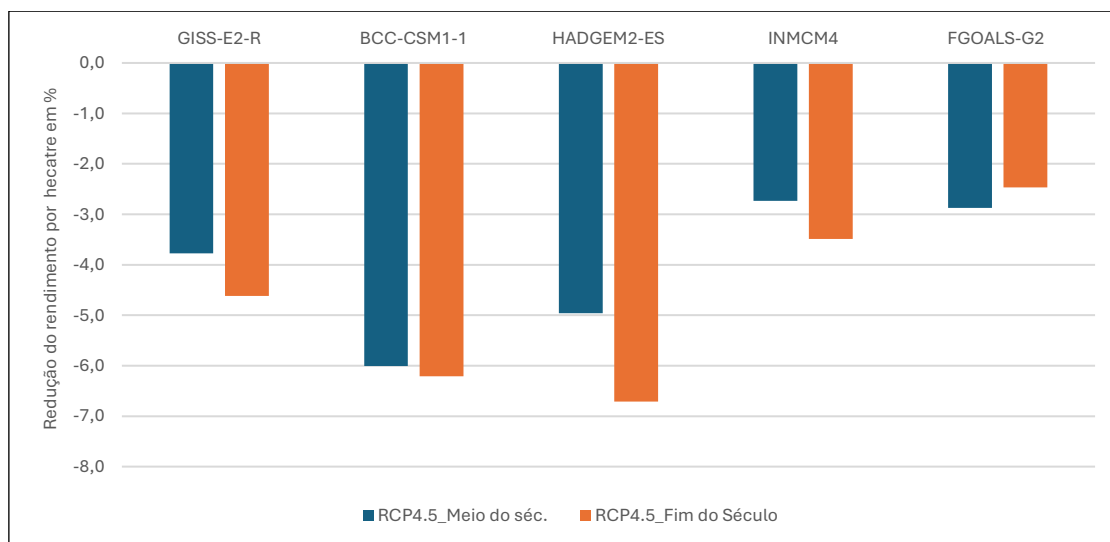


Figura 82. Evolução da produção do arroz de variedade *Caublak* no cenário RCP4.5 no meio e fim do século para os cinco modelos segundo os critérios AGMIP

### 8.3.4 Análise da produtividade futura da variedade de arroz *Caublak* (*Oryza sativa*) com base em cinco modelos climáticos do AgMIP para o cenário RCP8.5 em dois horizontes temporais considerados

No contexto do cenário climático RCP8.5, (figura 83) caracterizado por trajetórias elevadas de emissões de gases com efeito de estufa — todos os modelos climáticos analisados apontam para uma redução da produtividade agrícola ao longo dos dois horizontes temporais considerados. Esta tendência negativa é particularmente acentuada no final do século XXI, evidenciando o impacto crescente das alterações climáticas sobre a produção agrícola.

No horizonte temporal de 2040 a 2069 (figura 83, barras azuis), estima-se que o rendimento agrícola sofra uma redução que varia entre -4,5% e -7,8%, com uma média de decréscimo situada nos -6,3%. Entre os modelos avaliados, o BCC-CSM1-1 e o HADGEM2-ES destacam-se por apresentarem as maiores perdas projetadas, o que sugere uma

elevada sensibilidade destes modelos aos fatores climáticos adversos previstos neste cenário.

Para o período de 2070 a 2099 (figura 83, barras laranjas), as projeções tornam-se ainda mais preocupantes: as perdas de produção por hectare variam entre -6,7% e -10,4%, atingindo uma média geral de cerca de -9% em todos os modelos. Os modelos BCC-CSM1-1 e HADGEM2-ES mantêm-se como os mais pessimistas, continuando a prever as condições mais severas de quebra na produção. Estes resultados reforçam a sua particular reactividade aos impactos climáticos futuros, sobretudo no contexto de um cenário de aquecimento acentuado como o RCP8.5.

Embora os impactos previstos para a variedade Caublak não sejam tão severos quanto os observados para a variedade Edjur, os resultados evidenciam um declínio persistente e progressivo, particularmente marcado na transição de meados para o final do século.

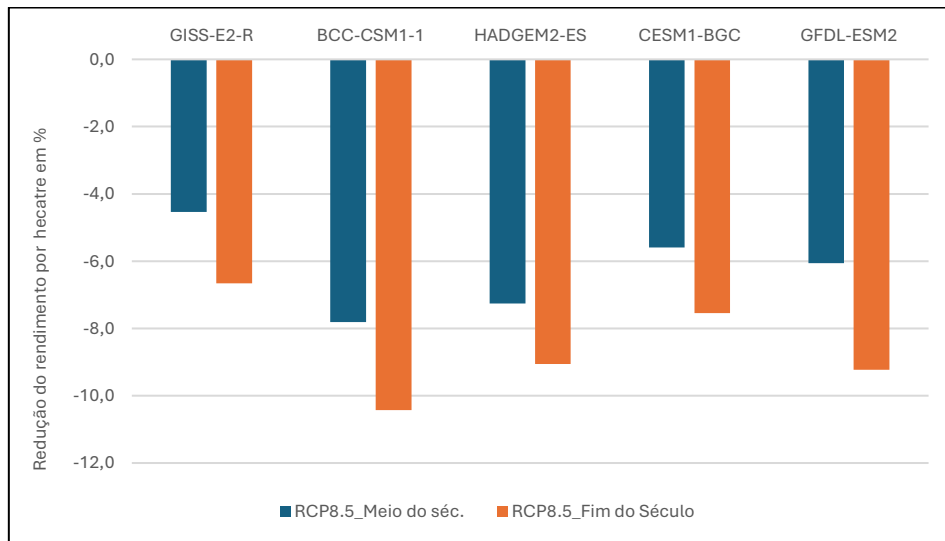


Figura 83. Evolução da produção do arroz de variedade Caublak no cenário RCP8.5 no meio e fim do século para os cinco modelos segundo os critérios AGMIP

### 8.3.5 Resumo da evolução média do rendimento do arroz de mangal simulado por diferentes modelos climáticos, sob diferentes cenários climáticos, horizontes temporais e datas de sementeira

Os resultados das projeções da produção média de arroz, considerando todos os modelos climáticos selecionados, aplicados a diferentes localidades, cenários climáticos e horizontes temporais (Tabela LIV), indicam que a variedade Edjur apresenta uma redução

média significativa no rendimento, sendo os impactos mais severos registados sob o cenário RCP8.5, particularmente no horizonte temporal 2070–2099, com uma diminuição de -17,7%. Em comparação, no cenário RCP4.5, a redução é mais moderada, cifrando-se em -8,3% para o horizonte 2040–2069 e em -10,1% para o horizonte final do século (2070–2099).

Estes resultados sugerem que o impacto das alterações climáticas tende a agravar-se com o tempo, sobretudo em cenários mais extremos como o RCP8.5, o que evidencia a elevada vulnerabilidade da variedade Edjur, cujo ciclo vegetativo é relativamente curto (90 dias).

No que respeita à variedade Caublak, com um ciclo mais longo (entre 111 e 120 dias), a redução média de rendimento é menos acentuada, situando-se entre -4,2% e -8,4%, consoante o cenário climático, o horizonte temporal e a data de sementeira.

Verifica-se ainda que um atraso na data de sementeira provoca uma ligeira redução adicional no rendimento, especialmente no cenário RCP8.5. Este facto confirma que o momento da sementeira é um fator determinante no desempenho produtivo, sendo que sementeiras mais tardias tendem a sofrer maiores impactos negativos.

Em termos comparativos, conclui-se que a variedade Ediur (*O. glaberrima*) é mais sensível às alterações climáticas do que a Caublak (*O. sativa*). Além disso, cenários mais severos (RCP8.5) e horizontes temporais mais distantes (2070–2099) estão associados a maiores perdas de rendimento.

No caso da variedade Caublak, os dados indicam que o atraso na sementeira agrava os efeitos negativos do clima, sugerindo que o ajuste do calendário agrícola poderá constituir uma estratégia eficaz de adaptação às futuras condições climáticas.

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

Tabela LIV. Resumo da evolução futura da produção agrícola em diferentes cenários e horizontes temporais

Nome de variedade	Data de sementeira	Cenário climático	Horizonte temporal	Evolução de rendimento %
Edjur (O. glaberrima)	21/08/2021	RCP4.5	2040-2069	-8.3%
Edjur (O. glaberrima)	21/08/2021	RCP4.5	2070-2099	-10.1%
Edjur (O. glaberrima)	21/08/2021	RCP8.5	2040-2069	-11.6%
Edjur (O. glaberrima)	21/08/2021	RCP8.5	2070-2099	-17.7%
Caublak (O. sativa)	04/08/2021	RCP4.5	2040-2069	-4.2%
Caublak (O. sativa)	04/08/2021	RCP4.5	2070-2099	-4.8%
Caublak (O. sativa)	04/08/2021	RCP8.5	2040-2069	-5.6%
Caublak (O. sativa)	04/08/2021	RCP8.5	2070-2099	-7.5%
Caublak (O. sativa)	24/08/2021	RCP4.5	2040-2069	-4.7%
Caublak (O. sativa)	24/08/2021	RCP4.5	2070-2099	-5.7%
Caublak (O. sativa)	24/08/2021	RCP8.5	2040-2069	-6.1%
Caublak (O. sativa)	24/08/2021	RCP8.5	2070-2099	-8.4%

### 8.4 DISCUSSÃO

O arroz é o principal cereal consumido por cerca de metade da população mundial, desempenhando um papel especialmente relevante no continente africano, onde os impactos das alterações climáticas se tornam progressivamente mais incertos e intensos. Na África, a agricultura constitui a base da subsistência de grande parte da população, sendo particularmente crucial na região da África Ocidental, onde as economias são fortemente dependentes da agricultura de sequeiro (Ziegler et al., 2025). Nesse contexto, o setor agrícola emprega cerca de 60% da força de trabalho, refletindo sua importância socioeconómica fundamental (Adiku et al., 2015). O crescimento populacional global tem exercido forte pressão sobre os recursos naturais, especialmente nos países em desenvolvimento, o que tem conduzido a um aumento da procura de alimentos provenientes da agricultura. Tal realidade reforça a urgência em expandir a produção agrícola para dar resposta às novas exigências alimentares (Pawlak & Kołodziejczak, 2020).

Na Guiné-Bissau, o arroz constitui o alimento base da população, sendo consumido diariamente. No entanto, a produção interna é insuficiente para satisfazer as necessidades alimentares, devido à elevada dependência da agricultura tradicional de sequeiro, que constitui a base da segurança alimentar do país.

Entre os diversos ambientes de cultivo do arroz, destaca-se a área de mangal, que apresenta os rendimentos mais elevados, embora com variações significativas entre localidades, entre diferentes variedades e até dentro da mesma variedade.

A análise dos dados obtidos a partir das simulações com o modelo DSSAT CERES-Rice revela uma boa calibração dos parâmetros genéticos para as variedades de arroz Caublak (*O. sativa*) e Edjur (*O. glaberrima*), com desvios relativamente pequenos entre os rendimentos observados e simulados. Estes resultados são consistentes com estudos similares realizados em regiões tropicais e subtropicais, onde o DSSAT demonstrou elevada fiabilidade, conforme evidenciado por Tao et al. (2008), na China e Vries et al. (2012) no Senegal. Assim, confirma-se a eficácia do DSSAT tanto na simulação da produtividade como na duração do ciclo vegetativo, desde que calibrados os parâmetros genéticos das variedades em estudo.

Observou-se que os períodos fenológicos das variedades Edjur e Caublak foram bastante próximos dos resultados das simulações. No caso da variedade Caublak, verificou-se que a data de sementeira tem influência direta sobre a duração do ciclo: sementeiras mais precoces resultam em ciclos mais longos, enquanto sementeiras tardias originam ciclos mais curtos, evidenciando a sensibilidade da cultura às condições climáticas iniciais.

A influência da data de sementeira na produtividade e duração do ciclo vegetativo foi amplamente documentada em estudos anteriores, como o de Patel et al. (2019), que revisou os efeitos de diferentes datas de sementeira sobre a fenologia, crescimento e produtividade do arroz.

As projeções climáticas para os cenários RCP4.5 e RCP8.5 apontam para um aumento da temperatura em toda a área de estudo, acompanhado por uma redução da precipitação, sendo o impacto mais severo no cenário RCP8.5 e no horizonte temporal 2070–2099. Estes padrões estão alinhados com as projeções do IPCC (2014, 2023) assim como Dosio (2017); Sillmann et al. (2013) que antecipa um agravamento dos extremos climáticos.

Entre os vários modelos climáticos analisados, o HADGEM2-ES evidencia-se por projetar um desvio térmico até +6,5 acima da média no cenário mais extremo (RCP8.5), valor próximo de Sillmann et al. (2013), que estimou aumentos de até 6,7°C segundo os modelos CMIP5. O IPCC (2018), no seu relatório especial sobre o aquecimento global de 1,5°C, projeta aumentos entre 2,9°C e 3,4°C em relação ao período pré-industrial.

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

O aumento projetado da temperatura resultou numa redução do período vegetativo entre 4% e 7% em todas as variedades analisadas, com maior impacto na variedade Edjur. Este resultado está em consonância com o estudo de van Oort & Zwart (2018), que identificou o encurtamento do ciclo de cultivo como consequência do aumento da temperatura.

As simulações de produtividade baseadas em diferentes modelos climáticos evidenciam uma grande variabilidade, tanto dentro do mesmo cenário como entre cenários distintos. Esta constatação também foi reportada por Li et al. (2015), que identificou discrepâncias nas projeções de produtividade entre modelos agrícolas e cenários climáticos.

Relativamente à sensibilidade às alterações climáticas, a variedade Edjur revelou-se mais vulnerável, com reduções de produtividade que podem atingir -17,7% no cenário RCP8.5 até ao final do século. Este resultado assemelha-se ao verificado por Adiku et al. (2015) no Gana, onde variedades locais demonstraram elevada sensibilidade ao stress térmico. Em contraste, a variedade Caublak apresentou maior resiliência, com perdas menos acentuadas, variando entre -4,2% e -8,4%.

A diminuição da produtividade, associada ao encurtamento do ciclo vegetativo devido ao aumento da temperatura, foi também relatada por van Oort & Zwart (2018), que observaram uma redução  $\geq 24\%$  no cenário RCP8.5 para o ano de 2070, comparativamente ao período de referência. A extensão do período de crescimento é benéfica para a acumulação de biomassa e por consequência o aumento da produtividade (Liu et al., 2022).

A influência da data de sementeira foi particularmente evidente, com sementeiras mais tardias associadas a maiores perdas de rendimento. Este fenómeno foi igualmente observado por Osman et al. (2015), num estudo que evidenciou que as sementeiras precoces proporcionam maiores rendimentos de grãos. Assim, a adaptação do calendário de sementeira às novas condições climáticas pode constituir uma estratégia eficaz de adaptação para os agricultores (Waha et al., 2013).

Em forma gerais, os resultados sustentam a necessidade de estratégias de adaptação específicas, como a seleção de cultivares mais resilientes e a otimização do calendário agrícola. Estes achados são relevantes não apenas para as regiões analisadas, mas também para contextos agroecológicos similares na África Ocidental e em outros lugares do mundo.

## 8.5 CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo demonstraram a eficácia do modelo DSSAT na simulação do rendimento e do ciclo fenológico de duas variedades de arroz (*O. glaberrima* e *O. sativa*), com uma elevada correspondência entre os dados observados e simulados. Esta calibração eficiente constitui um alicerce sólido para a projeção de impactos futuros das alterações climáticas na produção de arroz em diferentes regiões do país como também constitui uma ferramenta de apoio à investigação e à tomada de decisão agronómica em contextos de variabilidade climática.

As projeções climáticas futuras, com base nos cenários RCP4.5 e RCP8.5, evidenciam uma tendência clara de agravamento das condições agroclimáticas até ao final do século XXI, apontando a uma redução progressiva da precipitação e um aumento significativo das temperaturas máximas e mínimas, particularmente para o cenário de altas emissões (RCP8.5). O modelo HADGEM2-ES destacou-se como o mais pessimista, ao projetar os maiores aumentos de temperatura (até +6,5 °C) e as maiores reduções de precipitação (anomalias até -2), refletindo um cenário de elevado stress térmico e hídrico e secas severas. O aumento de temperatura também foi destacado no modelo BCC-CSM1-1 e CMCC-CM, com valores de aumento situado entre 5,5°C e 5,9°C respetivamente. Por oposição, o modelo CCSM4 mostrou-se o menos pessimista, com menores incrementos de temperatura e até mesmo projeções pontuais de aumento de precipitação, particularmente no cenário RCP4.5 para o horizonte 2040–2069.

Relativamente à duração do ciclo vegetativo, as projeções indicam uma tendência clara de redução ao longo dos cenários climáticos futuros, especialmente no RCP8.5 e no horizonte temporal de 2070–2099. A variedade Edjur revela-se a mais impactada, com reduções do ciclo de até 7%, evidenciando uma maior vulnerabilidade às alterações climáticas, enquanto a variedade Caublak demonstrou maior estabilidade. A data de sementeira teve igualmente uma influência significativa nos resultados, sendo o encurtamento do ciclo mais acentuado nas sementeiras tardias.

No que se refere à produtividade agrícola, as projeções indicam que a variedade Edjur apresenta maior sensibilidade às alterações climáticas, especialmente sob o cenário RCP8.5, com perdas médias de produtividade que podem alcançar -17,7% até o final do século. Entre os modelos avaliados, o IPSL-CM5A-MR foi o que estimou as reduções mais acentuadas, chegando a -27,1%, seguido pelos modelos CMCC-CM (-24,8%) e BCC-CSM1.1 (-16,2%), todos referentes ao horizonte temporal de 2070–2099. Em contraste,

modelos como o GFDL-ESM2G indicaram perdas mais moderadas (cerca de -9,3%), sendo considerados os menos pessimistas neste contexto. A variedade Caublak, com um ciclo vegetativo mais longo, por sua vez, revela maior estabilidade fenológica e produtiva, com reduções médias menos expressivas (entre -4,2% e -8,4%), especialmente quando a data de sementeira é tardia. Para esta variedade, o modelo BCC-CSM1.1 projetou a maior perda (-10,4%), seguido pelos modelos HADGEM2-ES (-9,1%) e GFDL-ESM2 (-9,2%), no horizonte final do século, confirmando uma tendência de impactos moderados em comparação com outra variedade analisada.

Estes resultados reforçam a necessidade de estratégias de adaptação baseadas na escolha de variedades resilientes, na otimização do calendário agrícola e no uso de modelos preditivos. A integração de cenários climáticos em ferramentas de simulação constitui um contributo relevante para a definição de políticas agrícolas sustentáveis e para a mitigação dos impactos das alterações climáticas na segurança alimentar.

De modo geral, os modelos climáticos que projetaram os maiores aumentos de temperatura e reduções na precipitação, como IPSL-CM5A-MR, HADGEM2-ES, CMCC-CM e BCC-CSM1.1, foram os que apresentaram os impactos mais significativos na diminuição da produtividade agrícola. Em contraste, os modelos que não indicaram variações expressivas nas temperaturas ou precipitações, como CCSM4, GISS-E2-R, GFDL-ESM2, INMCM4 e FGOALS-g2, projetaram reduções de produtividade mais moderadas.

Este estudo apresenta algumas limitações que importa considerar na interpretação dos resultados. Em primeiro lugar, os dados utilizados na validação referem-se apenas a um único ano agrícola, o que limita a robustez das conclusões e evidencia a necessidade de análises plurianuais para validar os padrões observados.

Adicionalmente, a análise contemplou apenas duas variedades de arroz com diferentes durações do ciclo vegetativo, sendo a Edjur representativa das variedades de ciclo curto e a Caublak das de ciclo médio. Para uma avaliação mais abrangente e representativa, seria recomendável a inclusão de outras variedades de ciclo longo, de modo a captar uma maior variabilidade fenológica e de resposta ao clima.

Por fim, destaca-se que a utilização de modelos climáticos do conjunto CMIP5 poderá representar uma limitação, dado que já se encontram disponíveis versões mais recentes no âmbito do CMIP6, com cenários atualizados (SSP2-4.5 e SSP5-8.5), que oferecem maior compatibilidade com os protocolos atuais, como o do AgMIP. Assim, a substituição ou atualização para estes modelos mais recentes constitui um passo necessário em estudos futuros, com vista a uma maior fiabilidade das projeções climáticas.

## PARTE IV. CONCLUSÃO E PERSPETIVAS

A presente investigação teve como objetivo geral contribuir para o aumento da produtividade e estabilização da produção anual do arroz de mangal na Guiné-Bissau, promovendo, assim, a segurança alimentar e a redução da dependência de importações. Para isso, foram definidos seis objetivos específicos e quatro perguntas de partida que orientaram a metodologia e análise. Esta conclusão sistematiza, de forma articulada e sequencial, os resultados obtidos à luz desses elementos orientadores.

**Objetivo 1 – Caracterizar as condições agroclimáticas através de séries climáticas históricas**

O estudo sobre a evolução recente do clima na Guiné-Bissau através de análise das séries climatológicas de 1960–2020 permitiu identificar um aumento consistente das temperaturas médias e uma variabilidade significativa da precipitação. A irregularidade das chuvas representa um risco direto para o planeamento agrícola.

**Objetivo 2 – Analisar as tendências recentes da temperatura e precipitação**

Verificou-se um atraso sistemático no início da estação chuvosa e antecipação do seu término, reduzindo o tempo útil para o cultivo. Além disso, a intensificação de chuvas concentradas em poucos dias significa um aumento do risco de cheias nas *bolanhas*. Foi verificado um crescimento do número de dias com temperaturas superiores a 35°C, prejudicando as fases sensíveis do ciclo do arroz, como o enchimento dos grãos. Estas alterações comprometem diretamente a produção e exigem uma reavaliação do calendário agrícola vigente.

**Objetivo 3 – Conhecer as condições climáticas locais com base em observações (2021–2024)**

A monitorização do clima atual nas (2021/2024) através dos dados recolhidos em dez estações meteorológicas instaladas nas regiões costeiras, permitiu identificar uma elevada variabilidade espacial da precipitação e diferenças relevantes nos níveis de radiação solar e humidade relativa. Esta caracterização local é fundamental para decisões agronómicas específicas e para a escolha de variedades de arroz mais adaptadas.

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

Objetivo 4 – Conhecer os sistemas de produção orizícola dos camponeses e as condições que impactam o sistema de produção de arroz de mangal;

Com base nos inquéritos sobre as percepções camponesas das alterações climáticas, concluiu-se que a produção é essencialmente manual, com infraestrutura precária e escassez de mão de obra jovem. Problemas como a salinização devido à destruição dos diques de proteção nas áreas orizícolas e dificuldades na gestão da água agravam as vulnerabilidades. Ainda assim, os agricultores têm adotado estratégias de adaptação, como a diversificação de atividades e o uso de adubos orgânicos, como também através de inovações nas práticas de sistemas agrícolas mais resilientes aos efeitos das alterações climáticas.

Objetivo 5 – Propor um calendário agrícola ajustado às condições agroclimáticas

A definição de um calendário agrícola otimizado, sustentada na análise das séries climatológicas históricas referentes a diversas localidades, permitiu a identificação de duas regiões agroclimáticas distintas no território nacional: Região Sul/Ilhas e Região Norte/Centro. Esta distinção possibilita a adequação das práticas agrícolas, nomeadamente a preparação do solo, a instalação de viveiros, a transplantação e a colheita, aos períodos mais apropriados em cada região, considerando a duração das fases fenológicas das culturas e os níveis de risco climático específicos de cada região.

Objetivo 6 – Modelar a produção futura com base em cenários climáticos

O modelo DSSAT CERES RICE permitiu simular os efeitos das alterações climáticas em duas variedades de arroz. Sob o cenário RCP8.5, a variedade Edjur demonstrou maior vulnerabilidade com perdas projetadas de até -27,1%, enquanto a variedade Caublak revelou maior estabilidade. Estes resultados sustentam a necessidade de adotar variedades mais resilientes e adaptar o calendário de cultivo.

Os resultados obtidos ao longo desta investigação permitiram responder de forma estruturada, coerente e fundamentada às questões de partida inicialmente formuladas, oferecendo um contributo relevante para a compreensão da situação atual e futura da orizicultura de mangal na Guiné-Bissau.

Em primeiro lugar, confirmou-se que a produção de arroz de mangal enfrenta atualmente múltiplos desafios, profundamente agravados pelas transformações climáticas em curso. Entre os principais fatores identificados destacam-se o aumento das

temperaturas médias, a crescente irregularidade do regime pluviométrico e a intensificação de fenómenos extremos — como exemplificado pelo ano excepcionalmente chuvoso de 2020 —, cujos impactos se fazem sentir diretamente na produtividade das culturas, em especial das variedades de ciclo longo.

Em segundo lugar, os dados analisados revelam que tais alterações climáticas não se manifestam de forma homogénea em todo o território nacional. Pelo contrário, verifica-se uma acentuada diferenciação regional: enquanto o sul do país apresenta condições climáticas mais húmidas e uma estação chuvosa mais prolongada, as regiões norte e centro enfrentam maior risco de seca e instabilidade hídrica. Esta variação justifica a necessidade de abordagens diferenciadas na definição do calendário agrícola e sustenta a proposta de divisão do país em pelo menos duas grandes regiões agroclimáticas, com implicações práticas para a gestão da produção agrícola.

Em terceiro lugar, as projeções climáticas para meados do século apontam para um agravamento das condições atuais. As simulações realizadas indicam uma tendência para a diminuição da precipitação e um aumento das temperaturas médias, com efeitos adversos significativos sobre o ciclo vegetativo do arroz e o seu rendimento. A continuidade deste cenário, na ausência de medidas de adaptação robustas, poderá comprometer a sustentabilidade da orizicultura nacional a médio e longo prazo.

Por último, ficou igualmente evidente que o sistema produtivo vigente apresenta fragilidades estruturais significativas. A escassez de mecanização, a limitada inovação tecnológica e a deterioração das infraestruturas, nomeadamente os diques de proteção, tornam o setor particularmente vulnerável às alterações climáticas. Embora se verifique a existência de estratégias locais de adaptação, estas revelam-se insuficientes face à escala e complexidade dos desafios. Neste sentido, torna-se urgente reforçar o apoio institucional e implementar políticas públicas orientadas para a promoção da resiliência climática no setor agrícola.

Em suma, esta investigação não só permitiu responder às perguntas de partida como também contribuiu para uma compreensão aprofundada da vulnerabilidade climática da orizicultura de mangal na Guiné-Bissau, apontando caminhos concretos para a sua adaptação e sustentabilidade futuras.

### Considerações Finais

A produção de arroz de mangal na Guiné-Bissau encontra-se num ponto crítico face às alterações climáticas. A investigação demonstrou que, embora existam fatores climáticos limitantes e vulnerabilidades estruturais, também há potencial para a resiliência, desde que se adotem medidas estratégicas baseadas em:

- ✓ Escolha de variedades adaptadas e resistentes;
- ✓ Reforço da monitorização meteorológica local;
- ✓ Melhoria da gestão hídrica nas *bolanhas*;
- ✓ Formação contínua das comunidades rurais e;
- ✓ Integração efetiva das alterações climáticas nas políticas públicas agrícolas.

A investigação conclui que o fortalecimento da orizicultura de mangal, essencial para a soberania alimentar da Guiné-Bissau, dependerá de decisões políticas, investimento em conhecimento técnico e valorização dos saberes locais. Esta tese constitui, assim, um contributo relevante para apoiar essas decisões e fomentar um desenvolvimento agrícola sustentável e resiliente.

### Limitações do Estudo e Perspetivas para investigações Futuras

#### Limitações do Estudo

A presente investigação, embora tenha alcançado os seus objetivos gerais e específicos, apresenta algumas limitações que importa reconhecer. Estas limitações distribuem-se entre aspetos metodológicos, técnicos e contextuais, como a seguir se descreve:

#### 1. Limitações metodológicas e de amostragem

*Curto período de monitorização climática recente (2021–2024):* embora tenha sido instalada uma rede de estações meteorológicas nas regiões de Cacheu, Oio e Tombali, o período de recolha de dados ainda é relativamente curto para a identificação de tendências climatológicas consolidadas.

*Representatividade das variedades de arroz testadas:* a modelação futura considerou apenas duas variedades de arroz (Edjur e Caublak), o que limita a generalização dos resultados, não abarcando outras variedades cultivadas no país.

*Cobertura geográfica limitada dos inquéritos:* os dados qualitativos foram recolhidos apenas em 6 aldeias num conjunto de 13 aldeias costeiras do projeto Malmon.

## **2. Limitações técnicas e operacionais**

- *Utilização de modelos CMIP5*: os cenários climáticos utilizados baseiam-se na geração CMIP5, não contemplando os modelos mais recentes (CMIP6).

- *Simulações de curto prazo com o modelo DSSAT*: a modelação foi realizada com base em dados de apenas um ano agrícola, o que reduz a robustez dos resultados e dificulta a validação de padrões ao longo do tempo.

## **3. Limitações contextuais e estruturais**

- *Dependência de práticas agrícolas tradicionais*: os sistemas de produção analisados revelam forte dependência de técnicas manuais e ausência de mecanização, dificultando a implementação das recomendações técnicas propostas.

- *Ausência de políticas públicas eficazes*: muitas das soluções sugeridas requerem suporte institucional e políticas agrícolas robustas, ainda frágeis no contexto guineense.

- *Fraca envolvimento institucional contínuo*: verificou-se uma presença fraca do Estado junto dos orizicultores guineenses, refletida na insuficiente manutenção das infraestruturas agrícolas essenciais, nomeadamente os diques de proteção, bem como na escassez de estruturas de apoio técnico, de extensão rural e de apoio nas sementes adaptadas às condições agroclimáticas locais.

### **Perspetivas para Investigações Futuras**

Com base nas limitações identificadas, sugerem-se as seguintes linhas orientadoras para futuras investigações:

- Prolongar o período de monitorização meteorológica para permitir análises de tendências plurianuais mais robustas.
- Expandir o número de variedades de arroz analisadas em contexto experimental e simulado, incluindo variedades de ciclo longo e híbridas.
- Alargar a cobertura geográfica dos inquéritos a outras aldeias produtoras do país, integrando áreas interiores e estuarinas.
- Atualizar a modelação com base nos modelos climáticos CMIP6 e cenários SSP, alinhados com as diretrizes internacionais mais recentes.
- Realizar simulações com séries temporais mais extensas e incorporar múltiplos anos agrícolas para reduzir a incerteza estatística.

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

- Estudar o impacto de políticas públicas, programas de apoio agrícola e mecanismos de financiamento sobre a capacidade de adaptação dos camponeses.
- Avaliar a viabilidade socioeconómica das estratégias propostas, considerando custos, acessibilidade e impacto nas comunidades rurais.

Estas perspetivas poderão enriquecer a compreensão da dinâmica da orizicultura de mangal na Guiné-Bissau e fornecer suporte técnico e científico para políticas agrícolas resilientes, com foco na adaptação às alterações climáticas e no fortalecimento da segurança alimentar.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, M. A., Castrillo, W. A., & Belmonte, U. C. (2006). Origen, evolución y diversidad del arroz. *Agronomía Tropical*, 56(2), 151–170. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0002-192X2006000200001&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2006000200001&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Achite, M., Caloiero, T., & Toubal, A. K. (2022). Rainfall and Runoff Trend Analysis in the Wadi Mina Basin (Northern Algeria) Using Non-Parametric Tests and the ITA Method. *Sustainability (Switzerland)*, 14(16), 23. <https://doi.org/10.3390/su14169892>
- Adama, F., Camara, I., Noblet, M., Analytics, C., & Mboup, S. D. (2019). Evaluation de la vulnérabilité du secteur agricole à la variabilité et aux changements climatiques dans la région de Fatick (Sénégal). *Climate Analytics*, December, 96. <https://www.researchgate.net/publication/338007797%0A>
- Adger, W. N., & Pulhin, J. M. (2014). Human security. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. In *ipcc*.
- Adiku, S. G. K., MacCarthy, D. S., Hathie, I., Diancoumba, M., Freduah, B. S., Amikuzuno, J., Traore, P. C. S., Traore, S., Koomson, E., Agali, A., Lizaso, J. I., Fatondji, D., Adams, M., Tigana, L., Diarra, D. Z., N'diaye, O., & Valdivia, R. O. (2015). Climate change impacts on rice production in Ghana. Climatic Change. In *Climate Change Impacts on West African Agriculture: An Integrated Regional Assessment (CIWARA)* (pp. 25–73). [https://doi.org/10.1142/9781783265640\\_0014](https://doi.org/10.1142/9781783265640_0014)
- Agah, M., Sajadian, K. A., Khanali, M., Sadeghi, S. M. M., Khanbazi, M., & Marcu, M. V. (2022). Wind Energy Potential Ranking of Meteorological Stations of Iran and Its Energy Extraction by Piezoelectric Element. *Knowledge*, 2(3), 508–524. <https://doi.org/10.3390/knowledge2030030>
- Aguilar, E., Auer, I., Brunet, M., Peterson, T. C., & Wieringa, J. (2003). Coordinator of text : Enric Aguilar ( Contributions by : Enric Aguilar , Inge Auer , Manola Brunet , Thomas C . Peterson , and Jon Wieringa ) Edited by : Paul Llansó. *World Meteorological Organization*, 1186, 52. [https://www.researchgate.net/publication/284849040\\_Guidelines\\_on\\_climate\\_metadata\\_and\\_homogenization](https://www.researchgate.net/publication/284849040_Guidelines_on_climate_metadata_and_homogenization)
- Ahmad, N. H., & Deni, S. M. (2013). Homogeneity Test on Daily Rainfall Series for Malaysia. *MATEMATIKA*, 29(1c), 141–150.
- Akinseye, F. M., Agele, S. O., Traore, P. C. S., Adam, M., & Whitbread, A. M. (2016). Evaluation of the onset and length of growing season to define planting date—‘a case study for Mali (West Africa).’ *Theoretical and Applied Climatology*, 124(3–4), 973–983.

- <https://doi.org/10.1007/s00704-015-1460-8>
- Alejo, L. A. (2021). Assessing the impacts of climate change on aerobic rice production using the DSSAT-CERES-Rice model. *Journal of Water and Climate Change*, 12(3). <https://doi.org/10.2166/wcc.2020.286>
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop Evapotranspiration. FAO Irrigation and Drainage Paper 56.
- Alves, P. H. (2010). Geologia da Guiné-Bissau = Geology of Guinea Bissau. *X Congresso de Geoquímica Dos Países de Língua Portuguesa e XVI Semana de Geoquímica, 28 de Março a 1 de Abril de 2010*, 10. <http://hdl.handle.net/10400.9/1227>
- Andrade, J., & Basch, G. (2012). Clima e estado do tempo. Fatores e elementos do clima. Classificação do clima. *Hidrologia Agrícola*, 23–80.
- ANEME. (2018). *Estudo Guiné-Bissau. Enquadramento e perspetivas de desenvolvimento . Levantamento e caracterização das empresas comerciais e industriais*. 164. [https://www.aneme.pt/site/wp-content/uploads/2018/07/ESTUDO\\_guineBissau-1.pdf](https://www.aneme.pt/site/wp-content/uploads/2018/07/ESTUDO_guineBissau-1.pdf)
- Angladette, A. (1969). *El arroz. 1ª ed. Colección Agricultura Tropical*. (Blume, Vol. 1).
- APDA. (2019). *Glossário sobre adaptação às alterações climáticas*. [https://www.apda.pt/site/ficheiros\\_eventos/201911051501-glossarioceaacvs2.pdf](https://www.apda.pt/site/ficheiros_eventos/201911051501-glossarioceaacvs2.pdf)
- Ati, O. F., Stigter, C. J., & Oladipo, E. O. (2002). A comparison of methods to determine the onset of the growing season in Northern Nigeria. *International Journal of Climatology*, 22(6), 731–742. <https://doi.org/10.1002/joc.712>
- Attoumane, A., Stéphanie, D. S., Kacou, M., André, A. Della, Karamoko, A. W., Seguis, L., & Zahiri, E. P. (2022). Individual perceptions on rainfall variations versus precipitation trends from satellite data: An interdisciplinary approach in two socio-economically and topographically contrasted districts in Abidjan, Côte d'Ivoire. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 81(May 2021), 103285. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2022.103285>
- Ayanlade, A., Radeny, M., Morton, J. F., & Muchaba, T. (2018). Rainfall variability and drought characteristics in two agro-climatic zones: An assessment of climate change challenges in Africa. *Science of the Total Environment*, 630, 728–737. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.02.196>
- Balme, M., Sylvie Galle, & Lebel, T. (2005). Démarrage de la saison des pluies au Sahel : variabilité aux échelles hydrologique et agronomique, analysée à partir des données EPSAT-Niger. *Sécheresse*, 16(1), 15–22.
- Barry, A. A., Caesar, J., Klein Tank, A. M. G., Aguilar, E., McSweeney, C., Cyrille, A. M.,

- Nikiema, M. P., Narcisse, K. B., Sima, F., Stafford, G., Touray, L. M., Ayilari-Naa, J. A., Mendes, C. L., Tounkara, M., Gar-Glahn, E. V. S., Coulibaly, M. S., Dieh, M. F., Mouhaimouni, M., Oyegade, J. A., ... Laogbessi, E. T. (2018). West Africa climate extremes and climate change indices. *International Journal of Climatology*, 38(February), e921–e938. <https://doi.org/10.1002/joc.5420>
- Baryshnikova, N., Altukhov, P., Naidenova, N., & Shkryabina, A. (2022). Ensuring Global Food Security: Transforming Approaches in the Context of Agriculture 5.0. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 988(3), 7. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/988/3/032024>
- Beaugrand, G. (2015). *Marine Biodiversity, Climatic Variability and Global Change*. Earthscan.
- Beck, H. E., McVicar, T. R., Vergopolan, N., Berg, A., Lutsko, N. J., Dufour, A., Zeng, Z., Jiang, X., van Dijk, A. I. J. M., & Miralles, D. G. (2023). High-resolution (1 km) Köppen-Geiger maps for 1901–2099 based on constrained CMIP6 projections. *Scientific Data*, 10(1), 16. <https://doi.org/10.1038/s41597-023-02549-6>
- Bedoum, A., Biona, C. B., Pierre, B. J., Adoum, I., Mbiake, R., Baohoutou, L., Bedoum, A., Biona, C. B., Pierre, B. J., Bedoum, A., Biona, C. B., Pierre, B. J., & Adoum, I. (2017). Évolution des indices des extrêmes climatiques en République du Tchad de 1960 à 2008. *Atmosphere-Ocean*, 55(1), 42–56. <https://doi.org/10.1080/07055900.2016.1268995>
- Begum, S. L. R., & Najim, M. M. M. (2020). A sssessment of Climate Extremes Based on SPI in WL1 a Agroecological Zone - A Case Study from Kuruwita , Sri Lanka. *Sri Lanka Journal of Technology*, 1, 1–6.
- Bezançon, G. (1993). *Le riz cultivé d'origine Africaine Oryza glaberrima Steud, et les formes sauvages et adventices apparentées : Diversité, relations génétiques et domestication* (ORSTOM).
- Bezançon, G. (1995). Riziculture traditionnelle en Afrique de l'Ouest : valorisation et conservation des ressources génétiques. *Journal d'agriculture Traditionnelle et de Botanique Appliquée*, 37(2), 3–24. <https://doi.org/10.3406/jatba.1995.3575>
- Bliefernicht, J., Rauch, M., Laux, P., & Kunstmann, H. (2022). Atmospheric circulation patterns that trigger heavy rainfall in West Africa. *International Journal of Climatology*, 42(12), 6515–6536. <https://doi.org/10.1002/joc.7613>
- Blunden, J., & Boyer, T. (2021). State of the climate in 2020. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 102(8), 481. <https://doi.org/10.1175/2021BAMSStateoftheClimate.1>

- BM, PNUD, BAD, & MFC. (1992). *Avaliação Hidrológica da Africa Sul-Saariana Países da Africa d'Oeste* (Issue julho). [https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/divers17-05/010004456.pdf](https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers17-05/010004456.pdf)
- Bockorni, B. R. S., & Gomes, A. F. (2021). A amostragem em snowball (bola de neve) em uma pesquisa qualitativa no campo da administração. *Revista de Ciências Empresariais Da UNIPAR*, 22(1), 105–117. [file:///C:/Users/orlan/Downloads/admin,+EMPRESARIAIS+22\(1\)+ART+06.pdf](file:///C:/Users/orlan/Downloads/admin,+EMPRESARIAIS+22(1)+ART+06.pdf)
- Bodian, A. (2014). Caractérisation de la variabilité temporelle récente des précipitations annuelles au Sénégal (Afrique de l'Ouest). *Physio-Géo*, 8, 297–312. <https://doi.org/10.4000/physio-geo.4243>
- Boubacar, G., Saley, M. M., Saley, I. A., Mouhaimouni, M., & Fodé, M. (2020). Analyses statistiques des variations des températures et précipitations observées à Niamey et à Nguigmi. *La Météorologie*, 110, 28–33. <https://doi.org/10.37053/lameteorologie-2020-0069>
- Brito, G. G. De. (2009). *Agrometeorologia dos cultivos* (Issue September 2009). [https://www.researchgate.net/profile/Giovani-Brito/publication/320774657\\_Agrometeorologia\\_dos\\_cultivos/links/59fa04660f7e9b61546e5110/Agrometeorologia-dos-cultivos.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Giovani-Brito/publication/320774657_Agrometeorologia_dos_cultivos/links/59fa04660f7e9b61546e5110/Agrometeorologia-dos-cultivos.pdf)
- C. D. Jones, J. K. Hughes, N. Bellouin, S. C. Hardiman, G. S. Jones, J. Knight, S. Liddicoat, F. M. O'Connor, R. J. Andres, C. Bell, K.-O. Boo, A. Bozzo, N. Butchart, P. Cadule, K. D. Corbin, M. Doutriaux-Boucher, P. Friedlingstein, J. Gornall, L. Gray, P, and M. Z. (2011). The HadGEM2-ES implementation of CMIP5 centennial simulations. *Geoscientific Model Development*. <https://doi.org/10.5194/gmd-4-543-2011>
- Carney, J. (1996). Landscapes of Technology Transfer: Rice Cultivation and African Continuities. *Technology and Culture*, 37(1), 5–35. <https://www.jstor.org/stable/3107200?seq=1>
- Carney, J. (2017). O arroz africano na história do Novo Mundo. In *Fronteiras* (Vol. 6, Issue 2). <https://doi.org/10.21664/2238-8869.2017v6i2.p182-197>
- Carney, J. A. (2001). Black Rice: The African Origins of Rice Cultivation in the Americas. In *The Journal of Blacks in Higher Education* (Issue 34). <https://doi.org/10.2307/3134146>
- Carney, J., & Marin, R. A. (1999). Aportes dos escravos na história do cultivo do arroz africano nas Américas. *Estudos, Sociedade e Agricultura*, 113–133.
- Chauhan, B. S., Jabran, K., & Mahajan, G. (2017). *Rice Production Worldwide* (2017th ed.). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-47516-5\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-47516-5_4)
- Cheaney, R. L. (1974). *Historia del arroz como cultivo importante. Programa de Arroz*.

*Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia.*

- Christofoletti, A. (1998). Notas e Resenhas. Bibliografia em climatologia e sobre mudanças climáticas. *GEOGRAFIA*, 23(2), 63–81. <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/ageteo/article/view/14716/11352>
- Church, J. A., Clark, P. U., Cazenave, A., Gregory, J. M., Jevrejeva, S., Levermann, A., Merrifield, M. A., Milne, G. A., Nerem, R. S., Nunn, P. D., Payne, A. J., Pfeffer, W. T., Stammer, D., & Unnikrishnan, A. S. (2013). Chapter 13: Sea Level Change. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. In Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.*
- Church, J. A., Gregory, J. M., Cazenave, A., Gregory, J. M., Jevrejeva, S., Levermann, A., Merrifield, M. A., Milne, G. A., Nerem, R. S., Nunn, P. D., Payne, A. J., Pfeffer, W. T., Stammer, D., Unnikrishnan, A. S., & Contributing. (2013). Sea Level Change. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Encyclopedia of Ocean Sciences*, 493–499.
- CILSS. (2016). *Les Paysages de l’Afrique de l’Ouest : Une Fenêtre sur un Monde en Pleine Évolution. U.S. Geological Survey EROS.*
- CONAB. (2015). A cultura do arroz. In *A cultura do arroz* (Ministério). <http://www.conab.gov.br>
- Cordeiro, A. C. C. (2008). Métodos de melhoramento genético de arroz irrigado. *Embrapa Roraima*, 65.
- Coulibaly, G., Leye, B., Tazen, F., Mounirou, L. A., & Karambiri, H. (2020). Urban flood modeling using 2D shallow-water equations in Ouagadougou, Burkina Faso. *Water (Switzerland)*, 12(8). <https://doi.org/10.3390/W12082120>
- Courtois, B. (2007). Une brève histoire de l’amélioration génétique du riz. *Cirad, France*, 1–13. [https://agritrop.cirad.fr/545575/3/document\\_545575.pdf](https://agritrop.cirad.fr/545575/3/document_545575.pdf)
- Cruz, R. P. da. (2010). Exigências climáticas para a cultura do arroz irrigado. *Instituto Rio Grandense Do Arroz*, 40.
- Cubry, P., Tranchant-Dubreuil, C., Thuillet, A. C., Monat, C., Ndjiondjop, M. N., Labadie, K., Cruaud, C., Engelen, S., Scarcelli, N., Rhoné, B., Burgarella, C., Dupuy, C., Larmande, P., Wincker, P., François, O., Sabot, F., & Vigouroux, Y. (2018). The Rise and Fall of African Rice Cultivation Revealed by Analysis of 246 New Genomes. *Current Biology*, 28(14), 2274–2282.e6. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2018.05.066>
- Darman, L. P., Januhariadi, Yudha, M. P., & Aslan. (2024). Assessment of NASA POWER

- reanalysis products as data resources alternative for weather monitoring in West Sumbawa, Indonesia. *E3S Web of Conferences*, 485. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202448506006>
- Datta, S. K. De. (1981). *Principles and practices of rice production*. [https://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/PNAAL342.pdf](https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNAAL342.pdf)
- Defoer, T., Wopereis, M. C. S., Idinoba, P., Kadisha, T. K. L., Diack, S., & Gaye, M. (2008). Curriculum d'apprentissage participatif et recherche action (APRA) pour la gestion intégrée de la culture de riz de bas-fonds (GIR) en Afrique sub-saharienne. *Le Centre Du Riz Pour l'Afrique*, 180.
- Degiovanni, V., Berrio, L., & Charry, R. (2017). Origen , taxonomía , anatomía y morfología de la planta de arroz ( *Oryza sativa* L .). In *Producción eco-eficiente del arroz en América Latina* (pp. 35–59). [https://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos\\_Ciat/2010\\_Degiovanni-Produccion\\_eco-eficiente\\_del\\_arroz.pdf](https://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/2010_Degiovanni-Produccion_eco-eficiente_del_arroz.pdf)
- Dekoula, C. S., Kouame, B., N'goran, E. K., Yao, F. G., Ehounou, J.-N., & Soro, N. (2018). Impact de la variabilité pluviométrique sur la saison culturale dans la zone de production cotonnière en Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal, ESJ*, 14(12), 143. <https://doi.org/10.19044/esj.2018.v14n12p143>
- Dembélé, V., Dakouo, D., & Ouédraogo, M. (2005). Problématique de la commercialisation du paddy et stratégies d'adaptation des producteurs dans les périmètres irrigués de l'ouest du Burkina Faso. Atelier régional sur les politiques rizicoles et sécurité alimentaire en Afrique Sub-saharienne, Bobo-Dioula. *Rice Policy and Food Security in Sub-Saharan Africa*, 17. [https://www.academia.edu/30895584/Problématique\\_de\\_la\\_commercialisation\\_du\\_paddy\\_et\\_stratégies\\_d\\_adaptation\\_des\\_producteurs\\_dans\\_les\\_grands\\_périmètres\\_irrigués\\_de\\_l\\_Ouest\\_du\\_Burkina\\_Faso](https://www.academia.edu/30895584/Problématique_de_la_commercialisation_du_paddy_et_stratégies_d_adaptation_des_producteurs_dans_les_grands_périmètres_irrigués_de_l_Ouest_du_Burkina_Faso)
- Descroix, L., Diongue Niang, A., Panthou, G., Bodian, A., Sane, Y., Dacosta, H., Malam Abdou, M., Vandervaere, J.-P., & Quantin, G. (2015). Évolution récente de la pluviométrie en Afrique de l'ouest à travers deux régions : la Sénégalie et le bassin du Niger moyen. *Climatologie*, 12, 25–43. <https://doi.org/10.4267/climatologie.1105>
- Dewes, J. O. (2013). *Amostragem em Bola de Neve e Respondent-Driven Sampling: uma descrição dos métodos* [Universidade Federal do Rio Grande do Sul]. <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/93246>
- Diabaté, L., Blanc, P., & Wald, L. (2004). Solar radiation climate in Africa. *Solar Energy*, 76(6), 18. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2004.01.002>

- Diatta, S., Thiandoum, A., Mbaye, M. L., Sarr, A. B., & CAMARA, M. (2021). Projected climate risks for rice crops in Casamance, Southern Senegal. *African Journal of Environmental Science and Technology*, 15(February), 69–84. <https://doi.org/10.5897/AJEST2020.2963>
- Diedhiou, A., Bichet, A., Wartenburger, R., Seneviratne, S. I., Rowell, D. P., Sylla, M. B., Diallo, I., Todzo, S., Touré, N. E., Camara, M., Ngatchah, B. N., Kane, N. A., Tall, L., & Affholder, F. (2018). Changes in climate extremes over West and Central Africa at 1.5 °c and 2 °c global warming. *Environmental Research Letters*, 13(6). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aac3e5>
- Djossou, J., Akpo, A. B., Affewe, J. D., & Donnou, H. E. V. (2017). Dynamics of the Inter Tropical Front and Rainy Season Onset in Benin Dynamics of the Inter Tropical Front and Rainy Season Onset in Benin. *Current Journal of Applied Science and Technology*, October. <https://doi.org/10.9734/CJAST/2017/36832>
- Dombrowski, O., Franssen, H.-J. H., Brogi, C., & Bogena, H. R. (2021). Performance of the ATMOS41 All-in-One Weather Station for Weather Monitoring. *Sensors*, 23. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/s21030741>
- Dosio, A. (2017). Projection of temperature and heat waves for Africa with an ensemble of CORDEX Regional Climate Models. *Climate Dynamics*, 49(1–2), 493–519. <https://doi.org/10.1007/s00382-016-3355-5>
- Dunning, C. M., Black, E. C. L., & Allan, R. P. (2016). The onset and cessation of seasonal rainfall over Africa. *Journal of Geophysical Research*, 121(19), 11405–11424. <https://doi.org/10.1002/2016JD025428>
- Fageria, N. K., Wander, A. E., & Silva, S. C. (2014). Rice (*Oryza sativa*) cultivation in Brazil. *Indian Journal of Agronomy*, 59(3), 350–358.
- Fante, K. P., & Neto, J. L. S. (2017). Mudanças nos Padrões da Temperatura do Estado de São Paulo / Brasil nos Últimos 50 Anos Temperatures Standards Changes in São Paulo State / Brazil in the Last 50 Years. *Revista Do Departamento de Geografia*, 33, 12–23.
- FAO. (2005). *Profil de Pays – Guinée-Bissau. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. Rome, Italie.* <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/c5b11529-9781-4d11-8b4d-f05b3462999f/content>
- FAO. (2009). L'importance des forêts de mangrove pour la pêche, la faune sauvage et les ressources en eau en Afrique. *Nature et Faune*, 143. [www.fao.org/africa/publications/nature-and-faune-magazine/%5CnNature](http://www.fao.org/africa/publications/nature-and-faune-magazine/%5CnNature)
- FAO. (2010). *Évaluation des ressources forestières mondiales 2010. Rapport national*,

- Guinée Bissau. <https://www.fao.org/4/al523F/al523F.pdf>
- FAO. (2016). *La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture. Changement climatique, agriculture et sécurité alimentaire.* <https://www.fao.org/3/i6030f/i6030f.pdf>
- FAO. (2018). World Food and Agriculture - Statistical Pocketbook 2018. In *World Food and Agriculture - Statistical Pocketbook 2019*. <https://doi.org/10.4060/ca6463en>
- FAO. (2023). Initiative main dans la main, Guinée-Bissau. *Forum d'investissement*, 21. [https://www.fao.org/docs/handinhandlibraries/countries/guinea-bissau/guinee-bissau-présentation\\_rev\\_14-oct.pdf?sfvrsn=d16bd2da\\_1](https://www.fao.org/docs/handinhandlibraries/countries/guinea-bissau/guinee-bissau-présentation_rev_14-oct.pdf?sfvrsn=d16bd2da_1)
- Faye, C., Ndiaye, A., & Mbaye, I. (2017). Une Evaluation Comparative Des Sequences De Secheresse Meteorologique Par Indices, Par Echelles De Temps Et Par Domaines Climatiques Au Senegal a Comparative Assessment of Sequences of Drought Weather Indices, By Time Scales and Climate in Senegal Areas. *J. Wat. Env. Sci*, 1, 11–28. <http://revues.imist.ma/?journal=jwes>
- Fiamohe, R., Demont, M., Saito, K., Roy-Macauley, H., & Tollens, E. (2018). *How Can West African Rice Compete in Urban Markets? A Demand Perspective for Policymakers Comment le riz ouest-africain peut-il rivaliser sur les marchés urbains? Une perspective de la demande pour les décideurs de l'action publique Wie kann westafrikanischer Reis auf städtischen Märkten konkurrieren? Eine Nachfrageperspektive für politische Entscheidungsträger.* <https://doi.org/10.1111/1746-692X.12177>
- Fink, A. H. (2017). *Meteorology of Tropical West Africa* (U. 9600 Garsington Road, Oxford, OX4 2DQ (ed.)).
- Funk, C. C., Peterson, P. J., Landsfeld, M. F., Pedreros, D. H., Verdin, J. P., Rowland, J. D., Romero, B. E., Husak, G. J., Michaelsen, J. C., & Verdin, A. P. (2014). A Quasi-Global Precipitation Time Series for Drought Monitoring. *U.S. Geological Survey Data Series*, 832, 12.
- Garbanzo, G., Céspedes, J., Sandoval, J., Temudo, M., Paredes, P., & Rosário, M. (2024). Moving towards the biophysical characterization of the mangrove swamp rice production system in Guinea Bissau: exploring tools to improve soil and water use efficiency. *Agronomy, February*, 23 p. <https://doi.org/10.3390/agronomy14020335>
- Garbanzo, G., Cameira, M., & Paredes, P. (2024). The Mangrove Swamp Rice Production System of Guinea Bissau: Identification of the Main Constraints Associated with Soil Salinity and Rainfall Variability. *Agronomy*, 14(3), 468. <https://doi.org/10.3390/agronomy14030468>

- Garbanzo, G., Céspedes, J., Temudo, M., Cameira, M. do R., Paredes, P., & Ramos, T. (2025). Advances in soil salinity diagnosis for mangrove swamp rice production in Guinea Bissau, West Africa. *Science of Remote Sensing*, 11, 100231. <https://doi.org/10.1016/j.srs.2025.100231>
- Garbanzo, G., do Rosário Cameira, M., Paredes, P., Temudo, M., & Ramos, T. B. (2025). Modeling soil water and salinity dynamics in mangrove swamp rice production system of Guinea Bissau, West Africa. *Agricultural Water Management*, 313, 109494. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2025.109494>
- Garcés-Varon, G., & Restrepo-Díaz, H. (2015). Growth and yield of rice cultivars sowed on different dates under tropical conditions. *Ciencia e Investigacion Agraria*, 42(2), 217–226. <https://doi.org/10.4067/S0718-16202015000200008>
- Gardiolo, M. (2016). *Il riso e la sua coltivazione in Italia e in Cina : analisi delle tecniche e tecnologie*. Ca' Foscari Venezia.
- Gavin A. Schmidt, Max Kelley, , Larissa Nazarenko , Reto Ruedy, G. L. R., & Igor Aleinov, Mike Bauer Susanne E. Bauer Maharaj K. Bhat<sup>5</sup>, Rainer Bleck<sup>1, 4</sup>, Vittorio Canuto<sup>1</sup>, Yong-Hua Chen Ye Cheng<sup>1</sup>, Thomas L. Clune<sup>5</sup>, Anthony Del Genio<sup>1</sup>, Rosalinda de Fainchtein, Greg Faluvegi, James E. Hansen Richard, and J. Z. (2014). Journal of Advances in Modeling Earth Systems contributions to the CMIP5 archive. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 6, 141–184. <https://doi.org/10.1002/2013MS000265>. Received
- Gbode, I. E., Adeyeri, O. E., Menang, K. P., Intsiful, J. D. K., Ajayi, V. O., Omotosho, J. A., & Akinsanola, A. A. (2019). Observed changes in climate extremes in Nigeria. *Meteorological Applications*, 26(4), 642–654. <https://doi.org/10.1002/met.1791>
- Gérardeaux, E., Falconnier, G., Gozé, E., Defrance, D., Kouakou, P. M., Loison, R., Sultan, B., Affholder, F., & Muller, B. (2021). Adapting rainfed rice to climate change: a case study in Senegal. *Agronomy for Sustainable Development*, 41(4), 16. <https://doi.org/10.1007/s13593-021-00710-2>
- GIEC. (2013). *Glossaire [Planton, S. (coord.)]. In: Changements climatiques 2013: Les éléments scientifiques. Contribution du Groupe de travail I au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Cambridge University Press, 20. chrome-extension://mhjfbmdgcfjbbpaeojofohoefgjiehjai/index.html*
- Gonçalves, A. O., Pereira, N. R., & Costa, L. L. da. (2006). *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 99 Caracterização Climática e Aptidão das Culturas Anuais e Perenes no Zoneamento Pedoclimático do Estado do Mato Grosso do Sul – 1ª fase*.

- Gonzales, J. L. S., Huaccha, A. D. H., Hilasaca, K. R. M., Hancoo, W. A. K., Alanocca, D. T., Mamani, D. B. C., Halanoca, J. S. L., & Tejada, W. R. L. (2024). Wind and mini-hydraulic energy potential in the lower basins of the rivers of the mountain ranges, given their topology. *Heliyon*, 10(15), 13. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e35177>
- Goswami, P., & Dutta, G. (2020). Evaluation of DSSAT model (CERES rice) on rice production: A review. *International Journal of Chemical Studies*, 8(5). <https://doi.org/10.22271/chemi.2020.v8.i5f.10327>
- GRDR. (2018). *Monografia da Região de Cacheu*. [www.designbyreg.dphoto.com](http://www.designbyreg.dphoto.com)
- Guan, K., Sultan, B., Lobell, D. B., Biasutti, M., Piani, C., Hammer, G. L., & McLean, G. (2014). Agricultural Adaptations to Climate Changes in West Africa. *American Geophysical Union*.
- Guimarães, C. M., Fageria<sup>1</sup>, N. K., & Filho, M. P. B. (2003). Como a planta do arroz se desenvolve. *ARQUIVO DO AGRÔNOMO*, 103, 1–20. <http://www.fs.ind.br/arq/201412050910451264649536.pdf>
- Guimarães C. (1959). As chuvas na Guiné Portuguesa. *Boletim Cultural Da Guiné Portuguesa*. - Vol. XIV, Nº 55, 295–358.
- Guiné-Bissau. (2015). *República da Guiné-Bissau 2025. Plano Estratégico e operacional 2015-2020 “Terra Ranka”. Documento II: Relatório Final*. <https://www.lerenovaveis.org/contents/lerpublication/plano-estrategico-e-operacional-2015-2020-terra-ranka.pdf>
- Guinea-Bissau. (2018). Third National Communication: Report to the United Nations Framework Convention on Climate Change. Republic of Guinea-Bissau, Bissau. In *Report to the United Nations Framework Convention on Climate Change* (Issue January). web: <http://environment.gov.gb>
- Guinée-Bissau. (2017). *Plan National d’Investissement Agricole. 2ème Generation*. <https://faolex.fao.org/docs/pdf/gbs211626.pdf>
- Gutaker, R. M., Groen, S. C., Bellis, E. S., Choi, J. Y., Pires, I. S., Bocinsky, R. K., Slayton, E. R., Wilkins, O., Castillo, C. C., Negrão, S., Oliveira, M. M., Fuller, D. Q., Guedes, J. A. d’Alpoim, & J. R. L., & Purugganan, M. D. (2020). Genomic history and ecology of the geographic spread of rice. *Nat. Plants*, 6, 492–502. <https://doi.org/s41477-020-0659-6>
- Guttman, N. B. (1999). *ACCEPTING THE STANDARDIZED PRECIPITATION INDEX : cultural interests while very long term durations time use ; the Palmer Hydrologic Drought Index , Since many users may not have either the back- For a given time scale , SPI values are positive considerati*. 35(2).

- Havik, P. J., Monteiro, F., Catarino, S., Correia, A. M., Catarino, L., & Romeiras, M. M. (2018). Agro-economic transitions in Guinea-Bissau (West Africa): Historical trends and current insights. *Sustainability*, *10*(10), 1–19. <https://doi.org/10.3390/su10103408>
- Hayford, A., Effah, J. E., Fuseina, I., Abednego, P., & Richard, Y. (2021). Women in West African Mangrove Oyster (*Crassostrea Tulipa*) Harvesting, Contribution to Food Security and Nutrition in Ghana. *Oceanography & Fisheries Open Access Journal*, *14*(1), 19. <https://doi.org/10.19080/foaj.2021.14.555878>
- Hitaka, N. (1966). Studies on the lodging of rice plant (4). *Journal of Agricultural Meteorology*, *22*(2), 59–64. <https://doi.org/10.2480/agrmet.22.59>
- Hoyt, D. V., & Schatten, K. H. (1997). The Role of the Sun in Climate Change. *Oxford University Press; New York*, 279.
- Hudson, N., & Ruane, A. (2013). Guide for Running AgMIP Climate Scenario Generation Tools with R in Windows (Version 2.3). CCSR Columbia University. *Reframing Finance*, 398–439. <https://ntrs.nasa.gov/citations/20150007687>
- Hurrell, J., Visbeck, M., Pirani, A., & Asrar, G. (2011). WCRP Coupled Model Intercomparison Project - Phase 5 -CMIP5. *CLIVAR*, *16*(56), 53. <https://www.clivar.org/sites/default/files/documents/Exchanges56.pdf>
- IBAP. (2008). *Plano de Gestão Parque Natural dos Tarrafes do Rio Cacheu - PNTC 2008-2018*. [https://rsis Ramsar.org/RISapp/files/45673327/documents/GW2229\\_mgt1505.pdf](https://rsis Ramsar.org/RISapp/files/45673327/documents/GW2229_mgt1505.pdf)
- IBM Corp. Released. (2023). *IBM SPSS Statistics for Windows, Version 29.0.2.0 Armonk, NY: IBM Corp.* <https://www.ibm.com/annualreport/>
- Iizumi, T., Shiogama, H., Imada, Y., Hanasaki, N., Takikawa, H., & Nishimori, M. (2018). Crop production losses associated with anthropogenic climate change for 1981–2010 compared with preindustrial levels. *International Journal of Climatology*, *38*(14), 5405–5417. <https://doi.org/10.1002/joc.5818>
- INE. (2009). *TERCEIRO RECENSEAMENTO GERAL DA POPULAÇÃO E HABITAÇÃO DE 2009*. [https://www.stat-guineebissau.com/Menu\\_principal/IV\\_RGPH/rgph1/estado\\_estrutura\\_pop.pdf](https://www.stat-guineebissau.com/Menu_principal/IV_RGPH/rgph1/estado_estrutura_pop.pdf)
- INE. (2022). *Anuário Estatísticas Vitais da Guiné-Bissau 2018-2022*. [https://stat-guineebissau.com/Menu\\_principal/IV\\_RGPH/rgph1/projecoes/Anuario\\_Final\\_de\\_Estatisticas\\_Vitais.pdf](https://stat-guineebissau.com/Menu_principal/IV_RGPH/rgph1/projecoes/Anuario_Final_de_Estatisticas_Vitais.pdf)
- IPCC. (2001). The climate system: An overview. In A. P. M. Baede, E. Ahlonsou, Y. Ding, & D. Schimel (Eds.), *TAR Climate Change 2001: The Scientific Basis* (pp. 87–98). <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/TAR-01.pdf>

- IPCC. (2007). *Climate Change 2007 - The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Science, October 2009.* <https://doi.org/volume>
- IPCC. (2013). *CLIMATE CHANGE 2013. The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. In C. University (Ed.), *Researchgate.Net*. [www.cambridge.org/9781107661820](http://www.cambridge.org/9781107661820)
- IPCC. (2014). *Climate Change 2014 Part A: Global and Sectoral Aspects.* In C. University & Press (Eds.), *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* [papers2://publication/uuid/B8BF5043-C873-4AFD-97F9-A630782E590D](https://doi.org/10.1017/9781107661820)
- IPCC. (2018). *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change,.* [https://doi.org/ 10.1017/9781009157940.](https://doi.org/10.1017/9781009157940)
- IPCC. (2022). *Climate Change 2022 : Impacts , Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New Y (Issue August). [https://doi.org/doi:10.1017/9781009325844.](https://doi.org/doi:10.1017/9781009325844)
- IPCC. (2023). *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* In IPCC.
- IRD. (1999). *Rivières du Sud. Sociétés et Mangroves Ouest-Africaines. Institut de Recherche pour le Développement.*
- IRRI. (2002). *Rice Almanac. Source Book for the Most Important Economic Activity on Earth* (J. L. Maclean, D. C. Dawe, B. Hardy, & G. P. Hettel (eds.)). CABI Publishing. [http://books.irri.org/0851996361\\_content.pdf](http://books.irri.org/0851996361_content.pdf)
- Irwin, H. P. A. H. (1979). A theoretical variation of the wind profile power-law exponent as a function of surface roughness and stability. *Atmospheric Environment.* [https://doi.org/10.1016/0004-6981\(79\)90260-9](https://doi.org/10.1016/0004-6981(79)90260-9)
- Jacquot, M., Guy, C., Ghesquière, A., Glaszmann, J.-C., Guiderdoni, E., & Didier Tharreau. (1997). Les riz. *Lamélioration Des Plantes Tropicales*, 533–564.

- Jägermeyr, J., Müller, C., Ruane, A. C., Elliott, J., Balkovic, J., Castillo, O., Faye, B., Foster, I., Folberth, C., Franke, J. A., Fuchs, K., Guarin, J. R., Heinke, J., Hoogenboom, G., Iizumi, T., Jain, A. K., Kelly, D., Khabarov, N., Lange, S., ... Rosenzweig, C. (2021). Climate impacts on global agriculture emerge earlier in new generation of climate and crop models. *Nature Food*, 2(11), 873–885. <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00400-y>
- Janicot, S., Aubertin, C., Bernoux, M., Dounias, E., Guégan, J.-F., Lebel, T., Mazurek, H., & Sultan, B. (2015). *Changement climatique Quels défis pour le Sud ?* (IRD). [file:///C:/Users/orlan/Downloads/Changement\\_climatique.pdf](file:///C:/Users/orlan/Downloads/Changement_climatique.pdf)
- Jiang, M., Jia, L., Menenti, M., & Zeng, Y. (2023). Understanding spatial patterns in the drivers of greenness trends in the Sahel-Sudano-Guinean region. *Big Earth Data*, 7(2), 298–317. <https://doi.org/10.1080/20964471.2022.2146632>
- Justina, E., Schleder, D., Aguiar, E. B., & Anhanguera, U. (1981). *MATERIAL DIDÁTICO : INTRODUÇÃO A TAXONOMIA E SISTEMA VEGETAL*.
- Kabir, H. (2015). Impacts of Climate Change on Rice Yield and Variability; an Analysis of Disaggregate Level in the Southwestern Part of Bangladesh Especially Jessore and Sathkhira Districts. *Journal of Geography & Natural Disasters*, 05(03). <https://doi.org/10.4172/2167-0587.1000148>
- Kadyampakeni, D. M., Mul, M. L., Obuobie, E., Appoh, R., Owusu, A., Ghansah, B., Boakye-Acheampong, E., & Barron, J. (2017). Agro-climatic and hydrological characterization of selected watersheds in Northern Ghana. In *IWMI Working Papers* (Vol. 173). <https://doi.org/10.5337/2017.209>
- Kim, H. Y., Ko, J., Kang, S., & Tenhunen, J. (2013). Impacts of climate change on paddy rice yield in a temperate climate. *Global Change Biology*, 19(2), 548–562. <https://doi.org/10.1111/gcb.12047>
- Kotlikoff, L. J., Polbin, A. V., & Zubarev, A. V. (2021). Will the Paris Accord Accelerate Climate Change? *Ekonomicheskaya Politika*, 2021(1), 8–37. <https://doi.org/10.18288/1994-5124-2021-1-8-37>
- Kouakou, K. P. M. (2017). *Evaluation des possibilités de culture du riz pluvial et risques associés au Sénégal* [UNIVERSITÉ CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR]. <https://afrique-ouest.cirad.fr/content/download/7225/71339/version/1/file/Thèse+Paul+Martial+KO UAKOU+2017+VF.pdf>
- KOUASSI, A. M., KOUASSI, N. J., DJE, K. B., KOUAME, K. F., & BIEMI, J. (2018). *Fonction de la date de démarrage des pluies en Afrique de l' Ouest : Cas du bassin versant du Bandama en Cote d' Ivoire*. 30(2), 147–156.

- Kouman, K. D., Kabo-bah, A. T., Kouadio, B. H., & Akpoti, K. (2022). Spatio-Temporal Trends of Precipitation and Temperature Extremes across the North-East Region of Côte d'Ivoire over the Period 1981–2020. *Climate*, 10(5), 25. <https://doi.org/10.3390/cli10050074>
- Kovach, M. J., Sweeney, M. T., & McCouch, S. R. (2007). New insights into the history of rice domestication. *Trends in Genetics*, 23(11), 578–587. <https://doi.org/10.1016/j.tig.2007.08.012>
- Kumar, A., Nath, S., Balpande, R., Kumar, P., Mishra, A., & Kumar, V. (2019). Decision support system for agro technology (DSSAT) modeling for estimation of rice production and validation. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(3).
- Kyle, S. (2015). Working Paper Rice Sector Policy Options in Guinea bissau. In WARREN HALL (Issue January). <https://ageconsearch.umn.edu/record/250010/?ln=en>
- Li, T., Hasegawa, T., Yin, X., Zhu, Y., Boote, K., Adam, M., Bregaglio, S., Buis, S., Confalonieri, R., Fumoto, T., Gaydon, D., Marcaida, M., Nakagawa, H., Oriol, P., Ruane, A. C., Ruget, F., Singh, B., Singh, U., Tang, L., ... Bouman, B. (2015). Uncertainties in predicting rice yield by current crop models under a wide range of climatic conditions. *Global Change Biology*, 21(3), 1328–1341. <https://doi.org/10.1111/gcb.12758>
- Li, Y., He, P., Shan, Y., Li, Y., Hang, Y., Shao, S., Ruzzenenti, F., & Hubacek, K. (2024). Reducing climate change impacts from the global food system through diet shifts. *Nature Climate Change Article*, 18. <https://doi.org/10.1038/s41558-024-02084-1>
- Liebmann, B., Kiladis, G. N., Oceanic, N., Carvalho, L. M. V, & Barbara, S. (2012). Seasonality of African Precipitation from 1996 to 2009. *Journal of Climat*, 25(June), 4304–4322. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-11-00157.1>
- Linares, O. F. (2002). African rice (*Oryza glaberrima*): History and future potential. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 99(25), 16360–16365. <https://doi.org/10.1073/pnas.252604599>
- Liu, B., Yan, Y., Zhu, C., Ma, S., & Li, J. (2020). Record-Breaking Meiyu Rainfall Around the Yangtze River in 2020 Regulated by the Subseasonal Phase Transition of the North Atlantic Oscillation. *Geophysical Research Letters*, 47(22). <https://doi.org/10.1029/2020GL090342>
- Liu, E., Zhou, G., Wu, B., Song, Y., He, Q., Lv, X., & Zhou, M. (2022). Response and Adaptation of Single-Cropping Rice Growth Periods to Sowing Date, Cultivar Shift and Extreme Temperatures in China from 1981 to 2010. *International Journal of Plant Production*, 16(4), 627–638. <https://doi.org/10.1007/s42106-022-00214-3>

- LNEG, & DGGM. (2015). *Carta Geológica da República da Guiné-Bissau, na escala 1:400 000*. <https://geoportal.lneg.pt/mapa/?mapa=CartaGuine>
- Lorieux, M., Ndjiondjop, M. N., & Ghesquière, A. (2000). A first interspecific *Oryza sativa* x *Oryza glaberrima* microsatellite-based genetic linkage map. *Theoretical and Applied Genetics*, *100*(3–4), 593–601. <https://doi.org/10.1007/s001220050078>
- Lubes, H., Masson, J. M., Servat, E., Paturol, J. E., Kouame, B., & Boyer, J. F. (1994). *Caractérisation de fluctuations dans une série chronologique par application de tests statistiques. Étude bibliographique. Programme /CCARE Rapport n° 3*. [http://www.hydrosciences.fr/sierem/produits/icare/bibliographie/rap\\_statistique.htm](http://www.hydrosciences.fr/sierem/produits/icare/bibliographie/rap_statistique.htm)
- Lubis, S. W., Hagos, S., Hermawan, E., Respati, M. R., Ridho, A., Risyanto, Paski, J. A. I., Muhammad, F. R., Siswanto, Ratri, D. N., Setiawan, S., & Permana, D. S. (2022). Record-Breaking Precipitation in Indonesia's Capital of Jakarta in Early January 2020 Linked to the Northerly Surge, Equatorial Waves, and MJO. *Geophysical Research Letters*, *49*(22). <https://doi.org/10.1029/2022gl101513>
- Lusa. (2020). *Chuvas provocam estragos um pouco por toda a Guiné-Bissau, governo pensa lançar campanha*. <https://observador.pt/2020/09/08/chuvas-provocam-estragos-um-pouco-por-toda-a-guine-bissau-governo-pensa-lancar-campanha/>
- Ly, M., Traore, S. B., Alhassane, A., & Sarr, B. (2013). Evolution of some observed climate extremes in the West African Sahel. *Weather and Climate Extremes Journal*, *1*, 19–25. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2013.07.005>
- Machado, M. (1972). Balanço hídrico da Província da Guiné. *Boletim Cultural Da Guiné Portuguesa*, *XXVII*, *108*, 753–768. <http://memoria-africa.ua.pt/Library/ShowImage.aspx?q=/BCGP/BCGP-N108&p=91>
- Macharia, D., Fankhauser, K., Selker, J. S., Neff, J. C., & Thomas, E. A. (2022). Validation and Intercomparison of Satellite-Based Rainfall Products over Africa with TAHMO In Situ Rainfall Observations. *Journal of Hydrometeorology*, *23*(7), 1131–1154. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-21-0161.1>
- Maléki, B. H., Koffi, H., Kpérkouma, W., Komlan, B., Koffi, A., & Sidéra, E. K. (2014). Analyse de la variabilité temporelle et spatiale des séries climatiques du nord du togo entre 1960 et 2010. *European Scientific Journal*, *10*(11), 257–275. <https://core.ac.uk/download/pdf/328024239.pdf>
- Marshall, B., Cardon, P., Poddar, A., & Fontenot, R. (2013). Does sample size matter in qualitative research?: A review of qualitative interviews in is research. *Journal of Computer Information Systems*, *54*(1), 11–22.

- <https://doi.org/10.1080/08874417.2013.11645667>
- Marteau, R., Moron, V., & Philippon, N. (2009). Spatial coherence of Monsoon onset over Western and Central Sahel (1950-2000). *Journal of Climate*, 22(5), 1313–1324. <https://doi.org/10.1175/2008JCLI2383.1>
- Marteau, R., Sultan, B., Moron, V., Baron, C., Traoré, S. B., & Alhassane, A. (2010). Démarrage de la saison des pluies et date de semis du mil dans le sud-ouest du Niger. *23ième Colloque de l'Association Internationale de Climatologie*, 1, 379–384. <http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00514811/>
- Martiarena, M. L., & Temudo, M. P. (2024). Endogenous learning and innovation in African smallholder agriculture: lessons from Guinea-Bissau. *Journal of Agricultural Education and Extension*, 30(2), 161–179. <https://doi.org/10.1080/1389224X.2023.2169480>
- Martins, A. (2019). *Caraterização socioeconómi-ca do Parque Nacional de Cantanhez, Guiné-Bissau. Contributo para um Sistema de Gestão Ambiental* [Universidade de Évora]. <https://dspace.uevora.pt/rdpc/handle/10174/26456>
- Massazza, G., Bacci, M., Descroix, L., Ibrahim, M. H., Fiorillo, E., Katiellou, G. L., Panthou, G., Pezzoli, A., Rosso, M., Sauzedde, E., Terenziani, A., De Filippis, T., Rocchi, L., Burrone, S., Tiepolo, M., Vischel, T., & Tarchiani, V. (2021). Recent changes in hydroclimatic patterns over medium Niger river basins at the origin of the 2020 flood in Niamey (Niger). *Water*, 13(12). <https://doi.org/10.3390/w13121659>
- Mattiuzzi, H., & Marchioro, E. (2012). O comportamento dos ventos em vitória (ES): a gestão e interpretação dos dados climatológicos. *Revista Geonorte*, 2(4), 983–993. <https://periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/2160/2027>
- MAVA, UICN, International, W., & PRCM. (2009). *Charte et Plan d'actions pour une gestion durable des mangroves dans l'espace PRCM : Mauritanie, Sénégal, Gambie, Guinée Conakry, Guinée Bissau et Sierra Leone*. 71. [https://wiki.remixthecommons.org/images/Charte\\_des\\_mangroves\\_d%27Afrique\\_d\\_e\\_l%27Ouest.pdf](https://wiki.remixthecommons.org/images/Charte_des_mangroves_d%27Afrique_d_e_l%27Ouest.pdf)
- Mballo, I., Sy, O., & Faye, C. (2019). *Variabilité climatique et productions vivrières en Haute Casamance ( SUD-SENEGAL)*. 28, 161–178. <https://hal.science/hal-02432388v1>
- Mckee, T. B., Doesken, N. J., & Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. *Eighth Conference on Applied Climatology, January*, 17–22. [https://www.droughtmanagement.info/literature/AMS\\_Relationship\\_Drought\\_Frequency\\_Duration\\_Time\\_Scales\\_1993.pdf](https://www.droughtmanagement.info/literature/AMS_Relationship_Drought_Frequency_Duration_Time_Scales_1993.pdf)
- Medina, N. (2008). *O ecossistema orizícola na Guiné-Bissau: principais constrangimentos*

- à produção na zona i (regiões de Biombo, Cacheu e Oio) e perspectivas [Universidade de Lisboa - Instituto Superior de Agronomia].  
<https://www.repository.utl.pt/handle/10400.5/198/browse?type=advisor&order=ASC&rpp=20&value=Temudo%2C+Marina+Augusta+Pereira+Padrão>
- Meirelles, F. C. (2018). *Desempenho de cultivares de arroz de terras altas em diferentes épocas de sementeira*.
- Mekonnen, K., Velpuri, N. M., Leh, M., Akpoti, K., Owusu, A., Tinonetsana, P., Hamouda, T., Ghansah, B., Paranamana, T. P., & Munzimi, Y. (2023). Accuracy of satellite and reanalysis rainfall estimates over Africa: A multi-scale assessment of eight products for continental applications. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 49(August), 25. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2023.101514>
- Mendes, J. (2021). *Modernização da agricultura e situação atual dos agricultores da região de Tombali, província Sul, Guiné-Bissau* [UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL]. <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/234543>
- Mendes, O. (2017). Indicadores das mudanças climáticas no leste da Guiné-Bissau e adaptação camponesa. *Sintidus*, 1, 108–139. [https://drive.google.com/file/d/1TfyGvndCQMeMdlL7mDAhZge\\_4qdw17oz/view](https://drive.google.com/file/d/1TfyGvndCQMeMdlL7mDAhZge_4qdw17oz/view)
- Mendes, O., & Atta, S. (2017). *Agroclimatologie de la production de l'anacardier en Guinée-Bissau* (Editions U).
- Mendes, O., Correia, E., & Fragoso, M. (2025). Variability and trends of the rainy season in West Africa with a special focus on Guinea - Bissau. *Theoretical and Applied Climatology*, 156, 15. <https://doi.org/10.1007/s00704-025-05471-6>
- Mendes, O., & Fragoso, M. (2023). Assessment of the Record-Breaking 2020 Rainfall in Guinea-Bissau and Impacts of Associated Floods. *Geosciences*, 13(2), 25. <https://doi.org/10.3390/geosciences13020025>
- Mendes, O., & Fragoso, M. (2024). Recent changes in climate extremes in Guinea- Bissau. *African Geographical Review*, 00, 1–19. <https://doi.org/10.1080/19376812.2024.2359997>
- Merkohasanaj, M., Cortez, N., Goulao, L., & Andreetta, A. (2022). Characterisation of physical-chemical and fertility dynamics of mangrove soils from Guinea-Bissau in different agroecological conditions underlying paddy rice cultivation ao cultivo do arroz. *Revista de Ciencias Agrarias*, 45(4), 267–271. <https://doi.org/https://doi.org/10.19084/rca.28424>
- Merkohasanaj, M., Cortez, N., Cunha-queda, C., Andreetta, A., Cossa, V., Martín-peinado, F. J., Padrão, M., & Goulao, L. F. (2025). Linking Soil Fertility and Production

- Constraints with Local Knowledge and Practices for Two Different Mangrove Swamp Rice Agroecologies, Guinea-Bissau, West Africa. *Agronomy*, 15, 26. <https://doi.org/10.3390/agronomy15020342>
- Meus, L. D., Poersch, A. H., Rossato, I. G., Müllich, A., Sari, L. A., Inklman, V. B., Tardetti, F. de A., Porta, F. S. D., Silva, M. G. da, & Zanon, A. J. (2019). Radiação Solar Em Arroz : Quanto Perdemos Em Produtividade Por Dias Nublados ? *XI Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado*, 10–13.
- Moldenhauer, K., Counce, P., & Hardke, J. (2002). Rice Growth and Development. In *Current Opinion in Microbiology* (Vol. 5, Issue 6, pp. 9–20). [https://doi.org/10.1016/S1369-5274\(02\)00382-X](https://doi.org/10.1016/S1369-5274(02)00382-X)
- Morales, J. A. (2022). Coastal Geology. In *Springer Nature*. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-96121-3>
- Moreira, A., & Ramos, M. da C. P. (2016). Alterações Climáticas e suas consequências: Deslocamentos Populacionais Forçados. *He Overarching Issues of the European Space: Rethinking Socioeconomic and Environmental Problems*, 203–219. <https://ler.letras.up.pt/uploads/ficheiros/15451.pdf>
- Moreira, E. E., Martins, D. S., & Pereira, L. S. (2015). Assessing drought cycles in SPI time series using a Fourier analysis. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci*, 571–585. <https://doi.org/10.5194/nhess-15-571-2015>
- Moron, V., Oueslati, B., Pohl, B., Rome, S., & Janicot, S. (2016). Trends of mean temperatures and warm extremes in northern tropical Africa (1961–2014) from observed and PPCA-reconstructed time series. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* RESEARCH, 5298–5319. <https://doi.org/10.1002/2015JD024303>.Received
- Mortey, E. M., Annor, T., Arnault, J., Inoussa, M. M., Madougou, S., Kunstmann, H., & Nyantakyi, E. K. (2023). *Interactions between Climate and Land Cover Change over West Africa*. 27. <https://doi.org/10.3390/land12020355>
- Mupangwa, W., Chipindu, L., Ncube, B., Mkuhlani, S., Nhantumbo, N., Masvaya, E., Ngwira, A., Moeletsi, M., Nyagumbo, I., & Liben, F. (2023). Temporal Changes in Minimum and Maximum Temperatures at Selected Locations of Southern Africa. *Climate*, 11(4). <https://doi.org/10.3390/cli11040084>
- Muthoni, F. K., Odongo, V. O., Ochieng, J., Mugalavai, E. M., Mourice, S. K., Hoesche-Zeledon, I., Mwila, M., & Bekunda, M. (2019). Long-term spatial-temporal trends and variability of rainfall over Eastern and Southern Africa. *Theoretical and Applied Climatology*, 137(3–4), 1869–1882. <https://doi.org/10.1007/s00704-018-2712-1>

- Ngana, F., Maïna Ababa, A., Gapia, M., & Kossi, L. K. (2013). Météorologie traditionnelle et activités rurales chez les Mandja de Sibut, République Centrafricaine. *Geo-Eco-Trop*, 37(2), 303–312. [https://www.geoecotrop.be/uploads/publications/pub\\_372\\_12.pdf](https://www.geoecotrop.be/uploads/publications/pub_372_12.pdf)
- Niang, A., Becker, M., Ewert, F., Dieng, I., Gaiser, T., Tanaka, A., Senthilkumar, K., Rodenburg, J., Johnson, J. M., Akakpo, C., Segda, Z., Gbakatchetche, H., Jaiteh, F., Bam, R. K., Dogbe, W., Keita, S., Kamissoko, N., Mossi, I. M., Bakare, O. S., ... Saito, K. (2017). Variability and determinants of yields in rice production systems of West Africa. *Field Crops Research*, 207, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.02.014>
- Niang, A. J., Ozer, A., & Ozer, P. (2008). Fifty years of landscape evolution in Southwestern Mauritania by means of aerial photos. *Journal of Arid Environments*, 72(2), 97–107. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2007.04.009>
- Nikiema, P. M., Sylla, B., Ogunjobi, K., Kebe, I., & Giorgi, F. (2017). Multi-model CMIP5 and CORDEX simulations of historical summer temperature and precipitation variabilities over West Africa. *Internacional Journal of Climatology*, 2450(August 2016), 2438–2450. <https://doi.org/10.1002/joc.4856>
- Nkunzimana, A., Bi, S., Alriah, M. A. A., Zhi, T., & Kur, N. A. D. (2020). Comparative Analysis of the Performance of Satellite-Based Rainfall Products Over Various Topographical Unities in Central East Africa: Case of Burundi. *Earth and Space Science*, 7(5), 26. <https://doi.org/10.1029/2019EA000834>
- NôPintcha. (2020). *Noite de tempestade deixa um rasto de estragos em Bissau*. <http://jornalnopintcha.gw/2021/07/03/noite-de-tempestade-deixa-um-rasto-de-estragos-em-bissau/>
- Nouaceur, Z., & Murarescu, O. (2020). Rainfall Variability and Trend Analysis of Multiannual. *Water*, 17(1), 1–18.
- OCHA. (2020). *West and Central Africa: Flooding Situation Overview (January - December 2020)*. *Decembre*, 1–2. <https://reliefweb.int/report/niger/west-and-central-africa-flooding-situation-10-october-2020>
- Odemocrata. (2020). *Bairros inundados pela chuva: Moradores clamam por ajuda do governo e pedem medidas de segurança*. <https://www.odemocratagb.com/?p=25896>
- Olson, D. M., Dinerstein, E., Wikramanayake, E. D., Burgess, N. D., Powell, G. V. N., Underwood, E. C., D’Amico, J. A., Itoua, I., Strand, H. E., Morrison, J. C., Loucks, C. J., Allnutt, T. F., Ricketts, T. H., Kura, Y., Lamoreux, J. F., Wettengel, W. W., Hedao, P., & Kassem, K. R. (2001). Terrestrial ecoregions of the world: A new map of life on Earth. *BioScience*, 51(11), 933–938. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2001\)051\[0933:TEOTWA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2001)051[0933:TEOTWA]2.0.CO;2)

- OMM. (2022). *État du climat en Afrique 2021*.  
[https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=11512](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=11512)
- Oosterbaan, R. J. ;, & Vos, J. (1980). Rice polders in the acid sulfate soils of the bolanhas in the mangroves of Guinea-Bissau. In International Institute for Land Reclamation and Improvement. <https://www.waterlog.info/>
- Osman, K. A., Mustafa, A. M., Elsheikh, Y. M. A., & Idris, A. E. (2015). Influence of different sowing dates on growth and yield of direct seeded rice (*Oryza sativa* L.) in semi-arid zone (Sudan) *International Journal of Agronomy and Agricultural Research (IJAAR)*. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research (IJAAR)*, 6(6), 38–48.  
<http://www.innspub.net>
- Paiva, C. M. (1996). *Determinação das datas inicial e final da estação chuvosa e da ocorrência de veranico na Bacia do Rio Doce* [Universidade Federal de Viçosa].  
[https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFV\\_12c4473ed69745d0009f9460c39ef2bc](https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFV_12c4473ed69745d0009f9460c39ef2bc)
- Patel, A. R., Patel, M. L., Patel, R. K., & Mote, B. M. (2019). Effect of different sowing date on phenology, growth and yield of rice– A review. *Plant Archives*, 19(1), 12–16.
- Pawlak, K., & Kołodziejczak, M. (2020). The role of agriculture in ensuring food security in developing countries: Considerations in the context of the problem of sustainable food production. *Sustainability (Switzerland)*, 12(13), 20.  
<https://doi.org/10.3390/su12135488>
- Penot, E. (1994). La riziculture de mangrove de la société balant dans la région de Tombali en Guinée-Bissau. *Cirad, January 1994*, 209–222.  
<https://doi.org/10.4000/books.irreditions.3903>
- Penot, E. (2013). *Riziculture de mangrove en Guinée Bissau Aménagement technique du milieu 1992 Document de travail Mission de Coopération Française*. (Issue September).  
[https://www.researchgate.net/publication/236023435\\_Riziculture\\_de\\_mangrove\\_en\\_Guinee\\_Bissau\\_Amenagement\\_technique\\_du\\_milieu\\_1992\\_Document\\_de\\_travail\\_Mission\\_de\\_Cooperation\\_Francaise](https://www.researchgate.net/publication/236023435_Riziculture_de_mangrove_en_Guinee_Bissau_Amenagement_technique_du_milieu_1992_Document_de_travail_Mission_de_Cooperation_Francaise)
- Pereira, L. M. P., Caramori, P. H., Ricce, W. S., Silva, D. A., & Caviglione, J. H. (2009). Determinação do início e término da estação chuvosa no Estado do Paraná. *Revista Geografar*, 3(2). <https://doi.org/10.5380/geografar.v3i2.13586>
- Petersen, E. L., Mortensen, N. G., Landberg, L., Højstrup, J., & Frank, H. P. (1998). Wind Power Meteorology. Risø National Laboratory
- Peyrusaubes, D. (2010). Le film du temps en Imerina (Madagascar) : dialogue entre lecture paysanne et lecture « scientifique ». *EchoGéo*, 11, 1–27.

<https://doi.org/10.4000/echogeo.11667>

- Pierre, O., Ousmane, L. M., Didier, T. A., Bakary, D., & Florence, D. L. (2017). *Numéro spécial Evolution récente des extrêmes pluviométriques au Niger (1950-2014) Recent trends in extreme rainfall events in Niger (1950-2014)*. 41(1), 375–384. <https://orbi.uliege.be/handle/2268/217462>
- Piticar, A., & Ristoiu, D. (2012). Analysis of air temperature evolution in northeastern romania and evidence of warming trend. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 7(4), 97–106.
- PNUD, & MDRA. (2000). *Estratégia e Plano de Acção Nacional para a Biodiversidade*. <https://www.cbd.int/doc/world/gw/gw-nbsap-01-pt.pdf>
- Portères, R. (1955). Historique sur les premiers échantillons d’*Oryza glaberrima* St. recueillis en Afrique. *Journal d’agriculture Tropicale et de Botanique Appliquée*, 2(10), 535–537. <https://doi.org/10.3406/jatba.1955.2257>
- Ragatoa, D. S., Amekudzi, L. K., Fink, A. H., Maranan, M., Klutse, N. A. B., Edjame, K. S., & Ogunjobi, K. O. (2024). Droughts and heatwaves in the West African monsoon system. *International Journal of Climatology*, June 2023, 3681–3705. <https://doi.org/10.1002/joc.8544>
- Rahman, M. A., Kang, S. C., Nagabhatla, N., & Macnee, R. (2017). Impacts of temperature and rainfall variation on rice productivity in major ecosystems of Bangladesh. *Agriculture and Food Security*, 6(1), 1–11. <https://doi.org/10.1186/s40066-017-0089-5>
- Rathnayaka, S. D., Wijesuriya, W., & Wijesuriya, N. (2021). Appropriate use of statistical methods in rainfall analysis : detecting monotonic and sequential trends in rainfall. *Bulletin of the Rubber Research Institute of Sri Lanka*, 55(December), 60–67. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.25772.80005>
- Rauch, M., Bliedernicht, J., Laux, P., Salack, S., Waongo, M., & Kunstmann, H. (2019). Seasonal forecasting of the onset of the rainy season in West Africa. *Atmosphere*, 10(9), 21. <https://doi.org/10.3390/atmos10090528>
- Raven, P. H. ., Evert, R. F. ., & Eichhorn, S. E. (1996). *Nomenclatura Botânica*.
- Ray, M. (2016). Influence of Different Weather Parameters on Rice Production-A Review. *Advances in Life Sciences*, 5(16), 5776–5782. <https://www.researchgate.net/publication/344494677>
- Reis, L. C. Dos, Silva, C. M. S. E., Bezerra, B. G., Mutti, P. R., Spyrides, M. H. C., & Silva, P. E. Da. (2020). Analysis of Climate Extreme Indices in the MATOPIBA Region , Brazil. *Pure Appl. Geophys*, 177, 4457–4478. <https://doi.org/10.1007/s00024-020-02474-4>

- Rezvi, H. U. A., Tahjib-Ul-Arif, M., Azim, M. A., Tumpa, T. A., Tipu, M. M. H., Najnine, F., Dawood, M. F. A., Skalicky, M., & Brestič, M. (2023). Rice and food security: Climate change implications and the future prospects for nutritional security. *Food and Energy Security*, 12(1), 1–17. <https://doi.org/10.1002/fes3.430>
- Roka, K. (2020). *Anthropocene and Climate Change*. 20–32. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-95885-9\\_26](https://doi.org/10.1007/978-3-319-95885-9_26)
- Rosenzweig, C., Antle, J. M., Ruane, A. C., Jones, J. W., Hatfield, J., Boote, K. J., Thorburn, P., Valdivia, R. O., Descheemaeker, K., Porter, C. H., Janssen, S., Bartels, W.-L., Sullivan, A., & Mutter, C. Z. (2016). Protocols for AgMIP regional integrated assessments version 7.0. *AgMIP*, 261. <https://agmip.org/wp-content/uploads/2018/08/AgMIP-Protocols-for-Regional-Integrated-Assessment-v7-0-20180218-1-ilovepdf-compressed.pdf>
- Roudier, P., Sultan, B., Quirion, P., & Berg, A. (2011). The impact of future climate change on West African crop yields: What does the recent literature say? *Global Environmental Change*, 21(3), 1073–1083. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.04.007>
- Sagna, B. (2020). Importance socio-economique, structure et dynamique des parcs agroforestiers a *Elaeis guineensis* jacq. dans la region de cacheu (Guinée Bissau) [UNIVERSITE ASSANE SECK DE ZIGUINCHOR]. In *Researchgate.Net* (Issue Query date: 2024-06-06 11:28:42). <https://rivieresdusud.uasz.sn/handle/123456789/108>
- Salack, S., Sarr, B., Sangare, S. K., Ly, M., Sanda, I. S., & Kunstmann, H. (2015). Crop-climate ensemble scenarios to improve risk assessment and resilience in the semi-arid regions of West Africa. *Climate Research*, 65, 107–121. <https://doi.org/10.3354/cr01282>
- Salmi, T., Maatta, A., Anttila, P., Ruoho-Airola, T., & Amnell, T. (2002). Detecting Trends of Annual Values of Atmospheric Pollutants by the Mann-Kendall Test and Sen's Solpe Estimates the Excel Template Application MAKESENS. In *Finnish Meteorological Institute, Air Quality Research* (Issue December).
- Sambú, F. B. (2003). *Variabilidade Climática da Precipitação na Região da Guiné-Bissau – Situação Sinóptica e a Influencia dos Sistemas Convectivos* [Universidade de Évora]. <https://dspace.uevora.pt/rdpc/handle/10174/14620>
- Samuel, N., Mendes, O., & Mendes, C. (2019). A comparative investigation of evapotranspiration (ET) obtained from two methods and determining a best cultivation period. case of Bafata - Guinea Bissau. *International Journal of Current Research*, 11(02), 1468–1470. <https://www.journalcra.com/sites/default/files/issue->

pdf/34115.pdf

- Santos, M., Fonseca, A., Fragoso, M., & Santos, J. A. (2019). Recent and future changes of precipitation extremes in mainland Portugal. *Theoretical and Applied Climatology*, 137(1–2), 1305–1319. <https://doi.org/10.1007/s00704-018-2667-2>
- Satake, T., & Yoshida, S. (1978). High Temperature-Induced Sterility in Indica Rices at Flowering. *Japanese Journal of Crop Science*, 47(1), 6–17. [https://www.jstage.jst.go.jp/article/jcs1927/47/1/47\\_1\\_6/\\_pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jcs1927/47/1/47_1_6/_pdf)
- Sen, P. K. (1968). Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *Journal of the American Statistical Association*, 63, 11379–11389. <https://doi.org/10.2307/2285891>
- Shen, X., Liu, B., & Lu, X. (2018). Weak Cooling of Cold Extremes Versus Continued Warming of Hot Extremes in China During the Recent Global Surface Warming Hiatus. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 123(8), 4073–4087. <https://doi.org/10.1002/2017JD027819>
- Shukla, P. R., Skea, J., Slade, R., Diemen, R. van, Haughey, E., Malley, J., Pathak, M., Pereira, J. P., & (eds.). (2019). *Technical Summary, 2019. In: Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems . In press.*
- Sillmann, J., Kharin, V. V., Zwiers, F. W., Zhang, X., & Bronaugh, D. (2013). Climate extremes indices in the CMIP5 multimodel ensemble: Part 2. Future climate projections. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 118(6), 2473–2493. <https://doi.org/10.1002/jgrd.50188>
- Silva, A. A. (2012). Reflexões sobre o conceito de clima e alterações climáticas : uma relação de equívoco? *Revista Geonorte, September*, 1048–1061.
- Silva, R. W. da C., & Paula, B. L. de. (2015). Causa do aquecimento global: antropogênica versus natural. *Terrae Didatica*, 5(1), 42–49. <https://doi.org/10.20396/td.v5i1.8637501>
- Simard, M., Fatoyinbo, L., Smetanka, C., Rivera-Monroy, V. H., Castañeda-Moya, E., Thomas, N., & Van der Stocken, T. (2019). Mangrove canopy height globally related to precipitation, temperature and cyclone frequency. *Nature Geoscience*, 12(1). <https://doi.org/10.1038/s41561-018-0279-1>
- Sivakumar, M. V. K. (1988). Predicting rainy season potential from the onset of rains in southern Sahelian and Sudanian climatic zones of West Africa. *Agricultural and Forest Meteorology*, 42, 295–305.
- SNPC. (2020). *Resumo de diferentes acontecimentos em diferentes regiões.*

- Sousa, J., & Luz, A. L. (2018). 'The Tides Rhyme with the Moon': The Impacts of Knowledge Transmission and Strong Spring Tides on Rice Farming in Guinea-Bissau. *Human Ecology*, 46(2). <https://doi.org/10.1007/s10745-018-9980-3>
- Sparks, A. (2018). nasapower: A NASA POWER Global Meteorology, Surface Solar Energy and Climatology Data Client for R. *Journal of Open Source Software*, 3(30), 3. <https://doi.org/10.21105/joss.01035>
- Stern, R. D. (1981). THE START OF THE RAINS IN WEST AFRICA. *Journal of Climatology*, 1, 59–68.
- Stern, R., Rijks, D., Dale, I., & Knock, J. (2006). INSTAT climatic guide. *Statistical Service Centre, University of Reading, UK, January*, 247–281. [http://www.reading.ac.uk/SSC/media/ICRAF\\_2007-11-15/InStat/docs/climatic.pdf](http://www.reading.ac.uk/SSC/media/ICRAF_2007-11-15/InStat/docs/climatic.pdf)
- Streck, N. A., Bosco, L. C., Michelon, S., Rosa, H. T., Walter, L. C., Paula, G. M. de, Camera, C., Lago, I., & Marcolin, E. (2006). Avaliação da resposta ao fotoperíodo em genótipos de arroz irrigado. *Bragantia*, 65(4), 533–541. <https://doi.org/10.1590/s0006-87052006000400001>
- Stuerz, S., Shrestha, S. P., Schmierer, M., Vu, D. H., Hartmann, J., Sow, A., Razafindrazaka, A., Abera, B. B., Chuma, B. A., & Asch, F. (2020). Climatic determinants of lowland rice development. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 206(4), 466–477. <https://doi.org/10.1111/jac.12419>
- Sultan, B., Defrance, D., & Iizumi, T. (2019). Evidence of crop production losses in West Africa due to historical global warming in two crop models. *Scientific Reports*, 9(1), 1–15. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-49167-0>
- Sultan, B., & Janicot, S. (2003). The West African monsoon dynamics. Part II: The “preonset” and “onset” of the summer monsoon. *Journal of Climate*, 16(21), 3407–3427. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2003\)016<3407:TWAMDP>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2003)016<3407:TWAMDP>2.0.CO;2)
- Sultan, B., Soumaré, M. A., & Lalou, R. (2015). Les sociétés rurales face aux changements climatiques et environnementaux en Afrique de l'Ouest. In *Les sociétés rurales face aux changements climatiques et environnementaux en Afrique de l'Ouest* (Issue February 2019). <https://doi.org/10.4000/books.irdeditions.8914>
- Sun, Q., Zhao, Y., Zhang, Y., Che, X., Yang, Z., Song, Y., & Zheng, X. (2020). Improvement of the CERES-Rice model using controlled experiments and a Meta-analysis. *Theoretical and Applied Climatology*, 141(3–4). <https://doi.org/10.1007/s00704-020-03256-7>
- Sweeney, M., & McCouch, S. (2007). The complex history of the domestication of rice. *Annals of Botany*, 100(5), 951–957. <https://doi.org/10.1093/aob/mcm128>
- Sylla, M. (1994). Soil salinity and acidity: spatial variability and effects on rice production in

- West Africa's mangrove zone [Wageningen University and Research: Wageningen, The Netherlands]. <https://edepot.wur.nl/202352>
- Sylla, M., Stein, A., van Breemen, N., & Fresco, L. O. (1995). Spatial variability of soil salinity at different scales in the mangrove rice agro-ecosystem in West Africa. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 54(1–2), 1–15. [https://doi.org/10.1016/0167-8809\(95\)00594-1](https://doi.org/10.1016/0167-8809(95)00594-1)
- Sylla, M. B., Pal, J. S., Faye, A., Dimobe, K., & Kunstmann, H. (2018). Climate change to severely impact West African basin scale irrigation in 2 °C and 1.5 °C global warming scenarios. *Scientific Reports*, 8(1), 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-32736-0>
- Ta, S., Kouadio, K. Y., Ali, K. E., Toualy, E., Aman, A., & Yoroba, F. (2016). West Africa Extreme Rainfall Events and Large-Scale Ocean Surface and Atmospheric Conditions in the Tropical Atlantic. *Advances in Meteorology*, 2016, 14. <https://doi.org/10.1155/2016/1940456>
- Tao, F., Hayashi, Y., Zhang, Z., Sakamoto, T., & Yokozawa, M. (2008). Global warming, rice production, and water use in China: Developing a probabilistic assessment. *Agricultural and Forest Meteorology*, 148(1), 94–110. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2007.09.012>
- Taylor, K. E., Stouffer, R. J., & Meehl, G. A. (2012). An overview of CMIP5 and the experiment design. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93(4), 485–498. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00094.1>
- Teixeira, A. (1962). *Os solos da Guine Portuguesa. Estudos, Ensaios e Documentos*, 100. JIU.
- Temudo, M. P. (2011). Planting Knowledge, Harvesting Agro-Biodiversity: A Case Study of Southern Guinea-Bissau Rice Farming. *Human Ecology*, 39(3), 309–321. <https://doi.org/10.1007/s10745-011-9404-0>
- Temudo, M. P., & Cabral, A. I. (2017). The Social Dynamics of Mangrove Forests in Guinea-Bissau, West Africa. *Human Ecology*, 45(3), 307–320. <https://doi.org/10.1007/s10745-017-9907-4>
- Tesio, F., Camerini, F., Maucieri, G., Bertini, C., & Cerise, S. (2021). Mangrove rice biodiversity valorization in Guinea Bissau. A bottom-up approach. *Experimental Agriculture*, 57(4), 244–254. <https://doi.org/10.1017/S001447972100017X>
- Tomé, M. C. F. (2021). *Análise da viabilidade e da competitividade da cultura do arroz no âmbito da PAC pós 2020-um caso de estudo*. Universidade de Lisboa.
- USAID. (2018). *Climate Risk Profile: West Africa* (Issue December). [https://www.climatelinks.org/sites/default/files/asset/document/West\\_Africa\\_CRP\\_](https://www.climatelinks.org/sites/default/files/asset/document/West_Africa_CRP_)

Final.pdf

- Uzoma, E. K., Adeniyi, M. O., Keller, D. P., Séférian, R., & Oladiran, E. O. (2023). The impact of carbon dioxide removal on temperature parameters over West Africa. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 17. <https://doi.org/10.1007/s00703-023-00992-z>
- Van Andel, T. (2010). African rice (*Oryza glaberrima* Steud.): Lost crop of the enslaved Africans discovered in suriname1. *Economic Botany*, 64(1), 1–10. <https://doi.org/10.1007/s12231-010-9111-6>
- Van Ghent, P. A. M., & Ukkerman, R. (1993). *The Balanta rice farming system in Guinea Bissau*. <http://content.alterra.wur.nl/Internet/webdocs/ilri-publicaties/publicaties/Pub53/pub53-h6.pdf>
- van Oort, P. A. J., & Zwart, S. J. (2018). Impacts of climate change on rice production in Africa and causes of simulated yield changes. *Global Change Biology*, 24(3). <https://doi.org/10.1111/gcb.13967>
- Vellinga, M., Arribas, A., & Graham, R. (2013). Seasonal forecasts for regional onset of the West African monsoon. *Climate Dynamics*, 40(11–12), 3047–3070. <https://doi.org/10.1007/s00382-012-1520-z>
- Vergara, B. S. (1984). *MANUEL PRATIQUE DE RIZICULTURE*.
- Vido, A. A. (2011). *Le riz africain (Oryza glaberrima Steudel), un aspect de l'histoire rurale de la Côte de l'Or ou l'extension de la zone de « civilisation du riz » (XVIIème - XVIIIème Siècle)*. 51, 41–60.
- Vinuto, J. (2014). A amostragem em bola de neve na pesquisa qualitativa. *Tematicas*, 22(44). <https://doi.org/10.20396/tematicas.v22i44.10977>
- Vries, M. E. De, Sow, A., Bado, V. B., & Sakane, N. (2012). Improving Soil Fertility Recommendations in Africa using the Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT). In *Improving Soil Fertility Recommendations in Africa using the Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT)* (Springer S, Issue December 2015). <https://doi.org/10.1007/978-94-007-2960-5>
- Vysakh, A., Ajithkumar, B., & Subba Rao, A. V. M. (2016). Evaluation of CERES-Rice model for the selected rice varieties of Kerala. *Journal of Agrometeorology*, 18(1).
- Waha, K., Müller, C., Bondeau, A., Dietrich, J. P., Kurukulasuriya, P., Heinke, J., & Lotze-Campen, H. (2013). Adaptation to climate change through the choice of cropping system and sowing date in sub-Saharan Africa. *Global Environmental Change*, 23(1), 130–143. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.11.001>
- Wang, M., Yu, Y., Haberer, G., Reddy Marri, P., Fan, C., Luis Goicoechea, J., Zuccolo, A., Song, X., Kudrna, D., S Ammiraju, J. S., Maria Cossu, R., Maldonado, C., Chen, J., Lee,

- S., Sisneros, N., de Baynast, K., Golser, W., Wissotski, M., Kim, W., ... Wing, R. A. (2014). The genome sequence of African rice (*Oryza glaberrima*) and evidence for independent domestication. *Nature Publishing Group*. <https://doi.org/10.1038/ng.3044>
- WFP. (2020). *Suivi saisonnier en Afrique de l' Ouest*. 1–15.
- WFP. (2022). *Annual Country Report 2021*. <https://www.wfp.org/annual-country-reports-2021>
- Wijngaard, J. B., Klein Tank, A. M. G., & Können, G. P. (2003). Homogeneity of 20th century European daily temperature and precipitation series. *International Journal of Climatology*, 23(6), 679–692. <https://doi.org/10.1002/joc.906>
- Wilks, D. S. (1995). Statistical methods in the atmospheric sciences, second edition. In *Meteorological Applications* (Vol. 59, Issue 2). [www.interscience.wiley.com](http://www.interscience.wiley.com)
- Wopereis, M. C. S., Defoer, T., & Idinoba, P. (2008). Curriculum d'apprentissage participatif et recherche action (APRA) pour la gestion intégrée de la culture de riz de bas-fonds (GIR) en Afrique subsaharienne. *Le Centre Du Riz Pour l'Afrique (ADRAO)*, 139.
- Xu, Y., Knudby, A., Ho, H. C., Shen, Y., & Liu, Y. (2017). *Warming over the Tibetan Plateau in the last 55 years based on area-weighted average temperature*. 2339–2347. <https://doi.org/10.1007/s10113-017-1163-z>
- Yao, A. B., Anoh, K. A., Kouadio, Z. A., Kouassi, K. L., Dje, K. B., & Yao, K. E. (2020). Impact de la variation des paramètres climatiques sur la production du riz pluvial dans la région du Haut-Sassandra (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire). *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 31(3), 529–541.
- Yetik, A. K., Arslan, B., & Şen, B. (2024). Trends and variability in precipitation across Turkey: a multimethod statistical analysis. *Theoretical and Applied Climatology*, 155(1), 473–488. <https://doi.org/10.1007/s00704-023-04645-4>
- Yin, H., & Sun, Y. (2018). Characteristics of extreme temperature and precipitation in China in 2017 based on ETCCDI indices. *Advances in Climate Change Research*, 9(4), 218–226. <https://doi.org/10.1016/j.accre.2019.01.001>
- Yoshida, S. (1973). Effects of temperature on growth of the rice plant (*Oryza sativa* L.) in a controlled environment. *Soil Science and Plant Nutrition*, 19(4), 299–310. <https://doi.org/10.1080/00380768.1973.10432599>
- Yoshida, S. (1978). Tropical climate and its influence on rice. *IRRI Research Paper Serie*, 20, 26. <http://eprints.icrisat.ac.in/id/eprint/8613>
- Yoshida, S. (1981). Fundamentals of Rice Crop Science. In *Fundamentals of rice crop science* (The Inster).

[https://www.google.pt/books/edition/Fundamentals\\_of\\_Rice\\_Crop\\_Science/wS-teh0I5d0C?hl=fr&gbpv=1&dq=inauthor:%22Shouichi+Yoshida%22&printsec=frontcover](https://www.google.pt/books/edition/Fundamentals_of_Rice_Crop_Science/wS-teh0I5d0C?hl=fr&gbpv=1&dq=inauthor:%22Shouichi+Yoshida%22&printsec=frontcover)

- Yoshida, S., & Hasegawa, S. (1982). *The rice root system: its development and function*. In: *IRRI. Drought resistance in crops with emphasis on rice*. 97–114.
- Yuliawan, T., & Handoko, I. (2016). The Effect of Temperature Rise to Rice Crop Yield in Indonesia uses Shierary Rice Model with Geographical Information System (GIS) Feature. *Procedia Environmental Sciences*, 33, 214–220. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.03.072>
- Zhou, D., Sun, S., Li, Y., Zhang, L., & Huang, L. (2023). A multi-perspective study of atmospheric urban heat island effect in China based on national meteorological observations: Facts and uncertainties. *Science of the Total Environment*, 854(July 2022). <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158638>
- Ziegler, K., Abel, D., König, L., Weber, T., Otte, I., Teucher, M., Conrad, C., Thiel, M., Gbode, I. E., Ajayi, V. O., Coulibaly, A., Traoré, S. B., Zoungrana, B. J. B., & Paeth, H. (2025). A Spatial Decision Support System for climate-adapted agriculture designed with and for stakeholders in West Africa. *Climate Services*, 39(December 2024). <https://doi.org/10.1016/j.cliser.2025.100585>
- Zingore, S., Wairegi, L., & Ndiaye, K. (2014). *Guide pour la gestion des systèmes de culture de riz*. *Africa soil health consortium*. <https://africasoilhealth.cabi.org/wpcms/wp-content/uploads/2016/06/French-Rice-Guide-A5-colour-lowres.pdf>

## ANEXOS

## ANEXO -I. QUESTIONÁRIO DA PESQUISA

## QUESTIONÁRIO DA PESQUISA

Prezado Sr. (a), esta pesquisa enquadra-se nas atividades do projeto do Doutorado sob tema “Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau e sua influência na produção do arroz de mangal” através do Projeto Malmon-DeSIRA.

Ele tem como finalidade, saber junto dos agricultores do sistema de *bolanha* salgada quais as suas percepções sobre a variabilidade climática, os seus impactos na produção agrícola e nas outras atividades conexas, bem como quais as medidas aplicadas para se adaptar às novas realidades a fim de manter o nível da produção necessário à autossuficiência alimentar.

Ficha Nº \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/202\_\_

Região: \_\_\_\_\_; Sector \_\_\_\_\_ Local de Inquérito/Tabanca: \_\_\_\_\_

## I. Informações gerais sobre o entrevistado

1. Nome completo:		2. Anos de idade:	
3. Sexo: _____ (-1M/2-F)	4. Nº de pessoas que trabalha na Bolanha _____	5. Nº pessoas que não trabalha na Bolanha: _____	
6. Nº de parcelas ( <i>priquis</i> ): Antigamente _____; Agora _____		7. Nº de parcelas ( <i>priquis</i> ) de bolanha Salgada _____; Nº de parcelas ( <i>priquis</i> ) de bolanha médio _____; Nº de parcelas ( <i>priquis</i> ) de bolanha doce _____	

## II. Percepção do camponês sobre a variabilidade climática

8. As estações das chuvas são cada vez mais: a) Chuvosas _____; b) Secas _____ c) inalteradas _____	9. As chuvas são cada vez mais variáveis? 1-Sim _____ / 2-Não _____
10. Qual é o período/mês de início da estação chuvosa? Antigamente _____; Agora _____	11. Quando é o período de fim da estação chuvosa? Antigamente _____; Agora _____
12. Havia no passado indicadores da chegada da chuva? 1-Sim _____; 2-Não _____;	13. Se sim, quais são? _____
14. Havia no passado indicadores de fim da chuva? 1-Sim _____; 2-Não _____;	15. Se sim, quais são? _____
16. Conhece algum indicador de uma boa estação chuvosa? 1-Sim /.../ / 2-Não /.../	17. Se sim, quais são estes indicadores?
18. Estes indicadores são viáveis agora? 1-Sim __/ 2-Não _____	19. Os dias estão cada vez: 1- Mais quentes _____; 2-menos quentes _____; 3-igual _____
20. As noites estão cada vez: 1- mais quentes _____; 2-menos quentes _____; 3-igual _____	

## III. Impactos das mudanças climáticas na cultura do arroz de mangal

21. Qual é o grau de influência dos riscos climáticas nas atividades agrícolas do arroz de mangal?

Riscos	Muito fraco	Fraco	Neutro	Forte	Muito forte
Inundações nas bolanhas					
Falta de água nas bolanhas					
Chegada tardia da chuva					
Encurtamento da estação da chuva					
Diminuição de cumulo pluviométrico					
Secas nas bolanhas nos períodos críticos de planta					
Altas temperaturas nos períodos críticos					
Ventos fortes durante a floração					
Outros (Especificar)					

## IV. Impactos de outros fatores na cultura do arroz de mangal

22. Qual é o grau de influência de outros fatores nas atividades agrícolas do arroz de mangal?

Riscos	Muito fraco	Fraco	Neutro	Forte	Muito forte
Degradação de diques					
Entrada da água salgada nas bolanhas					
Falta de manutenção de diques					
Falta de mão de obra na atividade de lavoura					
Outro (especificar)					

## Caracterização agroclimática das regiões costeiras da Guiné-Bissau

### V. Impactos sobre os elementos do sistema de cultivo

23. Que tipo de variedades de arroz você mais cultiva agora? Ciclo curto __ Médio __ longo __ e Antigamente?
24. Mencione em ordem da importância as variedades mais cultivadas atualmente. 1 _____ 2: _____; 3: _____; 4: _____
25. Deixou de cultivar variedades de ciclo longo? 1 -Sim /...../ 2-Não / ..... /
26. O seu período de sementeira de viveiros ou de transplante mudou em relação ao passado? 1 -Sim / __ / 2-Não/ __ Se sim, indique: períodos anteriores: _____ atuais: _____
27. Qual é a duração em dias ou semanas entre semeio de viveiros e transplante do arroz?
28. Como você acha que tem sido o nível da produção nos 15 últimos anos? Aumentou _____; Baixou _____; Irregular _____; nada mudou _____.
29. Você aumentou as áreas cultivadas (número de parcelas/priquis)? 1 -Sim /...../ 2-Não / ..... /
30. Em caso afirmativo, indique número de parcelas/priquis anterior: _____ número de parcelas/priquis atual: _____

### VI. Impactos Socioeconômicos

31. Durante quantos meses consegue comer a sua produção de arroz de mangal? _____
32. Quais são as outras atividades geradoras de rendimento? _____
33. Qual foi o método de aquisição de terra para a cultura do arroz de mangal? 1-Herança /...../ 2-Doação / ..... / 3- Compra /...../ 4-Aluguel / ...../ 5- Empréstimo / ..... / 6- outro (especificar).....

### VII. Estratégias e práticas de adaptação

34. Em caso de paragem ou falta da chuva (seca) no momento de lavoura, que medidas de adaptação você aplica? _____ _____
35. Que medidas de adaptação você toma em caso de inundação nas bolanhas no momento de lavoura? _____ _____
36. Que medida são aplicadas quando a água salgada penetra as bolanhas? _____
37. Que tipo de técnica usa para enriquecer seu solo e aumentar a produção? _____

### VIII. Projeções

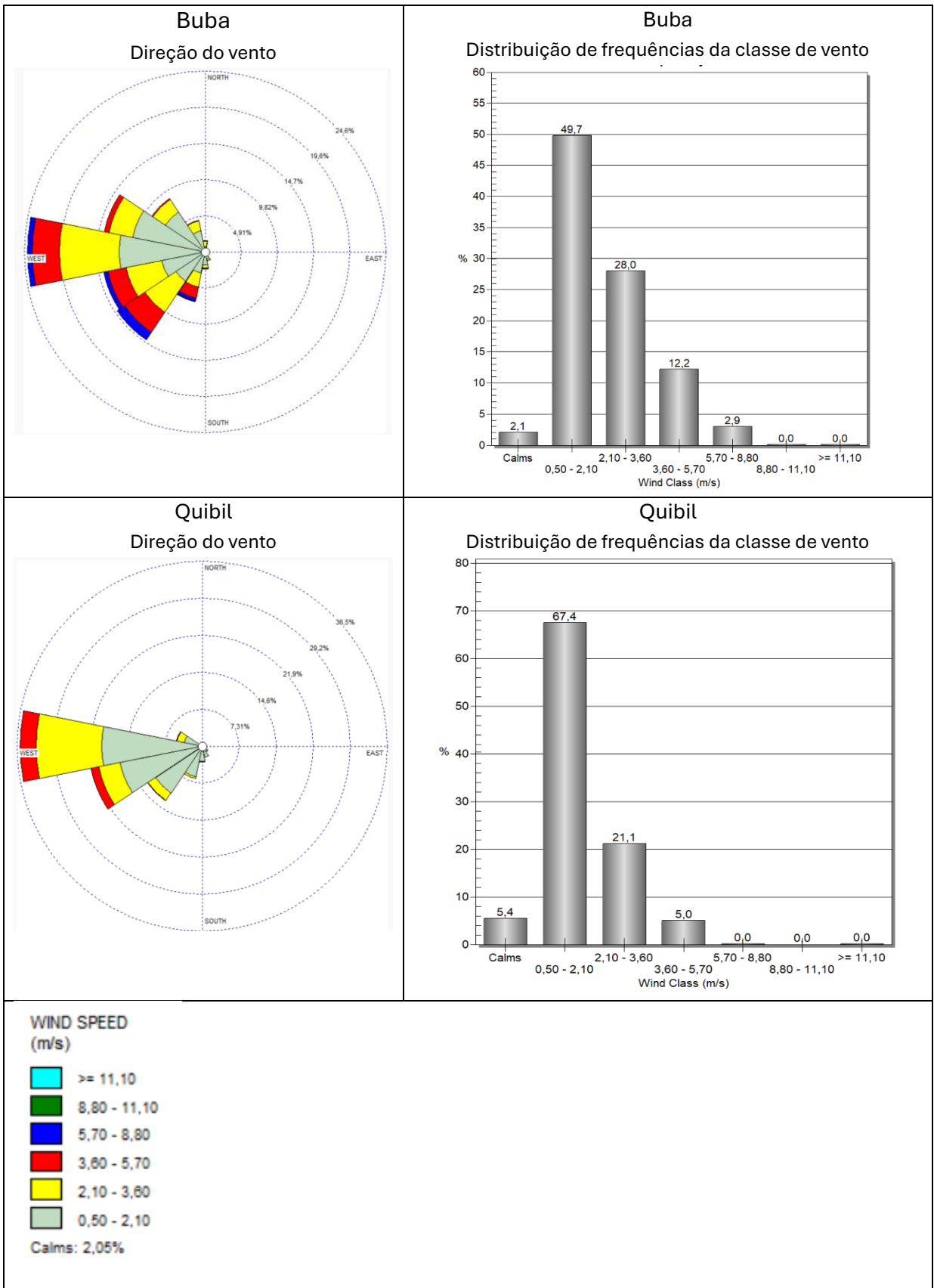
38. Sendo agricultor, o que você faria se a precipitação continuar a diminuir? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
39. Sendo agricultor o que você faria se a temperatura continuar a aumentar? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## ANEXO II. Diferentes modelos climáticas selecionadas, suas origens e características

Abreviaturas de modelos climáticos	Nome completo do modelo	Origem	Características
HADGEM2-ES	Hadley Centre Global Environmental Model version 2 - Earth System	Reino Unido (Met Office Hadley Centre)	Inclui ciclos de carbono, aerossóis e interações terra-atmosfera
GISS-E2-R	Goddard Institute for Space Studies Model E2-R	EUA (NASA GISS)	Inclui um modelo oceânico com resolução reduzida
MRI-CGCM3	Meteorological Research Institute Coupled Global Climate Model version 3	Japão (MRI)	Alta resolução atmosférica, foco na simulação do ciclo hidrológico
MPI-ESM-MR	Max Planck Institute Earth System Model - Medium Resolution	Alemanha (MPI-M)	Inclui componentes atmosféricos, oceânicos e de vegetação dinâmica
CCSM4	Community Climate System Model version 4	EUA (NCAR)	Modelo acoplado atmosfera-oceano, com simulação de gelo e ciclo do carbono
BCC-CSM1-1	Beijing Climate Center Climate System Model version 1.1	China (BCC)	Inclui componentes atmosféricos e oceânicos, com foco em clima monçônico
INMCM4	Institute of Numerical Mathematics Coupled Model version 4	Rússia (INM)	Modelo acoplado com foco na simulação de processos oceânicos
FGOALS-g2	Flexible Global Ocean-Atmosphere-Land System Model Grid-point version 2	China (LASG - IAP/CAS)	Inclui modelo climático com foco em variabilidade de longo prazo
CMCC-CM	Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici Climate Model	Itália (CMCC)	Modelo climático com foco na região euro-mediterrânica
IPSL-CM5A-MR	Institut Pierre-Simon Laplace Climate Model version 5A - Medium Resolution	França (IPSL)	Inclui atmosfera, oceanos, aerossóis e química atmosférica
CESM1-BGC	Community Earth System Model version 1 - Biogeochemistry	EUA (NCAR)	Inclui processos biogeoquímicos detalhados
GFDL-ESM2G	Geophysical Fluid Dynamics Laboratory Earth System Model 2G	EUA (NOAA GFDL)	Inclui ciclo do carbono e componente oceânico com grade tripolar

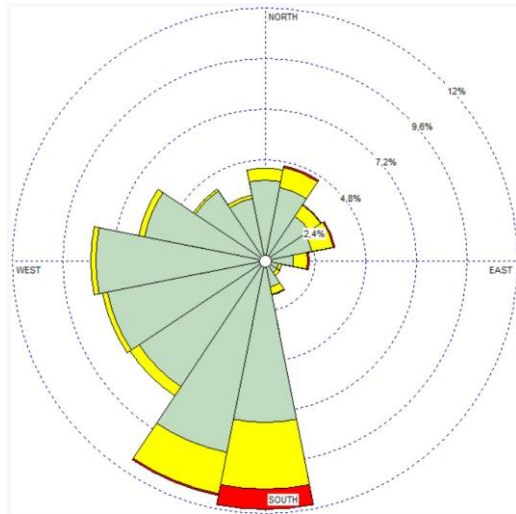
**Fonte:** (Jones et al., 2011; Schmidt et al., 2014)

ANEXO -III. Direção do vento e distribuição da sua frequência, por diferentes classes de velocidade



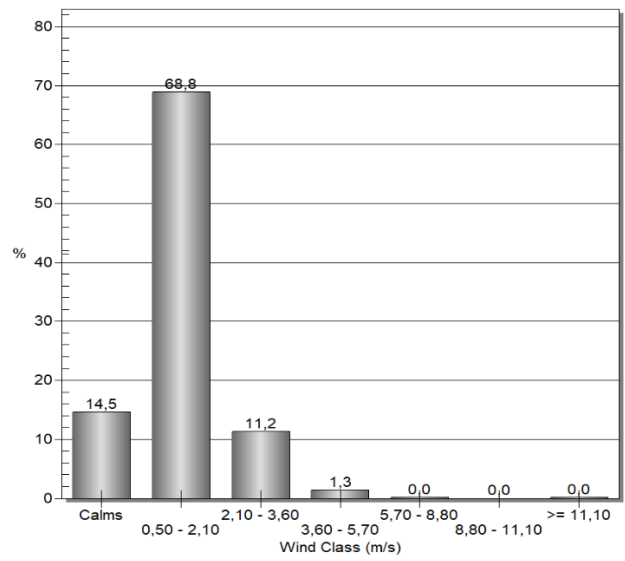
### N'tchugal

Direção do vento



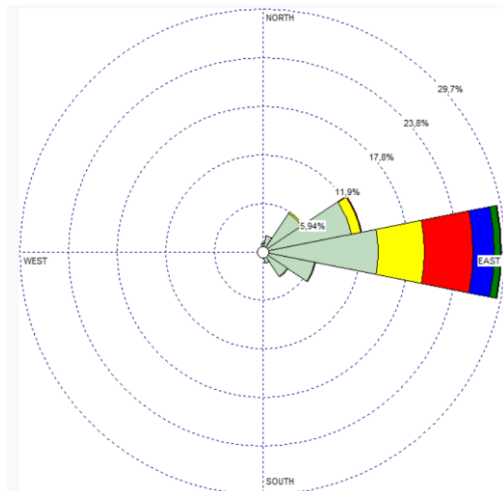
### N'tchugal

Distribuição de frequências da classe de vento



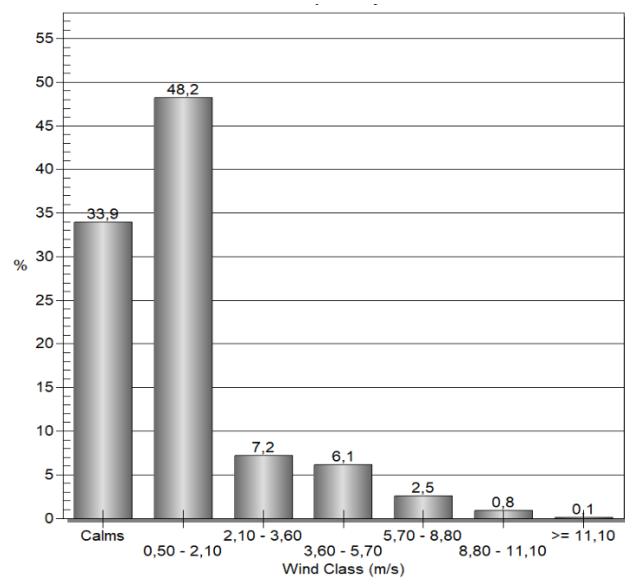
### Bissorã

Direção do vento



### Bissorã

Distribuição de frequências da classe de vento



**WIND SPEED (m/s)**

- >= 11,10
- 8,80 - 11,10
- 5,70 - 8,80
- 3,60 - 5,70
- 2,10 - 3,60
- 0,50 - 2,10
- Calms: 9,38%

