

Universidade de Lisboa  
Instituto de Geografia e Ordenamento do Território



**Condicionantes bioclimáticas para a realização de atividades agrícolas na  
Guiné-Bissau.**

**Beatriz Isabel Cardoso Torres**

Dissertação orientada pelo  
Professor Doutor Marcelo Fragoso

Mestrado em Geografia Física e Ordenamento do Território

2024

Universidade de Lisboa  
Instituto de Geografia e Ordenamento do Território



**Condicionantes bioclimáticas para a realização de atividades agrícolas na  
Guiné-Bissau.**

**Beatriz Isabel Cardoso Torres**

Dissertação orientada pelo  
Professor Doutor Marcelo Fragoso

Júri:

Presidente: Professor Doutor António Manuel Saraiva Lopes do Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa

Vogais:

- Professora Doutora Sílvia Catarina Peixeira Carvalho do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa
- Professor Doutor João Viljoen de Vasconcelos da Escola Superior de Turismo e Tecnologia do Mar do Instituto Politécnico de Leiria

2024



## Declaração de autoria

Eu Beatriz Isabel Cardoso Torres, declaro que a presente dissertação de mestrado intitulada 'Condicionantes bioclimáticas para a realização de atividades agrícolas na Guiné-Bissau', 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

A informação bioclimática é essencial, não só para que o ordenamento do território seja efetuado de forma eficaz, mas também para a mitigação dos efeitos das condições ambientais adversas para a saúde.

O presente trabalho tem em vista a análise de índices de stress térmico como o UTCI, o HI e o WBGT para determinar a severidade do desconforto em ambiente exterior e para identificar o período em que as condições de stress térmico são mais desfavoráveis aos agricultores na Guiné-Bissau. Para tal, foram utilizados dados da rede meteorológica do projeto DeSIRA Malmon, para três estações em diferentes zonas do país: Cacheu, a norte, Bissorã, no centro, e em Cafine, no litoral sul.

Concluiu-se que é evidente a influência de fatores geográficos na variação espacial do desconforto térmico, uma vez que a estação localizada mais a sul, Cafine, apresenta valores médios de UTCI mais elevados, seguindo-se a estação que representa o interior (Bissorã) e Cacheu a norte, com temperaturas menos elevadas.

Os camponeses executam tarefas que requerem grande esforço físico, em terrenos alagados e tendo de suportar calor intenso, com a forte humidade do ar a limitar a evaporação da transpiração, obrigando o organismo a um grande esforço termorregulatório. Os períodos mais críticos para a realização do trabalho agrícola em termos de conforto térmico são os períodos entre abril e outubro, no intervalo entre as 9 horas e as 20 horas, devido aos elevados valores de UTCI que variam entre 25 °C e 40 °C, correspondendo às classes de desconforto 'stress térmico moderado', 'stress térmico forte' e 'stress térmico muito forte'. Este período coincide com as atividades físicas mais intensas exigidas pelas tarefas agrícolas no calendário de cultivo do arroz.

Palavras-chave: Alterações climáticas - Camponeses - Guiné-Bissau - Conforto térmico



## **Abstract**

Bioclimatic information is essential, not only for spatial planning to be carried out effectively, but also for mitigating the effects of adverse environmental conditions on health.

The present work aims to analyze thermal stress indices such as UTCI, HI and WBGT to determine the severity of discomfort in an outdoor environment and to identify the period in which thermal stress conditions are most unfavorable for farmers in Guinea-Bissau. For this purpose, data from the meteorological network of the DeSIRA Malmon project was used for three stations in different areas of the country: Cacheu, in the north, Bissorã, in the center, and in Cafine, on the south coast.

It was concluded that the influence of geographic factors on the spatial variation of thermal discomfort is evident, since the station located further south, Cafine, presents higher average UTCI values, followed by the station that represents the interior (Bissorã) and Cacheu to the north, with lower temperatures.

Farmers perform tasks that require great physical effort on flooded land and having to endure intense heat, with the high humidity in the air limiting the evaporation of perspiration, forcing the body to make a great thermoregulatory effort. The most critical periods for carrying out agricultural work in terms of thermal comfort are the periods between April and October, between 9 am and 8 pm, due to the high UTCI values that vary between 25 °C and 40 °C, corresponding to the discomfort classes 'moderate thermal stress', 'strong thermal stress' and 'very strong thermal stress'. This period coincides with the most intense physical activities required by agricultural tasks in the rice cultivation calendar.

**Keywords:** Climate change - Farmers- Guinea-Bissau - Thermal comfort



# Índice

<b>Resumo</b>	<b>3</b>
<b>Abstract</b>	<b>5</b>
<b>Índice de figuras</b>	<b>9</b>
<b>1. Introdução</b>	<b>13</b>
1.1. Relevância do tema	13
1.2. Objetivos e questões de partida	15
1.3. Estrutura da dissertação	16
<b>2. Revisão da Literatura</b>	<b>17</b>
2.1. As Alterações climáticas	17
2.2. A Guiné-Bissau	20
2.3. A produção de arroz	21
2.4. Balanço energético do corpo humano e avaliação do desconforto térmico	23
2.5. Índices	25
2.5.1. Heat index	25
2.5.2. Wet Bulb Globe Temperature	28
2.5.3. Universal Thermal Climate Index	30
<b>3. Caracterização da área de estudo: Guiné-Bissau</b>	<b>33</b>
3.1. Enquadramento geográfico	33
3.2. Enquadramento climático	35
<b>4. Dados e metodologia</b>	<b>43</b>
4.1. Dados	43
4.1.1. ERA5-HEAT (Di Napoli et al., 2021)	44
4.1.2. Dados da rede DeSIRA Malmon	45
4.2. Metodologia	47
<b>5. Análise de Resultados</b>	<b>49</b>
5.1. Caracterização bioclimática regional entre 2011 e 2020: Utilização do dataset ERA5-HEAT	49
5.2. Avaliação das condicionantes bioclimáticas para as atividades dos orizicultores nas três regiões em estudo, para o ano de 2022	63
5.2.1. Condições bioclimáticas médias ao longo do ano	63
5.2.2. Condições bioclimáticas médias ao longo do dia, em 3 momentos do ano	66
5.2.3. Frequência horária das classes de conforto	71
5.3. Comparação entre os índices bioclimáticos utilizados	79
<b>6. Discussão</b>	<b>83</b>
<b>7. Conclusões</b>	<b>87</b>
<b>8. Bibliografia</b>	<b>89</b>
<b>9. Webgrafia</b>	<b>95</b>



## Índice de figuras

- Figura 1: Bolanhas em Cafine, região de Tombali.
- Figura 2: Classificação climática de Köppen para a África Ocidental e para a Guiné-Bissau.
- Figura 3: Cálculo do UTCI.
- Figura 4: Limites administrativos da Guiné-Bissau.
- Figura 5: Relevo da Guiné-Bissau.
- Figura 6: Média da precipitação mensal em Bissau, Bolama e Bafatá (1981-2020).
- Figura 7: Média mensal da temperatura máxima, média e mínima em Bissau, Bolama e Bafatá (1981-2020).
- Figura 8: Temperatura média (°C) 2007-2021- Bissau.
- Figura 9: Precipitação (mm) 2007-2021- Bissau.
- Figura 10: Humidade Relativa (%) 2007-2021- Bissau.
- Figura 11: Temperatura média 2007-2021 (°C)- Bafatá.
- Figura 12: Precipitação (mm) 2007-2021- Bafatá.
- Figura 13: Humidade Relativa (%) 2007-2021- Bafatá.
- Figura 14: Temperatura média (°C) 2007-2021- Bolama.
- Figura 15: Precipitação (mm) 2007-2021- Bolama.
- Figura 16: Humidade Relativa (%) 2007-2021- Bolama.
- Figura 17: Estação meteorológica e respetiva montagem em Bissorã. Fonte: Rede DeSIRA Malmon.
- Figura 18: Estações em estudo.
- Figura 19: Esquema metodológico.
- Figura 20: Médias dos valores do UTCI para as 6h entre 2011 e 2020 em a) janeiro e b) fevereiro.
- Figura 21: Médias dos valores do UTCI para as 6h entre 2011 e 2020 em c) março e d) abril.
- Figura 22: Médias dos valores do UTCI para as 6h entre 2011 e 2020 em e) maio e f) junho.
- Figura 23: Médias dos valores do UTCI para as 6h entre 2011 e 2020 em g) julho e h) agosto.
- Figura 24: Médias dos valores do UTCI para as 6h entre 2011 e 2020 em i) setembro e j) outubro.
- Figura 25: Médias dos valores do UTCI para as 6h entre 2011 e 2020 em k) novembro e l) dezembro.

- Figura 26: Médias dos valores do UTCI para as 15h entre 2011 e 2020 em m) janeiro e n) fevereiro.
- Figura 27: Médias dos valores do UTCI para as 15h entre 2011 e 2020 em o) março e p) abril.
- Figura 28: Médias dos valores do UTCI para as 15h entre 2011 e 2020 em q) maio e r) junho.
- Figura 29: Médias dos valores do UTCI para as 15h entre 2011 e 2020 em s) julho e t) agosto.
- Figura 30: Médias dos valores do UTCI para as 15h entre 2011 e 2020 em u) setembro e v) outubro.
- Figura 31: Médias dos valores do UTCI para as 15h entre 2011 e 2020 em x) novembro e z) dezembro.
- Figura 32: Média mensal dos índices para Cacheu.
- Figura 33: Média mensal dos índices para Bissorã.
- Figura 34: Média mensal dos índices para Cafine.
- Figura 35: Variação dos índices ao longo do dia em Cacheu.
- Figura 36: Variação dos índices ao longo do dia em Bissorã.
- Figura 37: Variação dos índices ao longo do dia em Cafine.
- Figura 38: Frequência horária (%) das classes de HI para o ano de 2022.
- Figura 39: Frequência horária (%) das classes de WBGT para o ano de 2022.
- Figura 40: Frequência horária (%) das classes de UTCI para o ano de 2022.
- Figura 41: Percentagem de horas com valores de HI e UTCI associados a condições de stress mais elevado em Cacheu.
- Figura 42: Percentagem de horas com valores de HI e UTCI associados a condições de stress mais elevado em Bissorã.
- Figura 43: Percentagem de horas com valores de HI e UTCI associados a condições de stress mais elevado em Cafine.
- Figura 44: Percentagem de horas com valores de WBGT associados a condições de stress mais elevado em Cacheu.
- Figura 45: Percentagem de horas com valores de WBGT associados a condições de stress mais elevado em Bissorã.
- Figura 46: Percentagem de horas com valores de WBGT associados a condições de stress mais elevado em Cafine.
- Figura 47: Relação entre índices para Cacheu.
- Figura 48: Relação entre índices para Bissorã.
- Figura 49: Relação entre índices para Cafine.

- Figura 50: Calendário agrícola para cultivo de arroz irrigado com controle hídrico: Período de inverno.
- Figura 51: Transplante de arroz.

### **Índice de equações**

- Equação 1: Fórmula para o cálculo do HI.
- Equação 2: Fórmula para o cálculo do WBGT sem radiação solar.
- Equação 3: Fórmula para o cálculo do WBGT com radiação solar.

### **Índice de quadros**

- Quadro I: Classificação das classes de HI.
- Quadro II: Categorias de stress térmico-WBGT.
- Quadro III: Classes de UTCI e respostas fisiológicas.
- Quadro IV: Síntese esquematizada das etapas do trabalho.

## **Lista de abreviaturas, Siglas e Acrónimos**

AC- Alterações Climáticas

CNIMC - Comunicação Nacional da Guiné-Bissau sobre as Mudanças Climáticas

DENARP - Documento de Estratégia Nacional de Redução da Pobreza

EPW- EnergyPlus Weather Format

FAO - Food and Agriculture Organization

GEE - Gases com Efeito Estufa

GIEC - *Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*

HI - Heat Index

IIED - International Institute for Environment and Development

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change

IPMA - Instituto Português do Mar e da Atmosfera

MRT- Mean Radiant Temperature

NASA- National Aeronautics and Space Administration

NetCDF- Network Common Data Form

PIB - Produto Interno Bruto

UNDP - United Nations Development Programme

UNESCO - United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization

UN-FCC - United Nations Framework Convention on Climate Change

UTCI - Universal Thermal Climate Index

WBGT - WetBulb Globe Temperature

## 1. Introdução

### 1.1. Relevância do tema

As condicionantes bioclimáticas para a realização de atividades agrícolas na Guiné-Bissau constituem um tema relevante no contexto das alterações climáticas em que nos encontramos. A análise dos efeitos potenciais da exposição ao calor intenso na saúde é fundamental não só para limitar os perigos atuais, mas também para que possam ser desenvolvidas medidas de mitigação dos riscos associados às alterações futuras do clima. Para isso, é necessário avaliar a vulnerabilidade de certas comunidades.

A ocorrência mais frequente e intensa de eventos meteorológicos extremos tem impactos significativos nos ecossistemas e nos seres humanos. O ambiente e o desenvolvimento sustentável são ameaçados constantemente por estas mudanças em todo o planeta, sendo que o continente africano é o mais vulnerável aos seus efeitos danosos e enfrenta grandes desafios de adaptação. Muitos dos cenários climáticos futuros indicam ondas de calor mais frequentes e severas em determinados locais do continente Africano e a diminuição da precipitação até 2025 em cerca de 40% (Adger *et al.*, 2003).

Na Guiné-Bissau, existem membros de algumas comunidades especialmente vulneráveis aos efeitos do aumento dos períodos de calor. Populações rurais, mais pobres, dependentes da agricultura e com trabalhos muito intensos, expostas aos elementos e com baixa capacidade de adaptação são os mais afetados (World Bank, 2007). O stress térmico pode ser mais um fator limitante para as atividades humanas e o trabalho agrícola poderá significar uma maior predisposição para diversos impactos negativos do calor na saúde humana. Os períodos prolongados de exposição ao calor intenso fazem aumentar o risco de doenças como a insolação ou desidratação, a exaustão derivada do calor e as queimaduras severas (Ebi *et al.*, 2006).

O projeto DeSIRA-Malmon é um projeto que visa aumentar a produtividade e estabilizar a produção interanual de arroz nos mangais e ainda melhorar a compreensão e a dinâmica da mudança do ecossistema de mangal (figura 1). O projeto tem como objetivo maximizar os impactos dos investimentos públicos através da mobilização e integração da ciência e do conhecimento local e apoiar a contribuição dos produtos e serviços dos mangais para os meios de subsistência. O projeto MALMON compreende três áreas de estudo que são as de maior importância para a produção orizícola - Cacheu a Norte, Oio no Centro e Tombali a Sul - e intervém em 13 aldeias rurais, integrando a diversidade de condições microclimáticas e agroecológicas, assim como a heterogeneidade dos grupos étnicos existentes e das suas práticas de gestão e sistemas de produção (DeSIRA-Malmon). A dependência da agricultura por parte da população guineense e a

exposição ao calor no dia-a-dia dos trabalhadores agrícolas nas regiões costeiras, torna o estudo das condicionantes bioclimáticas na Guiné-Bissau de grande importância.



Figura 1: Bolanhas em Cafié, região de Tombali. Fonte: <https://www.malmon-desira.com>.

## 1.2. Objetivos e questões de partida

A presente dissertação tem como objetivos principais a identificação do período do ano e do dia em que as condições de stress térmico são mais desfavoráveis aos agricultores da Guiné-Bissau e a avaliação da severidade do desconforto térmico por eles experienciado em ambiente exterior. Procura-se ainda:

- Avaliar a eficiência de diferentes índices de conforto térmico no contexto climático da Guiné-Bissau;
- Comparar os extremos de stress térmico associados a condições de tempo seco e de tempo húmido;
- Avaliar a influência de fatores geográficos como a latitude e a diferença entre os ambientes insular, costeiro e de interior;
- Identificar as condições de desconforto térmico potencialmente mais danosas para a saúde humana;
- Relacionar as condições de conforto térmico para a realização/productividade de trabalho agrícola com o calendário de tarefas da cultura do arroz.

De modo a alcançar os objetivos estabelecidos, foi desenvolvida uma questão de partida:

- Em termos de conforto térmico, quais são os períodos mais críticos para a realização do trabalho agrícola?

### 1.3. Estrutura da dissertação

A presente dissertação encontra-se dividida em 6 capítulos. O primeiro capítulo é constituído pela introdução, onde é feita a apresentação e relevância da temática, os objetivos e questões de partida e ainda a estrutura da dissertação. O segundo capítulo corresponde à revisão da literatura, onde é apresentada uma breve descrição das alterações climáticas e dos seus impactos no continente Africano, nomeadamente na Guiné-Bissau, das atividades de produção do arroz e do balanço energético do corpo humano e a avaliação do desconforto térmico. Este capítulo apresenta ainda os três índices de conforto térmico desenvolvidos ao longo do trabalho (HI, UTCI e WBGT).

O terceiro capítulo é dedicado ao enquadramento da Guiné-Bissau, compreendendo duas partes: a primeira é relativa ao enquadramento geográfico do território e, na segunda parte, apresenta-se uma caracterização sucinta do clima na Guiné-Bissau

No quarto capítulo são apresentados os dados utilizados e a metodologia aplicada na realização deste trabalho, desde a seleção das estações utilizadas, a recolha e tratamento de dados climáticos para a Guiné-Bissau e o cálculo dos índices de conforto. Os resultados da investigação são apresentados no capítulo cinco, procedendo-se à caracterização bioclimática regional, à avaliação das condicionantes bioclimáticas para as atividades dos orizicultores nas três regiões em estudo- Cacheu, Bissorã e Cafine e à comparação entre os índices bioclimáticos utilizados; A discussão das principais aquisições do estudo realizado é levada a cabo no capítulo 6.

O último capítulo consiste na apresentação das conclusões finais do trabalho.

## 2. Revisão da Literatura

### 2.1. As Alterações climáticas

As alterações climáticas foram definidas na Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre as Alterações Climáticas (AC) como todas as mudanças no clima atribuídas direta ou indiretamente à atividade humana e que alteram a composição da atmosfera global, aumentando a variabilidade natural do clima observado ao longo de períodos comparáveis (UN-FCC, 1992).

Para o IPCC, as AC dizem respeito às alterações do estado médio do clima a longo prazo e de forma significativa do ponto de vista estatístico e para um dado parâmetro climático (como a precipitação ou a temperatura), e que podem ser provocadas pela atividade antrópica ou pela variabilidade natural (GIEC, 2007).

Estas mudanças são apontadas como uma grande ameaça para o desenvolvimento sustentável e para o ambiente. O aumento dos gases com efeito de estufa, o aquecimento da atmosfera e dos oceanos, o degelo e a subida do nível médio do oceano têm sido registados em todo o planeta (IPCC, 2013). Segundo o IPCC, o aumento da temperatura média pode ter impactos negativos no setor agrícola com tendência para o decréscimo no seu rendimento. O último relatório anual do IPCC (2023) mostrou que a probabilidade de o aquecimento global ter origem antrópica é de 95 a 100% e acrescenta ainda que no final do século XXI a subida da temperatura média da Terra ultrapassará 1.5 °C em alguns cenários.

Os países em desenvolvimento no continente africano são os que apresentam as populações mais vulneráveis a estas alterações, sofrem maiores consequências e têm uma reduzida capacidade de adaptação, apesar de serem dos que menos contribuem para o problema. Assim, podemos aferir que as alterações climáticas não são apenas um problema ambiental, mas também um problema com impactos diversos no desenvolvimento.

A classificação climática de Köppen-Geiger foi desenvolvida com base no estabelecimento de relações empíricas entre as condições do clima e as grandes unidades de vegetação, os biomas da Terra. Esta classificação proporciona uma descrição das condições climáticas definidas por múltiplas variáveis e a sazonalidade com uma métrica única. Além disso, é utilizada para mapear a distribuição geográfica do clima e as condições dos ecossistemas associadas (Chen & Chen, 2013; Peel *et al.*, 2007).

Na figura 2 apresenta-se a distribuição dos Climas, segundo a classificação de Köppen-Geiger, na África Ocidental, a região que enquadra o território nacional de estudo – Guiné-Bissau.

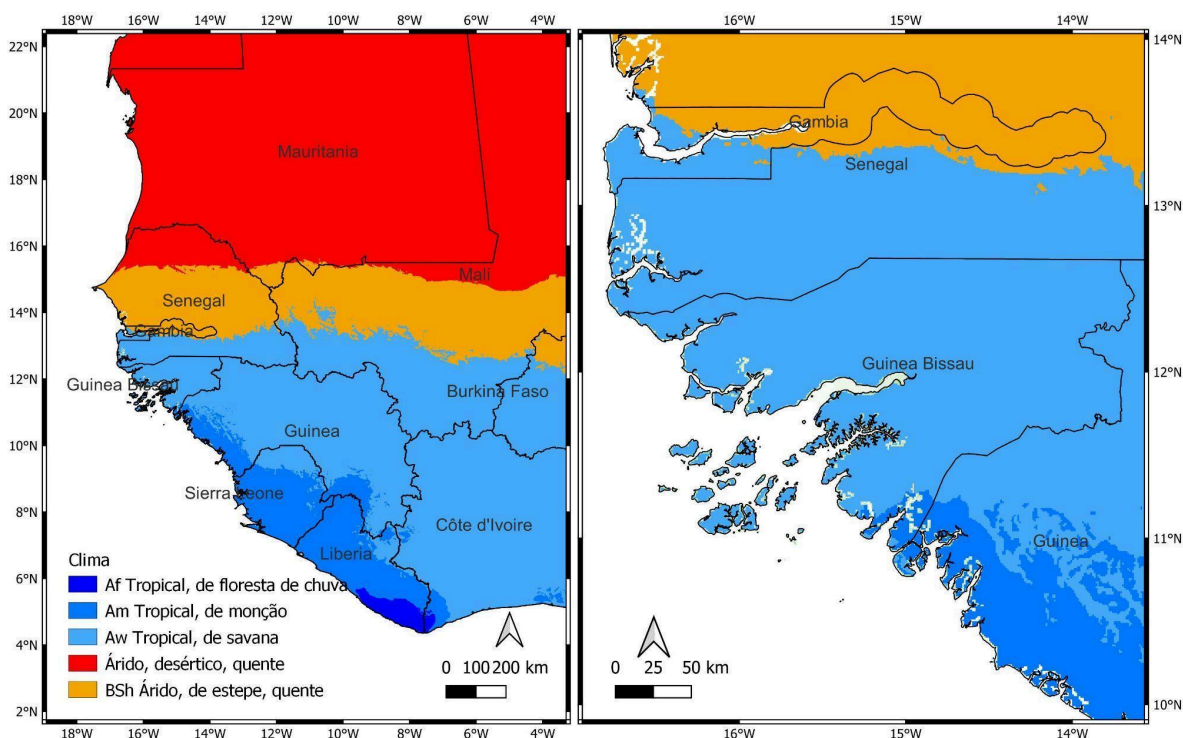


Figura 2: Classificação climática de Köppen para a África Ocidental e para a Guiné-Bissau. Fonte dos dados: Beck *et al.*, 2018.

Os impactos das alterações climáticas e da variabilidade climática na vida e mobilidade das populações do Sahel Africano e da África Ocidental têm sido estudados nas últimas décadas, sendo esperado que esta região seja a mais afetada pelas oscilações nos padrões de precipitação, eventos extremos, aumento de temperatura, secas e inundações e ainda por mudanças ambientais mais lentas, como a desertificação e a degradação dos solos (Boko *et al.*, 2007).

A maioria dos cenários de alterações climáticas prevê uma diminuição da precipitação de cerca de 40% até 2025 no continente africano (Adger *et al.*, 2003). A precipitação anual deverá diminuir em grande parte da África mediterrânea e na África austral, no entanto, as previsões para a região do Sahel-costa guineense e a sul do Sahara, são incertas e variadas no espaço e tempo (IPCC, 2023; Christensen *et al.*, 2007).

O continente africano é o mais vulnerável aos efeitos danosos das alterações do clima e enfrenta grandes desafios para assegurar a sua adaptação. Segundo o IIED (2008), o aquecimento é mais rápido no continente africano em comparação com o resto do mundo, esperando-se que esta tendência se deva manter. As previsões apontam para um aumento da temperatura em cerca de 4 °C. Os grupos mais pobres que dependem da agricultura

serão desproporcionalmente mais afetados e têm uma baixa capacidade de adaptação (World Bank, 2007).

No entanto, a agricultura não é apenas vítima das alterações climáticas, visto que certos tipos de atividades agrícolas estão também entre as suas causas principais, com cerca de 11% de gases com efeito de estufa gerados pelo ser humano a ter origem na utilização de fertilizantes e pesticidas, desflorestação e no consumo de combustíveis. No caso do GEE Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), estima-se que a agricultura contribua com cerca de 58% das emissões globais, e no caso do Metano (CH<sub>4</sub>) com 47% das emissões (Pye-Smith, 2012).

Para o período de 1960-2010, o oeste do Sahel apresentou índices de temperatura tendencialmente crescentes e as noites e dias quentes foram-se tornando mais frequentes. O aumento das temperaturas mínimas destaca-se (Ly *et al.*, 2013). Estas condições provocaram um decréscimo na produção agrícola, e o aumento da temperatura combinado com a subida do nível médio do mar contribuíram para a perda de mangais e de várzeas (IPCC, 2007).

Nos países em desenvolvimento da África Ocidental, o setor agrícola é o mais afetado pelas alterações climáticas, e os seus territórios têm sido marcados pela ocorrência mais frequente de eventos meteorológicos extremos, como inundações e secas severas (Alhassane *et al.*, 2013).

As populações rurais dos países da África-Subsaariana são particularmente vulneráveis aos efeitos das alterações climáticas, visto estarem dependentes da agricultura pluvial (esta é a principal fonte de alimento e a fonte primária de rendimento) (Sultan, 2011; Jalloh *et al.*, 2013; Recha *et al.*, 2014). A capacidade de restituição da fertilidade do solo é limitada e a consequente redução da produção é resultado conjugado da vulnerabilidade com os efeitos das alterações climáticas, visto que a pressão demográfica leva à limitação dos pousios e à expansão dos cultivos para as zonas florestais e marginais (Amoukou, 2011).

A região do oeste africano apresenta diversos tipos de riscos naturais, destacando-se as inundações, a erosão costeira, a seca e a consequente desertificação. Estes têm vindo a verificar-se mais frequentemente, acelerados pelas alterações climáticas. Todos os países afetados apresentam impactos distintos, devido não só às disparidades geográficas mas também às diferenças nas suas vulnerabilidades (Silva, 2013). De acordo com Thornton *et al.* (2014), as alterações da variabilidade climática e o aumento da frequência de eventos extremos têm um impacto substancial na presença de pragas, doenças e ervas infestantes nas culturas de arroz. Além disso, o aumento das temperaturas mínimas em apenas 1 °C pode significar impactos negativos na produção do arroz de até 10%, na estação seca (Ramírez-Villegas *et al.*, 2013).

## 2.2. A Guiné-Bissau

Na Guiné-Bissau, o baixo rendimento das colheitas dependentes da pluviosidade pode ter repercussões negativas na segurança alimentar (FAO, 2000).

Segundo a Comunicação Nacional da Guiné-Bissau sobre as Mudanças Climáticas (CNIMC, 2005), cerca de 70% da população guineense vive em áreas rurais e as suas principais atividades socioeconómicas estão ligadas à exploração de recursos naturais não renováveis (agricultura, pesca, pastorícia e silvicultura), destacando-se a agricultura como a base da economia, representando 50% do PIB e empregando mais de 80% da população ativa do país. Mais de 90% da economia nacional depende deste setor (FAO, 2000)

O nível de desenvolvimento humano é fraco e precário, e é agravado pela instabilidade política do país. Nas últimas décadas, esta tem sido um problema recorrente que bloqueia a criação de condições estáveis à implementação de políticas públicas sustentáveis e ambiciosas (DENARP II, 2011). Todos estes fatores fazem com que a Guiné-Bissau seja um país dominado pela pobreza e com fracos meios de adaptação às alterações climáticas, afetando a segurança alimentar dos camponeses. (PANA Guiné-Bissau, 2006)

A costa da Guiné-Bissau é uma zona com ecossistemas importantes e rica em termos de biodiversidade (Junior *et al.*, 2019), mas é também uma zona bastante vulnerável à erosão costeira, inundações e intrusões salinas causadas pela subida do nível médio do mar (Biai, 2009). A topografia plana da Guiné-Bissau faz com que as suas regiões costeiras sejam muitas vezes invadidas pelas marés (Temudo *et al.*, 2022).

### 2.3. A produção de arroz

Uma das principais soluções para a redução da fome e para assegurar a segurança alimentar é o desenvolvimento da agricultura (Shah *et al.*, 2021). Os países em desenvolvimento são os mais afetados pela deficiência nutricional e atualmente cerca de 800 milhões de pessoas não têm acesso a uma quantidade suficiente de alimentos e mais de 2 mil milhões vivem numa situação de escassez alimentar (Escamilla, 2017). O cultivo do arroz é uma das melhores soluções para o combate à escassez de alimentos, sendo este cereal consumido por mais de metade da população mundial (Zhao e Wang, 2020) e cultivado em 112 países com condições climáticas distintas (FAO, 2021).

O arroz é um dos principais alimentos consumidos pela população guineense, além de constituir uma das fontes de rendimento familiar e de subsistência (Medina, 2008). O consumo de arroz per capita é de aproximadamente 125 kg/ano. Nas regiões costeiras, as condições climáticas do país são favoráveis à produção de arroz, uma vez que a precipitação média é de 1.500 a 2.500mm, com seis meses de chuvas, possibilitando o cultivo de arroz inundado, assim como o cultivo em sequeiro em terras altas (Djata *et al.*, 2003). Apesar disso, o país depende muito da importação deste produto, visto que a produção nacional apenas cobre 50% das necessidades alimentícias da população (Bock, 2009).

Na Guiné-Bissau a produção do arroz é feita em solos salinos anteriormente cobertos por mangais. Antes de o arroz ser semeado é necessário o abate destas árvores, seguindo-se a construção de diques e, por vezes de barragens, para que a água seja acumulada. Nas áreas de cultivo a terra é dividida em parcelas utilizando diques secundários e instalando canais e mecanismos de descarga de modo a permitir a gestão da água. Nos terrenos de cultivo - as bolanhas - cada parcela é ainda lavrada manualmente (Linares, 1992; Cormier-Salem, 1999; Temudo e Cabral, 2017). Os canais e as suas paredes desempenham um papel importante na gestão da água, permitindo o controlo do crescimento de ervas daninhas e a lixiviação do sal e ácidos do solo. Os animais são também utilizados para fertilização do solo e controlo do crescimento de diversas plantas e ervas.

A Guiné-Bissau é o país da África Ocidental com maior área ocupada pelo cultivo de arroz em mangal e é o único país onde os agricultores continuam a desenvolver novas técnicas de cultivo e a introduzir novas variedades de arroz asiático mas mantendo a produção de diversas variedades de arroz africano (Temudo, 2011; Teeken *et al.*, 2012; Sousa e Luz, 2018). No entanto, nos últimos anos as técnicas utilizadas têm sido adaptadas às condições presentes no país. A utilização da água salobra nos arrozais para controlo de pragas já não é utilizada, visto a estação chuvosa ser menor e as secas serem recorrentes,

o que levou à redução da fertilidade do solo, ao aumento da sua toxicidade e ao aumento dos ataques causados por pragas (Cormier-Salem, 1999; Ritzema *et al.*, 1996).

As atividades agrícolas praticadas pelos camponeses, designadamente as relacionadas com a cultura do arroz, decorrem maioritariamente durante a estação chuvosa, com condições de calor e humidade muito elevadas, neste caso também acentuada pela ambiência, local ou muito próxima, do oceano ou de largos estuários. Os camponeses executam muitas tarefas que requerem grande esforço físico (levando a mais produção de calor metabólico), em terrenos totalmente alagados, e tendo de suportar calor intenso e opressivo, com a forte humidade do ar a limitar a evaporação da transpiração, obrigando o organismo a um grande esforço termorregulatório.

## 2.4. Balanço energético do corpo humano e avaliação do desconforto térmico

O stress térmico pode ser um fator limitante para as atividades humanas e em particular para o trabalho agrícola, tendo diversos impactos negativos na saúde humana (Matzarakis *et al.*, 2010). Para a sua avaliação, a utilização de diversos índices é necessária. Nas últimas décadas, o stress por calor tornou-se uma ameaça emergente, afetando a produtividade do trabalho e a saúde humana. A agricultura e a produção de gado estão entre os principais setores mais afetados (Di Napoli *et al.*, 2022).

O sistema de termorregulação do corpo humano assegura a homeostase em condições normais. O organismo humano incorpora um conjunto de processos fisiológicos e comportamentais que gerem as trocas de calor entre o corpo e o ambiente de modo a que o balanço entre perdas e ganhos de energia seja próximo de zero. O balanço energético deve ter em consideração a transferência de calor do centro do corpo para a superfície da pele e entre a pele e o ambiente. De salientar que o vestuário é também um fator importante nestas transferências de energia (Oke *et al.*, 2017).

A energia gerada quando a comida metabolizada é quimicamente transformada em combustível, tanto interno (por exemplo, para a respiração) como externo (para exercício), é denominada de calor metabólico. Parte da energia é gasta como energia mecânica (para caminhar, por exemplo) e cerca dos 95% restantes é convertida em calor, que deve ser dissipado para o meio ambiente. O calor metabólico é transferido para a superfície do corpo através dos sistemas respiratório e circulatório. A magnitude da taxa metabólica depende do nível de esforço e aumenta se o indivíduo estiver envolvido em atividades intensas e respirar com mais frequência. A transferência de calor depende muito da humidade relativa da atmosfera ambiente e ocorre em toda a superfície externa do corpo.

O controlo vasomotor é uma das respostas principais do corpo ao ganho ou perda excessiva de calor e regula o fluxo sanguíneo para a superfície da pele. A vasodilatação aumenta a taxa de fluxo do sangue, expandindo os vasos sanguíneos (Oke *et al.*, 2017).

O stress causado pelo calor extremo leva à vasodilatação, limitando a eficácia da resposta do organismo. A transpiração é o mecanismo mais eficaz para lidar com condições ambientais mais quentes. A sobrecarga pode levar a doenças como a insolação, queimaduras solares, exaustão pelo calor e desidratação e em casos em que a temperatura corporal central excede os 103 °F ( $\approx 40$  °C) pode levar à disfunção de múltiplos órgãos e a acidentes vasculares cerebrais (Ebi *et al.*, 2006). Nessas situações, a progressão para a morte pode ocorrer muito rapidamente, em apenas algumas horas (Kovats, 2008).

As condições de tempo quente fazem com que a temperatura corporal aumente, aumentando também a taxa metabólica e o calor interno gerado e não havendo uma redução da temperatura, o sistema de termorregulação falha e ocorre hipertermia. Os seres

humanos reagem de variadas formas ao início da hipertermia, dependendo principalmente da idade e do estado de saúde de cada pessoa. Para um indivíduo se sentir confortável, tem de haver um equilíbrio, não se sentindo nem muito quente nem muito frio. No entanto, o ambiente exterior é muito variável no tempo e no espaço e as condições raramente são estáticas. Consequentemente, o corpo não entra em equilíbrio com o meio ambiente e está em constante ajuste (Oke et al., 2017). Desta forma, a equação do balanço energético é ajustada continuamente, dependendo do ambiente ao qual o corpo é exposto e das mudanças a que o corpo responde. Ao todo, seis variáveis regulam as trocas entre o corpo e o ambiente: *temperatura radiativa média*, *temperatura do ar*, *humidade e velocidade do vento* (ambiente de exposição); *metabolismo* e *vestuário* (resposta do indivíduo). A combinação de variáveis ambientais impõem um stress térmico ao qual o corpo responde, resultando em tensão térmica, visto o organismo procurar garantir que o balanço energético esteja próximo de zero (Oke et al., 2017).

Ao longo dos anos, têm sido desenvolvidas investigações visando a criação de uma gama diversa de índices térmicos e para definir normas fundamentais para a limitação da exposição ao calor e para mitigar os seus efeitos nocivos para a saúde. Os efeitos da exposição ao calor e a sua tolerância em mulheres, idosos e pessoas com doenças crónicas é um tema ainda pouco desenvolvido (Kovats, 2008). Na secção seguinte apresentam-se os índices biometeorológicos que são aplicados na presente investigação.

## 2.5. Índices

### 2.5.1. Heat index

O Heat Index (HI) é um índice de temperatura aparente essencial para a determinação do conforto humano e mede a temperatura que o corpo sente (Anderson, 2013). Steadman desenvolveu este modelo através de estudos biometeorológicos extensos, utilizando parâmetros com magnitudes assumidas para simplificar a metodologia, descrita na equação 1 (Steadman 1979a, 1979b). Segundo Rothfusz (1990), os parâmetros considerados no modelo de Steadman (1979) são:

- **Pressão de vapor.** Pressão de vapor ambiente da atmosfera. (1,6 kPa);
- **Dimensões de um humano.** Determina a área de superfície da pele. (170 cm de altura, 66 kg);
- **Área de radiação eficaz da pele.** Uma proporção que depende da área de superfície da pele. (0,80);
- **Diâmetro significativo de um ser humano.** Com base no volume e densidade do corpo. (15,3 centímetros);
- **Vestuário.** Calças compridas e camisa de manga curta são assumidas (84% de cobertura);
- **Temperatura corporal.** Temperatura corporal interna. (98,6 °F, 37 °C);
- **Pressão de vapor corporal.** Depende da temperatura central e da salinidade do corpo. (5,65 kPa);
- **Temperaturas superficiais e pressões de vapor da pele e das roupas.** Afeta a transferência de calor da superfície da pele por radiação ou convecção. Esses valores são determinados por um processo iterativo;
- **Atividade.** Determina a produção metabólica. (180 W m<sup>-2</sup> de área de pele para o modelo andando ao ar livre a uma velocidade de 1,38 m/s);
- **Velocidade do vento efetiva.** Soma vetorial do movimento do corpo e da velocidade média do vento. (2,57 m/s);
- **Resistência da roupa à transferência de calor.** A magnitude deste valor é baseada na suposição de que a roupa é composta por 20% de fibra e 80% de ar;
- **Resistência da roupa à transferência de humidade.** Como as roupas são compostas principalmente de ar, a difusão de vapor puro é usada;
- **Radiação da superfície da pele.** Na verdade, um coeficiente de transferência de calor radiativo determinado de estudos anteriores;
- **Convecção da superfície da pele.** Um coeficiente de convecção também determinado a partir de estudos anteriores. Influenciado pela viscosidade cinemática do ar e pelo ângulo do vento;

- **Taxa de suor.** Presume-se que o suor é uniforme e não escorre do corpo.

Para derivar a temperatura aparente, utilizam-se ainda as últimas cinco variáveis:

- **Taxa de ventilação.** A quantidade de calor perdida através da expiração (2-12%, dependendo da umidade);
- **Resistência da pele à transferência de calor.** Função da atividade, temperatura da pele, entre outras;
- **Resistência da pele à transferência de humidade.** Uma função da diferença de pressão de vapor através da pele (e, portanto, humidade relativa). Diminui com o aumento da atividade;
- **Resistência superficial à transferência de calor.** À medida que a radiação e a convecção da pele aumentam, este valor diminui;
- **Resistência superficial à transferência de humidade.** Semelhante à resistência à transferência de calor, mas também depende de condições na camada limite logo acima da superfície da pele.

Na presente investigação, foi utilizada a versão simplificada do cálculo deste índice (equação de regressão múltipla de Rothfusz), baseada na temperatura em graus Fahrenheit e humidade relativa do ar em percentagem (Steadman 1979a). Este índice expressa-se na seguinte fórmula (Eq.1):

$$HI = c_1 + c_2T + c_3R + c_4TR + c_5T^2 + c_6R^2 + c_7T^2R + c_8TR^2 + c_9T^2R^2$$

Equação 1: Fórmula para o cálculo do HI. Fonte: Rothfusz, 1990 (acessível em [https://www.weather.gov/media/ffc/ta\\_htindx.PDF](https://www.weather.gov/media/ffc/ta_htindx.PDF))

$$\begin{array}{lll} c_1 = -42.379, & c_2 = 2.049\ 015\ 23, & c_3 = 10.143\ 331\ 27, \\ c_4 = -0.224\ 755\ 41, & c_5 = -6.837\ 83 \times 10^{-3}, & c_6 = -5.481\ 717 \times 10^{-2}, \\ c_7 = 1.228\ 74 \times 10^{-3}, & c_8 = 8.5282 \times 10^{-4}, & c_9 = -1.99 \times 10^{-6}. \end{array}$$

Equação 1: Constantes para o cálculo do HI. Fonte: Rothfusz, 1990 (acessível em [https://www.weather.gov/media/ffc/ta\\_htindx.PDF](https://www.weather.gov/media/ffc/ta_htindx.PDF))

A classificação dos valores de HI compreende quatro classes (quadro I): Cautela; Cautela Extrema; Perigo; Perigo Extremo, de acordo com os valores do HI. Estes são (respetivamente): 80 °F-90 °F (26.5 °C-32 °C); 90 °F-103 °F (32 °C-39.5 °C); 103 °F-124 °F (39.5 °C-51 °C); 124 °F ou superior (51 °C). À medida que avançamos nas classes de HI, o

corpo humano pode desenvolver certos problemas de saúde, como a fadiga, cãibras, exaustão pelo calor e insolação (Lucas *et al.*, 2014; Scovronick *et al.*, 2018).

Quadro I: Classificação das classes de HI. Fonte:  
<https://www.weather.gov/ama/heatindex>

Classificação	Heat Index	Efeitos
Cautela	26.5°C - 32°C	Fadiga possível com exposição prolongada e/ou atividade física
Extrema Cautela	32°C - 39.5°C	Insolação, cãibras ou exaustão pelo calor são possíveis com exposição prolongada e/ou atividade física
Perigo	39.5°C - 51°C	Cãibras causadas pelo calor ou exaustão pelo calor e possível insolação com exposição prolongada e/ou atividade física
Perigo Extremo	≥ 51°C	Insolação altamente provável

No estudo de Fotso-Nguemo *et al.*, (2023) foi estudada a exposição da população ao stress pelo calor, no continente africano. Esta investigação demonstrou que, de futuro, as condições de calor da classe mais elevada serão mais severas para as populações que vivem na África ocidental, alertando-se para a necessidade de implementação de políticas de mitigação e adaptação. O documento refere ainda que “os efeitos simultâneos do crescimento populacional e do aquecimento global foram identificados como um dos impulsionadores desta tendência para eventos de calor mais generalizados espacial e temporalmente.” (p.14).

### 2.5.2. Wet Bulb Globe Temperature

O índice “Wet Bulb Globe Temperature” (WBGT) é um índice utilizado mundialmente na avaliação das condições de stress térmico em ambiente externo, visando a melhoria das normas de segurança referentes à realização de exercícios efetuados ao ar livre, em condições de calor ( Wyndham, 1965; Lee, 1980; ISO, 1989; Parsons *et al.*, 1995; Bethea e Parsons, 2002; d’Ambrosio Alfano *et al.*, 2014).

Este índice combina a medição de duas grandezas, a temperatura do bulbo húmido, a temperatura de globo e ainda a temperatura do ar (d’Ambrosio Alfano *et al.*, 2014). O índice WBGT é calculado através da seguinte fórmula:

Sem radiação solar:

$$\text{WBGT} = 0.7 t_{nw} + 0.3 t_g$$

Equação 2: Fórmula para o cálculo do WBGT sem radiação solar. Fonte: d’Ambrosio Alfano *et al.*, 2014.

No caso de haver radiação solar:

$$\text{WBGT} = 0.7 t_{nw} + 0.2 t_g + 0.1 t_a$$

Equação 3: Fórmula para o cálculo do WBGT com radiação solar. Fonte: d’Ambrosio Alfano *et al.*, 2014.

Onde:

- $t_a$  Temperatura do ar (°C);
- $t_g$  Temperatura do globo, medido por um globo negro com 15 cm de diâmetro (°C);
- $t_{nw}$  Temperatura natural do bulbo húmido (°C).

O WBGT foi inicialmente utilizado pelo exército americano e pelos fuzileiros navais dos EUA com base numa investigação para controlar doenças causadas pelo calor nos campos de treino. As categorias ‘trabalho moderado’ e ‘trabalho intensivo’ referem-se a atividades realizadas nos exercícios militares (Quadro II). O WBGT tem sido aplicado em muitos estudos sobre o ambiente térmico exterior, quer no contexto de atividades laborais (normas de segurança e saúde ocupacional), quer desportivas (recomendações em medicina desportiva). Por exemplo, foi aplicado num estudo recente elaborado na Tailândia,

onde foram selecionados participantes com trabalho intensivo manual ao ar livre e cujo período laboral era de 8h/dia com uma pausa diária, 7 dias por semana, de modo a avaliar se as normas em vigor protegiam os trabalhadores. Neste estudo, a utilização do WBGT permitiu estimar o impacto do calor nos trabalhadores e avaliar os sintomas descritos pelos mesmos (Phanprasit *et al.*, 2021).

Segundo D'Ambrosio Alfano, os valores do WBGT descritos pelo quadro II são frequentemente confundidos com os valores da temperatura do ar e, conseqüentemente, mal interpretados pelos utilizadores (d'Ambrosio Alfano *et al.*, 2011).

Quadro II: Categorias de stress térmico-WBGT. Fonte: Korey Stringer Institute, University of Connecticut. Weblink:<https://ksi.uconn.edu/wet-bulb-globe-temperature-monitoring/>

Adaptado.

Categorias de Stress Térmico (WBGT)	Trabalho Moderado (ciclo trabalho/descanso)	Trabalho Intensivo (ciclo trabalho/descanso)
<b>Branco</b> ≤ 24.9°C	60/15 minutos	40/20
<b>Verde</b> 25°C - 27.7°C	60/15 minutos	40/20
<b>Amarelo</b> 27.8°C - 29.4°C	40/20 minutos	30/30
<b>Vermelho</b> 29.5°C - 31.6°C	30/30 minutos	Exercício é proibido.
<b>Preto</b> ≥ 31.7°C	Exercício proibido. Risco muito alto de vítimas do calor.	

### 2.5.3. Universal Thermal Climate Index

O Índice Universal Thermal Climate Index (UTCI; Jendritzky *et al.* 2011) é um índice bioclimático que descreve o conforto do corpo humano mantendo a sua temperatura em equilíbrio com o ambiente externo circundante (Bröde *et al.* 2011). O seu cálculo requer a temperatura do ar (em °C), a humidade relativa (%), a velocidade do vento ( m/s), a radiação solar global (W/s) e a altura do sol (°) (figura 3). Este é um índice biometeorológico mais sofisticado, desenvolvido com o objetivo de evidenciar a relevância e o impacto do clima através de uma perspectiva termofisiológica (Błażejczyk *et al.*, 2013).

As categorias de stress térmico são 10, que vão desde o stress por frio extremo (valores menores que -40 °C) até ao stress térmico extremo, com valores acima de 46°C (quadro III). Este índice baseia-se no modelo UTCI-Fiala (Fiala *et al.*, 2012), onde as variáveis meteorológicas de *input* são combinadas com um modelo de isolamento de vestuário e com um modelo de termorregulação dinâmica do corpo. É assim um índice aplicável a todos os tipos de clima e que considera as trocas de fluxos de calor e a termorregulação (IPMA).

O UTCI foi escolhido para a análise de Balogun *et al.*, (2019) na avaliação das condições bioclimáticas em algumas estações na Nigéria, entre 1981 e 2010, por ser o mais sensível às variações dos dados da temperatura, radiação solar, humidade e velocidade do vento. Este estudo revelou que em toda a área de estudo existem variações sazonais e espaciais no nível de stress e nas percepções térmicas. Os níveis de stress foram maiores nos períodos pré-chuvosos e menores durante a estação chuvosa. Algumas estações apresentam condições diferentes mesmo estando dentro das mesmas zonas climáticas.

A precisão dos dados do UTCI e o facto de não serem apenas dados de temperatura, permite a sua utilização em diversas análises, como os potenciais impactos na saúde e no comportamento humano. Estes dados podem também ser utilizados na avaliação das migrações devido a alterações climáticas, uma vez que um aumento elevado das temperaturas cria uma maior ameaça ao quotidiano laboral de milhões de pessoas, especialmente em países em desenvolvimento (Kjellstrom, 2017). Um exemplo da aplicação do UTCI no âmbito das migrações é a publicação da Organização Internacional para as Migrações de 2017, onde podemos observar os impactos das ameaças à habitabilidade devido à exposição ao calor extremo nas migrações. Os valores do UTCI traduzem uma ideia mais realista do stress térmico sentido pelo corpo humano e, através dele, será também possível compreender a evolução histórica e mudanças futuras do stress térmico, fornecendo dados úteis ao desenvolvimento de políticas de adaptação e mitigação eficientes e planos de ação para abrandar consequências nefastas.

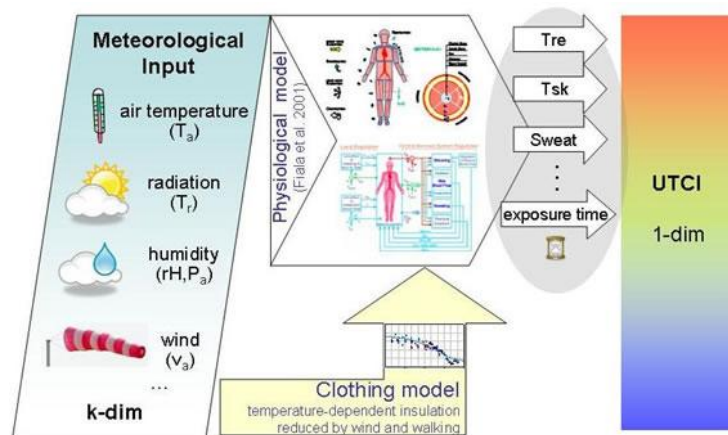


Figura 3: Cálculo do UTCI. Fonte: COST Action 730.

Quadro III: Classes de UTCI e respostas fisiológicas. Fonte: Di Napoli *et al.*, 2019 - Adaptado.

UTCI (°C)	Categoria de Stress	Respostas Fisiológicas
$\geq 46$	Stress Térmico Extremo	Aumento da temperatura corporal. Diminuição acentuada na perda total de calor. Aumento acentuado na taxa média de suor.
38 a 46	Stress Térmico Muito Forte	Temperatura central-pele baixa. Aumento da temperatura corporal aos 30 min.
32 a 38	Stress Térmico Forte	Aumento da temperatura corporal e da produção de suor aos 120 min. Mudança instantânea da temperatura da pele.
26 a 32	Stress Térmico Moderado	Mudança na taxa de suor e na temperatura corporal. Ocorrência de sudorese aos 30 min. Aumento acentuado na <u>humidade</u> da pele.
9 a 26	Sem Stress Térmico	Taxa de suor média e temperatura corporal sem alterações.
0 a 9	Stress por Frio Leve	Diminuição da temperatura das mãos.
-13 a 0	Stress por Frio Moderado	Vasoconstrição. Diminuição da temperatura facial aos 30 min.
-13 a -27	Stress por Frio Forte	Dormência. Aumento do gradiente de temperatura pele-corpo.
-27 a -40	Stress por Frio Muito forte	Queimaduras por frio, dormência e tremores. Diminuição mais acentuada da temperatura corporal.
$\leq -40$	Stress por Frio Extremo	Queimaduras por frio. Diminuição da temperatura corporal.



### 3. Caracterização da área de estudo: Guiné-Bissau

#### 3.1. Enquadramento geográfico

A República da Guiné-Bissau (figura 4) está situada no Ocidente do continente Africano, a sul do Senegal, fazendo ainda fronteira com o Oceano Atlântico a oeste e a sul com a Guiné. O território apresenta uma área com cerca de 36 125 km<sup>2</sup> e uma população total de 2 105 566 habitantes. Segundo o índice de desenvolvimento humano das Nações Unidas (UNDP *Human Development Index*) de 2021, a Guiné-Bissau é um dos países mais pobres de África e situa-se na posição 177 de 191 do ranking.

A Guiné-Bissau é um país com uma altitude relativamente baixa (figura 5). A paisagem é caracterizada por planícies costeiras, estuários e numerosos rios. Os mangais e os vales dos rios Geba, Cacheu e Corubal dominam as regiões costeiras. Nestas regiões, os vales são periodicamente inundados, favorecendo a produção de arroz. No interior, o relevo é suavemente ondulado e dominado por planaltos baixos. As Colinas de Boé no sudeste da Guiné-Bissau apresentam altitudes mais elevadas, com um máximo de 277m.

O Arquipélago dos Bijagós compreende 18 ilhas e foi classificado pela UNESCO como Reserva da Biosfera em 1996 devido à sua flora e fauna diversificada. Do ponto de vista económico, o arquipélago é um importante ponto de turismo, pesca e exploração de palmeiras.

Cerca de 45% do território da Guiné-Bissau está coberto por savanas e 13% é ocupado por área agrícola, a qual tem vindo a aumentar desde 1975, em detrimento dos habitats naturais. As culturas de arroz também têm aumentado, invadindo zonas de floresta, mangal e áreas húmidas naturais.

A erosão costeira é um problema que afeta toda a África Ocidental e a Guiné-Bissau não é excepção. Os mangais que servem de barreira natural contra a ondulação têm vindo a regredir não só por motivos antrópicos, como devido à exploração da madeira, mas também devido ao recuo da linha costeira (em cerca de 700m) desde o final da década de 1960 e ao aumento do nível médio do mar (Tappan, 2018).

Bissau é a capital e a maior cidade, com cerca de 384 960 habitantes (Censos 2009), e está situada no estuário do rio Geba, na costa do Atlântico. Além de Bissau, é importante fazer referência a outras duas cidades que irão ser mais focadas nesta investigação: Bafatá e Bolama.

A cidade de Bafatá está situada no ponto de confluência dos rios Geba e Campossa e no centro geográfico da Guiné-Bissau, sendo uma importante zona de conexão entre todas as capitais regionais. Esta é a segunda maior localidade do país, apresentando uma

população de 22 521 habitantes. A cidade de Bolama está na 5ª posição, com cerca de 6 000 habitantes e situa-se no setor Este do Arquipélago dos Bijagós.

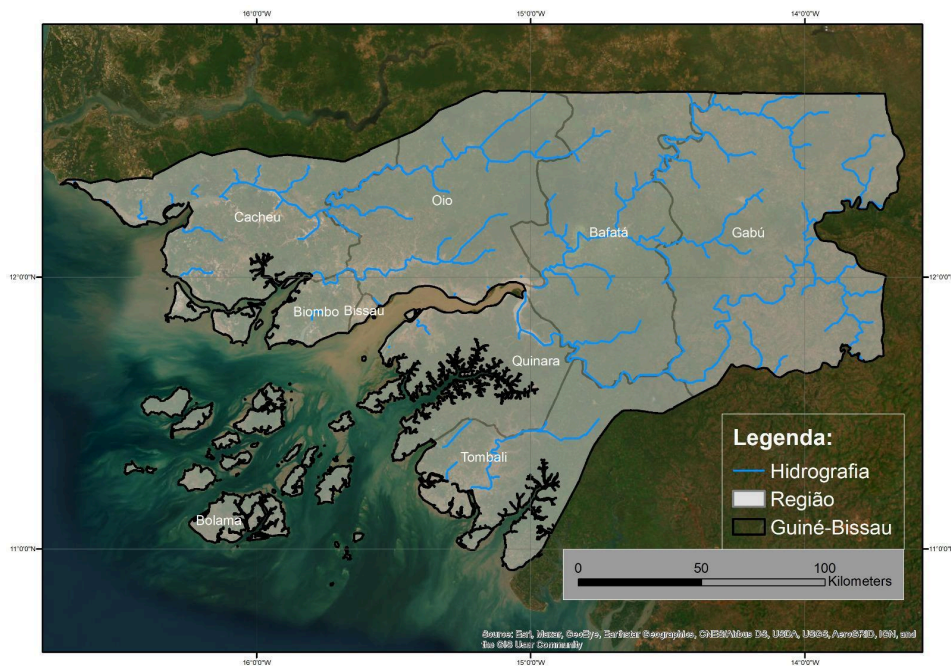


Figura 4: Limites administrativos da Guiné-Bissau.

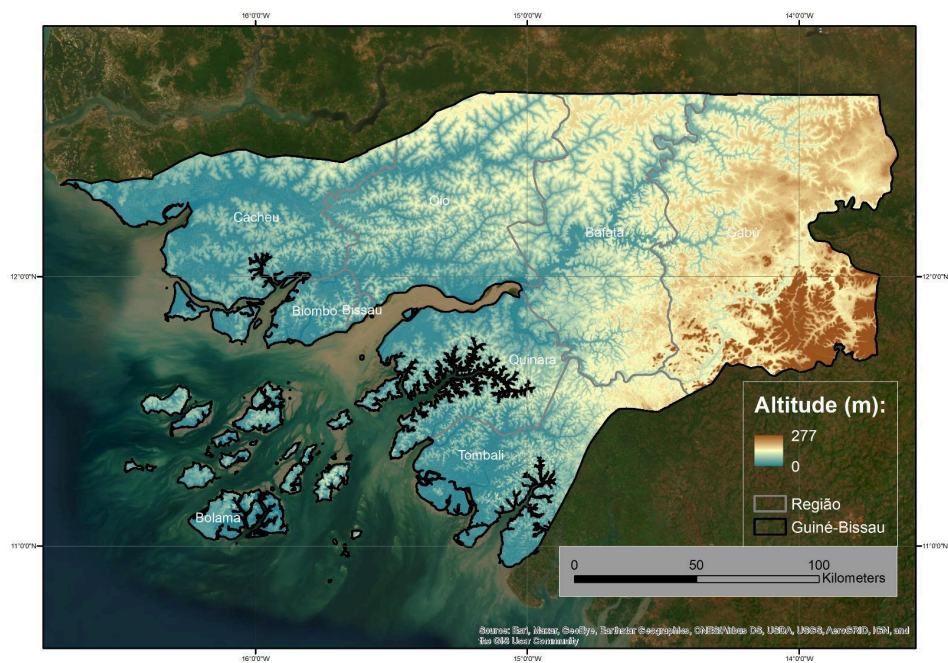


Figura 5: Relevo da Guiné-Bissau.

### 3.2. Enquadramento climático

De acordo com a classificação climática de Köppen, a Guiné-Bissau possui um clima tropical de dois tipos, Aw e Am, ou seja, apresenta um clima tropical de savana com temperaturas médias mensais acima de 18 °C e uma estação seca no território continental, e um clima tropical de monção no arquipélago dos Bijagós e no sul de Tombali (figura 2), onde a estação seca é menos pronunciada. A região da Guiné-Bissau é cruzada pela zona de convergência intertropical, sofrendo uma influência alternada de massas de ar quente e húmido do oceano Atlântico e do ar quente e seco, proveniente do deserto do Saara.

Para o período entre 1981 e 2020 foram analisados os valores médios anuais e mensais de precipitação e temperatura, baseados em observações da rede do Instituto Nacional de Meteorologia da Guiné-Bissau. Complementarmente, foi também feita uma análise da média da precipitação, temperatura e humidade relativa para o período entre 2007 e 2021. Estes últimos dados provêm de ficheiros em formato EPW disponíveis no portal One Building, e trabalhados no aplicativo *Weather Data*, desenvolvido por Andrew Marsh (<https://drajmarsh.bitbucket.io/weather-data.html>). Este aplicativo tem como objetivo permitir a leitura e exibição de ficheiros meteorológicos EnergyPlus, onde são mapeados os dados por dia no eixo do X e sobre a hora no eixo do Y, utilizando ainda o eixo do Z para a projeção numa superfície 3D. A ilustração resultante permite a representação dos ritmos anual e diurno do comportamento de variáveis climáticas.

Em Bissau, podemos observar que o período de maio a novembro diz respeito à estação chuvosa, com valores médios de precipitação mais elevados entre julho e setembro (figura 6), enquanto entre dezembro e maio os valores são quase nulos. De um modo geral, entre as 10 horas e as 18 horas a precipitação é mais elevada (figura 9). Nos últimos 40 anos, 2020 foi o ano em que a pluviosidade foi mais elevada no país (Mendes e Frago, 2023).

Em relação aos valores médios da temperatura máxima, os meses de fevereiro e março apresentam os valores mais elevados com cerca de 34 °C, enquanto julho e agosto atingem os 30 °C, sendo os valores mais baixos. Para os valores médios da temperatura mínima, janeiro é o mês que apresenta valores de temperatura mais reduzidos (cerca de 18 °C), enquanto de junho a outubro os valores são os mais elevados, variando entre os 22 °C e os 24 °C (figura 7). Considerando o período entre 2007 e 2021, pode ver-se na figura 8 que as temperaturas médias mensais são mais altas de novembro e abril, atingindo-se os valores máximos em fevereiro, sendo este também o mês com amplitude térmica mais elevada. Agosto é o mês com a temperatura média mais baixa e com amplitude térmica mais reduzida (figura 8). A humidade relativa apresenta uma tendência inversa, havendo valores de humidade entre junho e novembro entre os 90% e os 95% e valores mais

reduzidos de dezembro a fevereiro (30% - 60%). Os períodos da manhã e da noite são os que apresentam maior humidade relativa, cujos valores baixam entre as 10 e as 17 horas (figura 10).

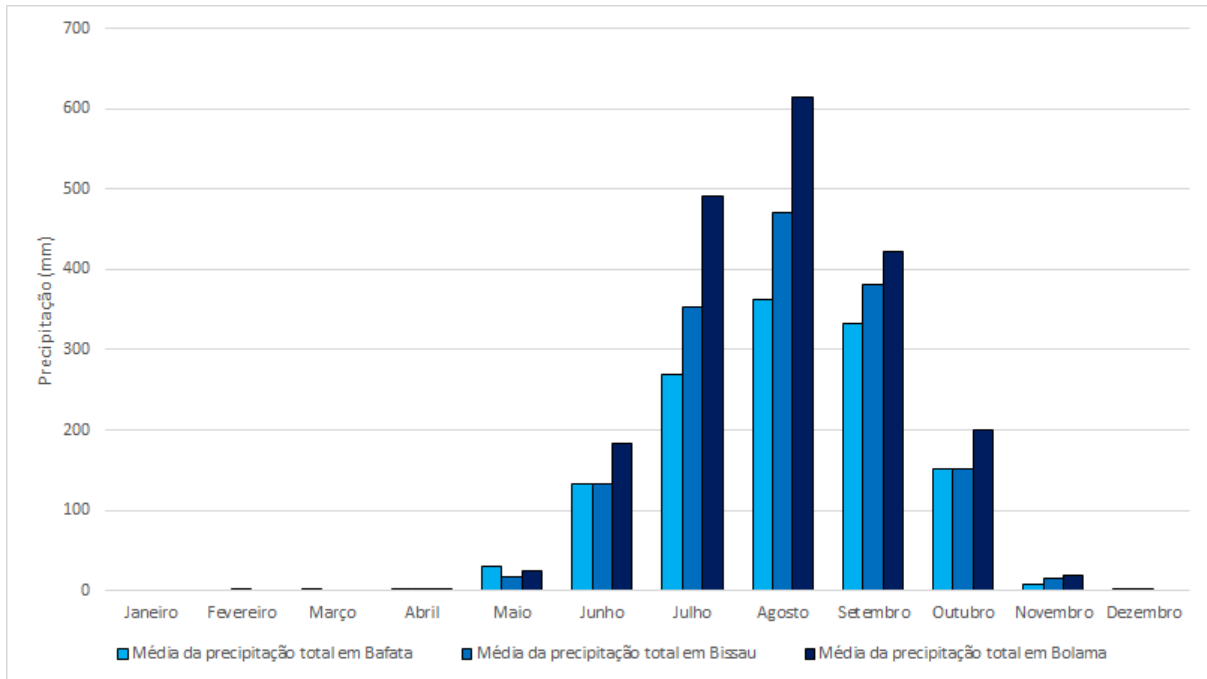


Figura 6: Média da precipitação mensal em Bissau, Bolama e Bafatá (1981-2020).

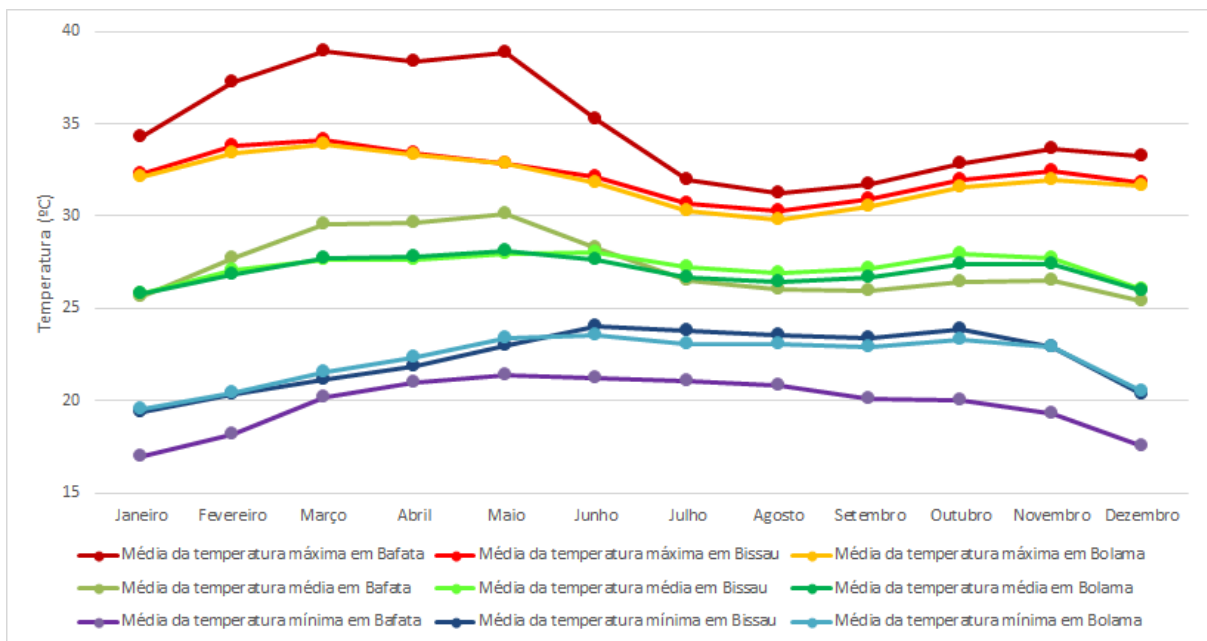


Figura 7: Média mensal da temperatura máxima, média e mínima em Bissau, Bolama e Bafatá (1981-2020).

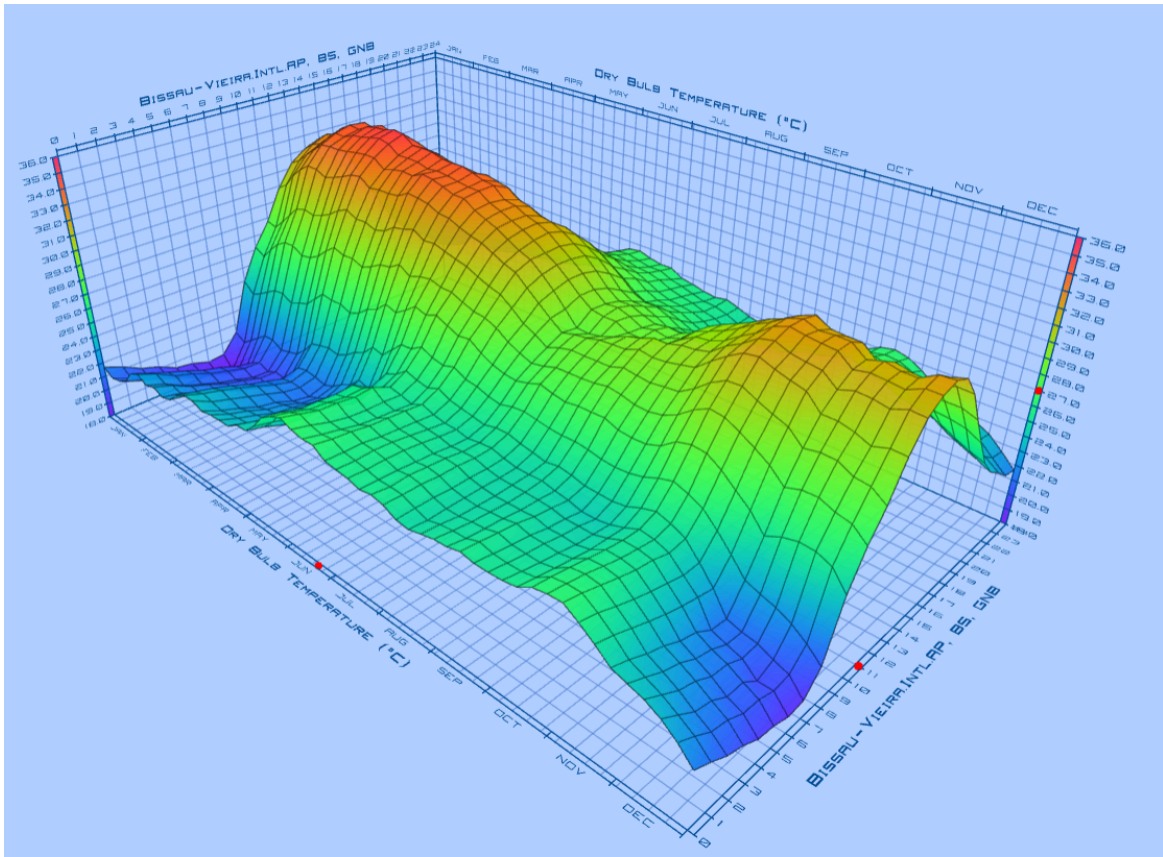


Figura 8: Temperatura média (°C) 2007-2021- Bissau.

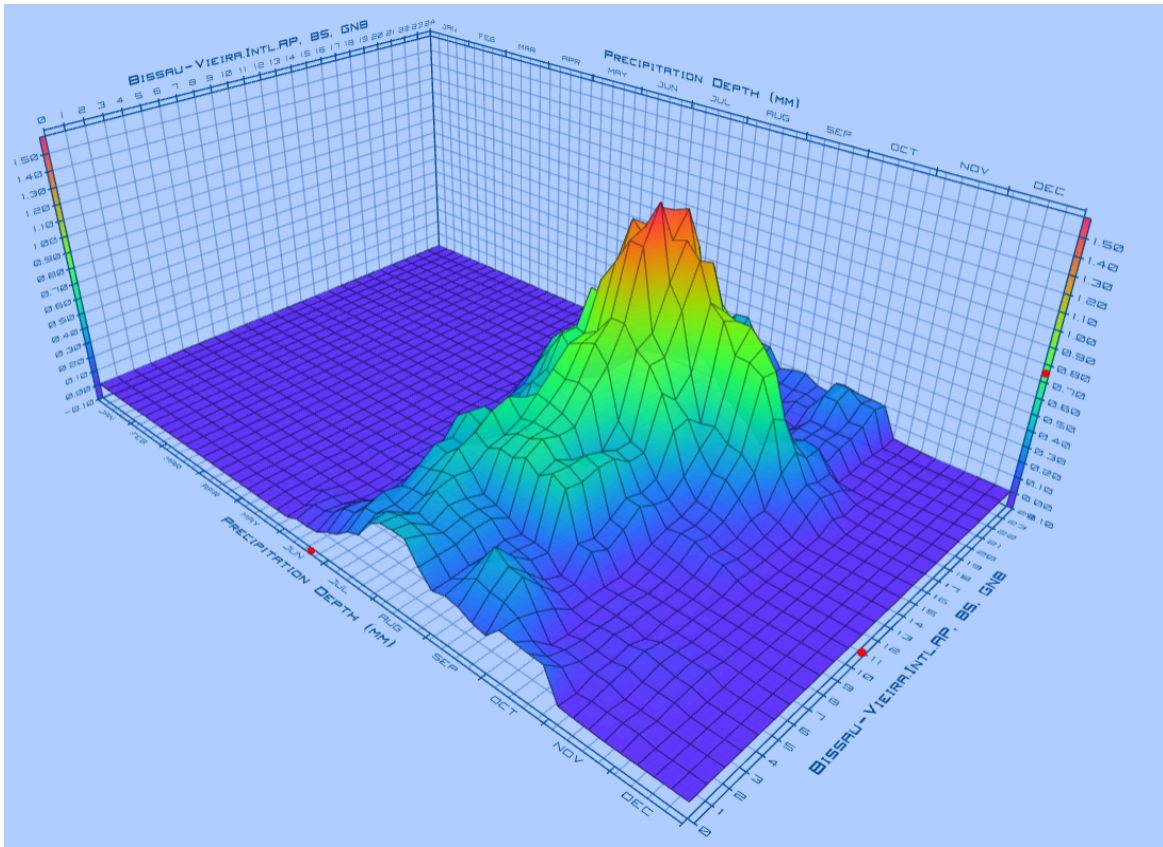


Figura 9: Precipitação (mm) 2007-2021- Bissau.

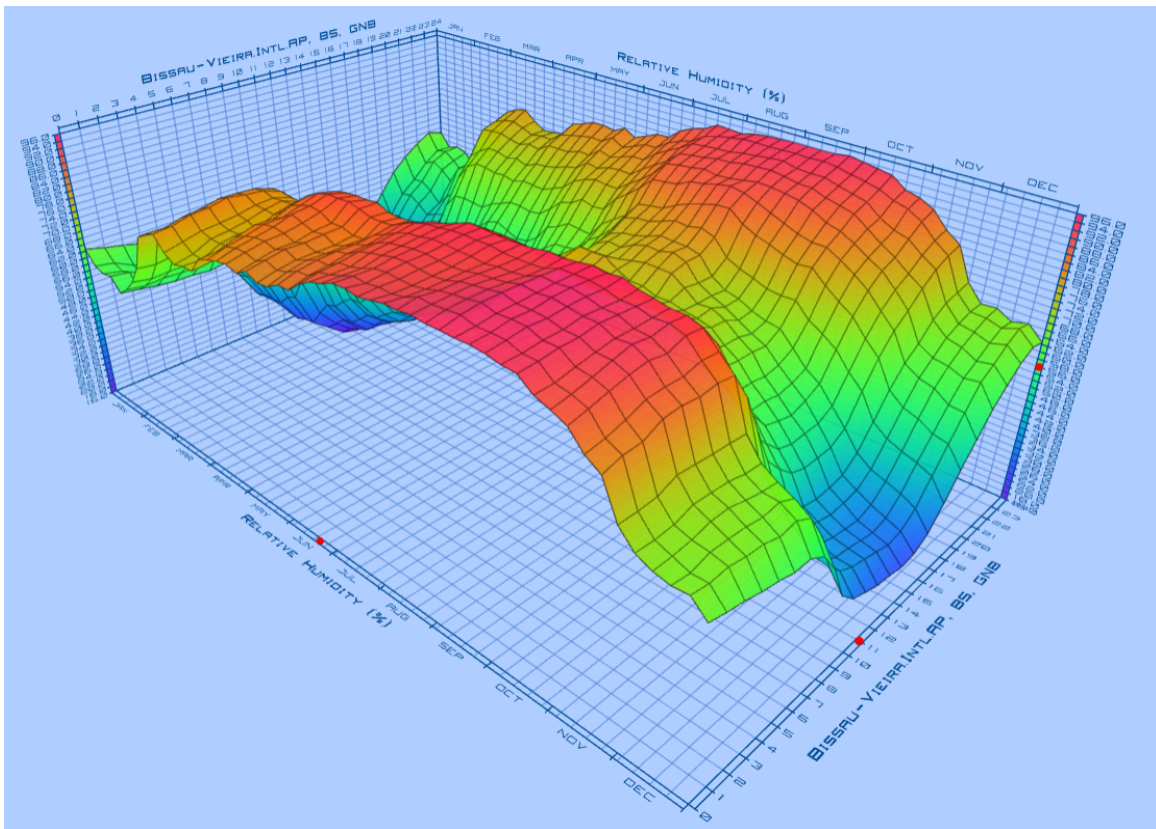


Figura 10: Humidade Relativa (%) 2007-2021- Bissau.

Na região de Bafatá o clima é mais seco e com amplitudes térmicas mais acentuadas, apresentando valores médios de temperatura máxima acima dos 37 °C entre fevereiro e maio (figura 6). A média das máximas de agosto é de cerca 30 °C, apresentando-se como o mês com este índice mais reduzido, refletindo a importância da sua posição mais interior, a mais de 100 km do Oceano Atlântico, na acentuação das amplitudes térmicas. Das 9 às 20 horas, correspondentes ao período diurno, observa-se um aumento gradual da temperatura média até às 15 horas, seguindo-se uma diminuição progressiva (figura 11). O ritmo diurno de variação da humidade relativa é semelhante à de Bissau, assim como o dos valores de precipitação média (em mm) (figuras 12 e 13).

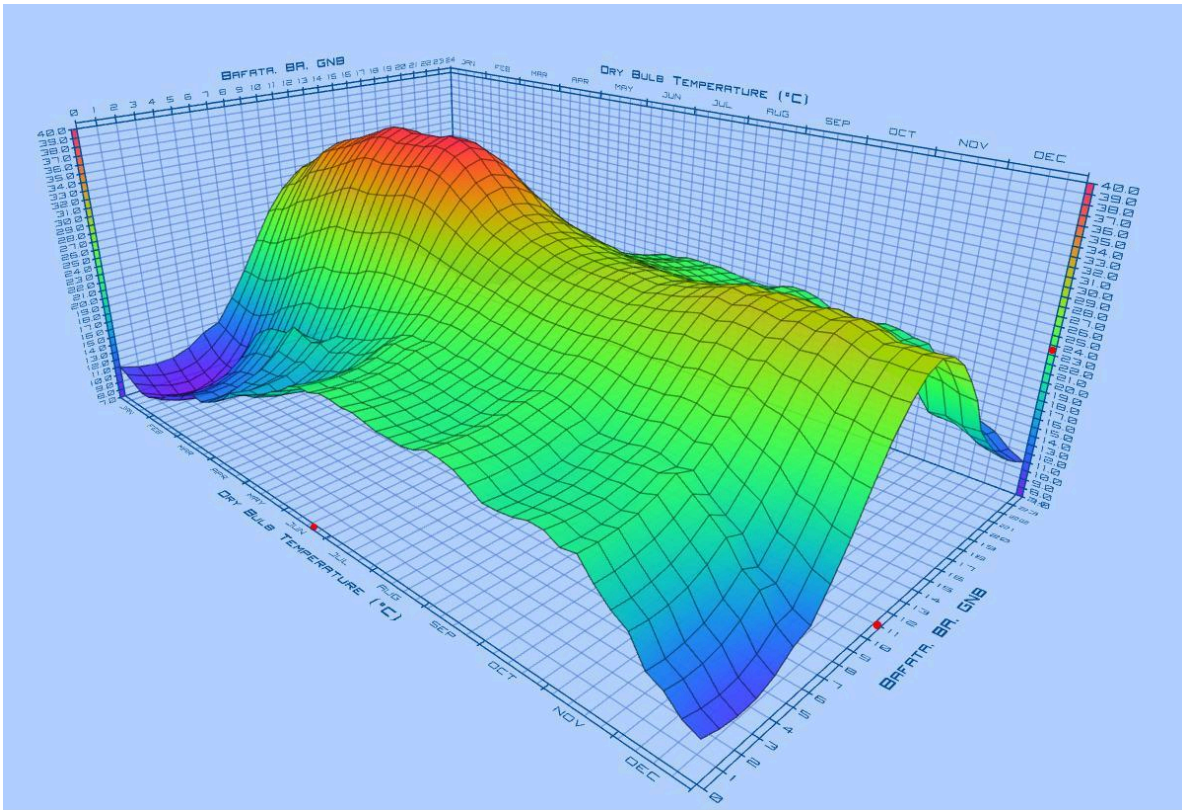


Figura 11: Temperatura média 2007-2021 (°C)- Bafatá.

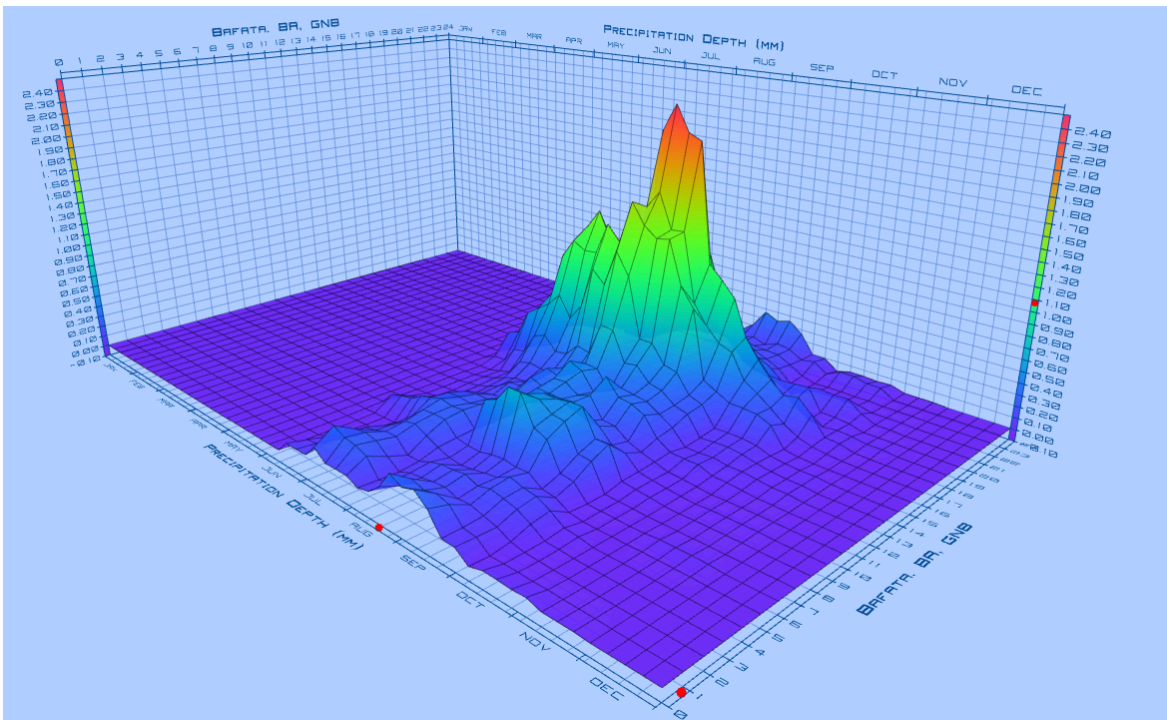


Figura 12: Precipitação (mm) 2007-2021- Bafatá.

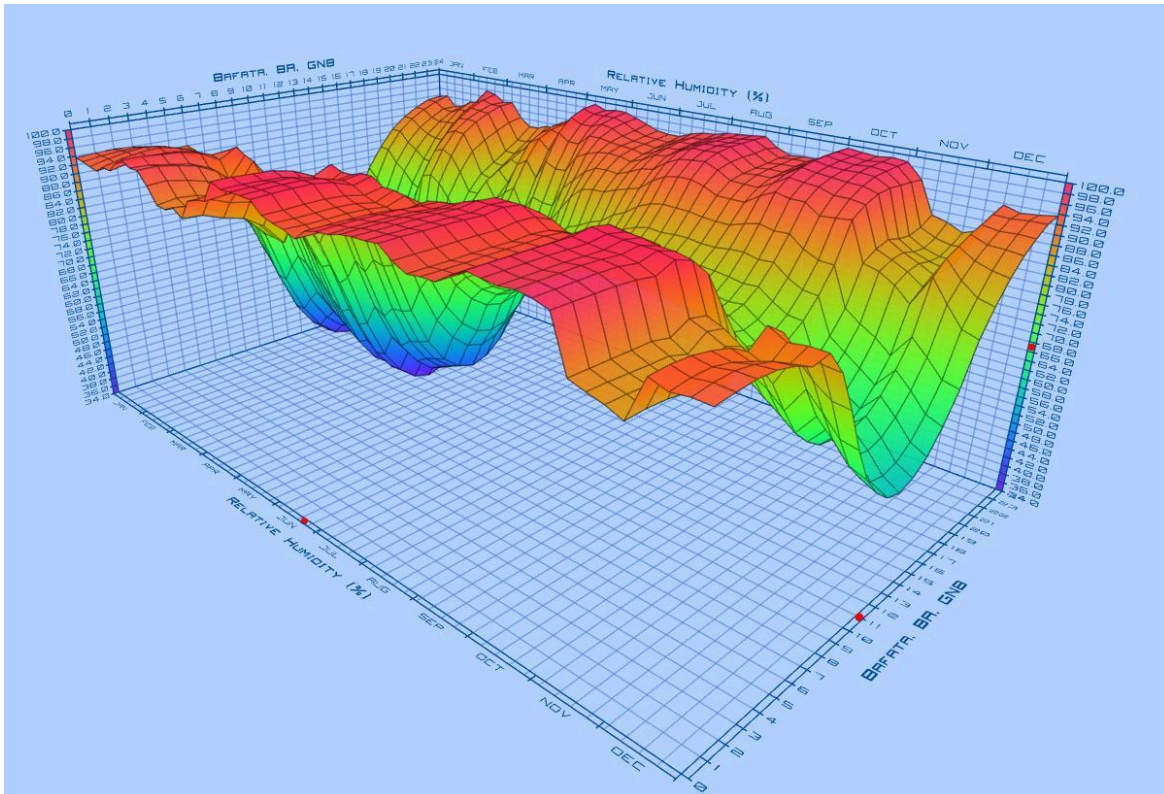


Figura 13: Humidade Relativa (%) 2007-2021- Bafatá.

Bolama é o local onde a temperatura média é mais reduzida, atingindo os 34 °C em dezembro. Entre novembro e maio a temperatura média não apresenta variações significativas. Agosto é o mês com temperatura mais reduzida (cerca de 27 °C). A variação horária acompanha a tendência das outras estações (figura 14).

Entre maio e novembro os valores de humidade relativa rondam cerca de 90%, variando pouco ao longo do dia. Dezembro e janeiro são os meses com valores de humidade relativa mais reduzida. O ritmo da precipitação é semelhante ao de Bissau e de Bafatá, mas com o máximo a ocorrer em junho (figuras 15 e 16).

Comparativamente a cidades como Bolama e Bafatá, Bissau apresenta valores mais semelhantes aos de Bolama, o que pode ser justificado pelo facto de ambas se encontrarem na área costeira.

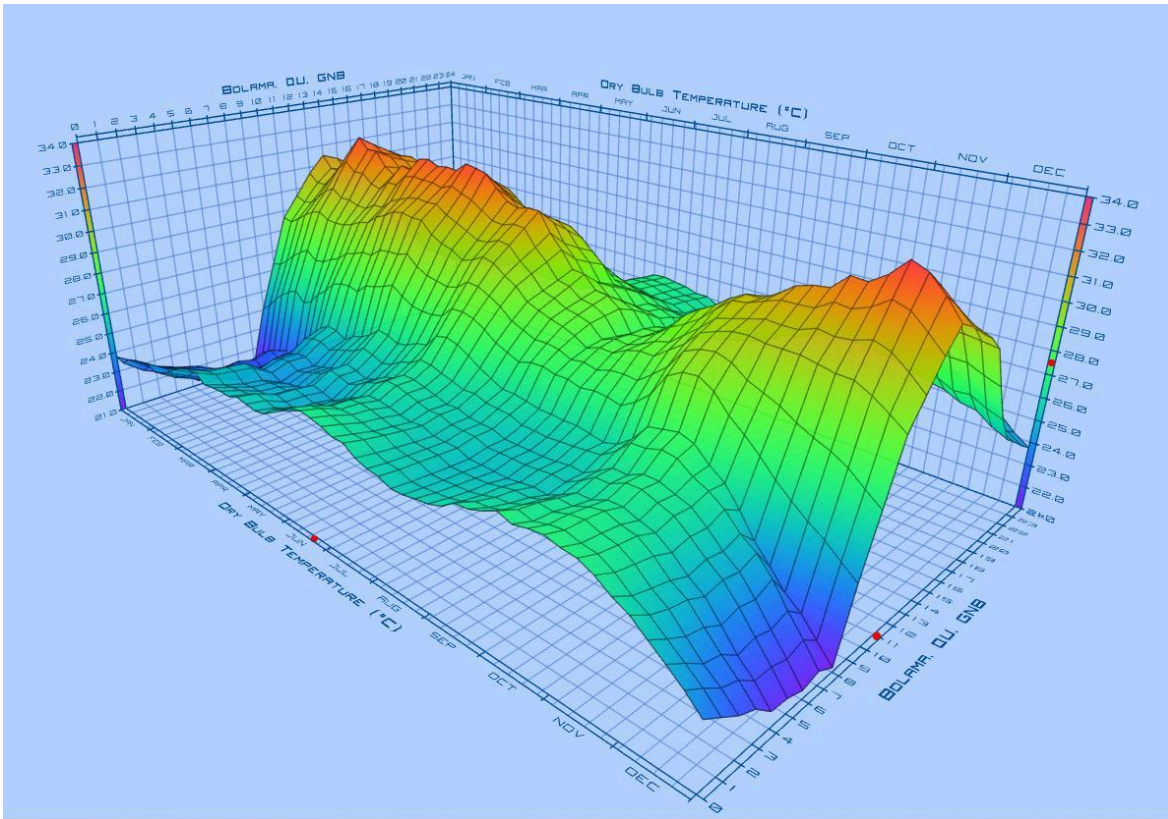


Figura 14: Temperatura média (°C) 2007-2021- Bolama.

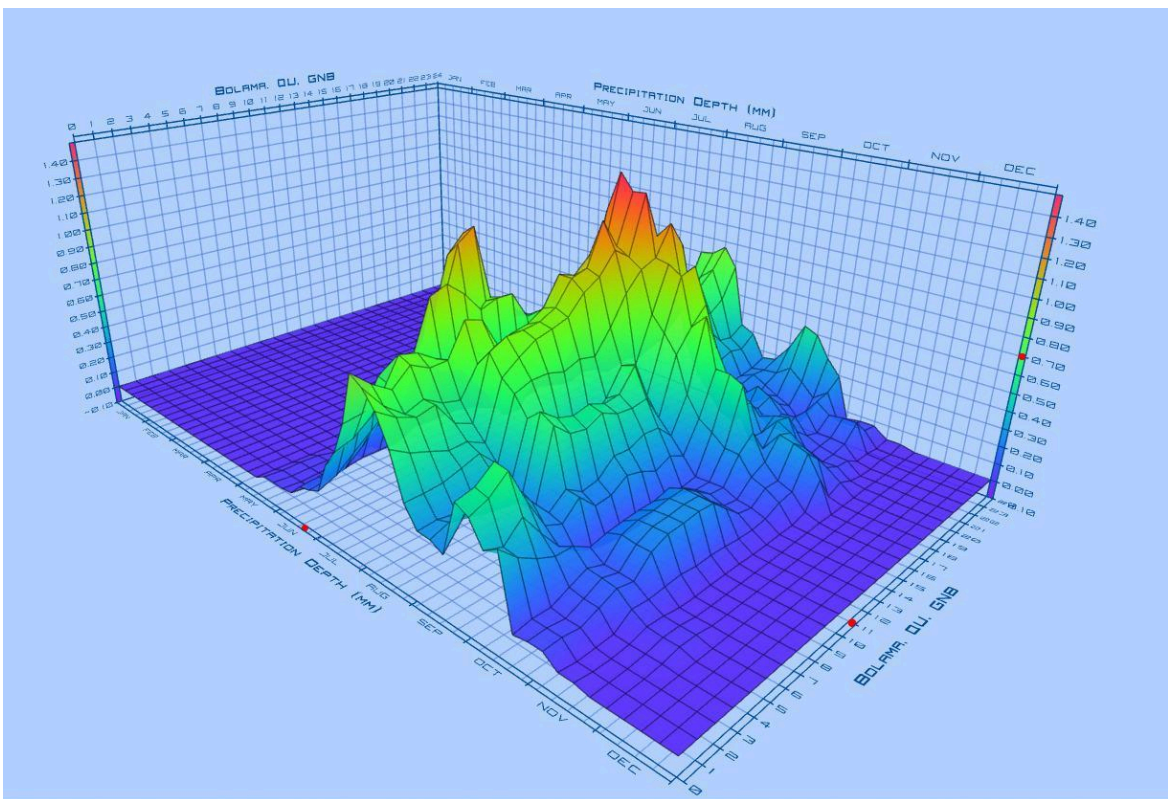


Figura 15: Precipitação (mm) 2007-2021- Bolama.

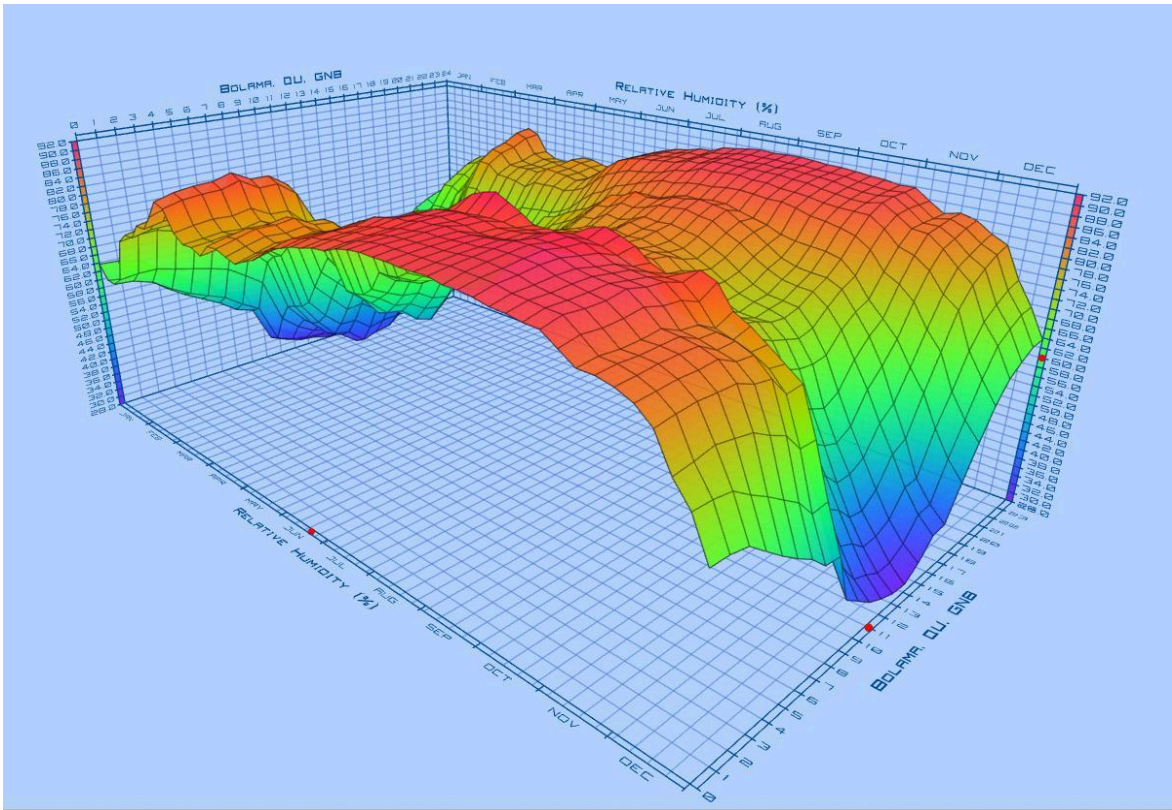


Figura 16: Humidade Relativa (%) 2007-2021- Bolama.

## **4. Dados e metodologia**

### **4.1. Dados**

No presente trabalho, foram utilizados diversos períodos de acordo com a disponibilidade de dados para cada dataset.

Para fazer uma caracterização geral do Clima da Guiné-Bissau, foram utilizados dados diários para o período entre 1981 e 2020 da rede meteorológica nacional, cedidos pelo Instituto de Meteorologia da Guiné-Bissau e dados do dataset OneBuilding para o período entre 2007 e 2021. Estes dados foram utilizados na produção de gráficos que ajudaram a enquadrar o clima da Guiné-Bissau através de estações como Bolama, Bissau e Bafatá.

No entanto, os principais datasets utilizados neste estudo são os apresentados em seguida, o ERA5-HEAT, integrando dados horários para o período de 2011 a 2020 e os dados da rede DeSIRA Malmon para o ano de 2022. Estes dois conjuntos de dados foram explorados no âmbito da avaliação do conforto térmico, através de diferentes índices biometeorológicos.

#### 4.1.1. ERA5-HEAT (Di Napoli et al., 2021)

Para caracterizar as condições biometeorológicas médias no contexto regional foi utilizado o dataset ERA5-HEAT (Di Napoli et al., 2021), extraído-se os dados horários para um período de 10 anos (2011-2020). O ERA5-HEAT (Human thErmAl ComforT) é o primeiro conjunto de dados históricos horários de MRT (temperatura radiativa média) e UTCI em grelha, disponíveis à escala global com resolução espacial de  $0,25^\circ \times 0,25^\circ$  desde o ano 1979 até ao presente. Estes dados são derivados através do uso de variáveis climáticas das reanálises ERA5. Uma das variáveis principais do ERA5-HEAT é o UTCI, que descreve como o corpo humano experiencia as condições atmosféricas, a temperatura do ar, a humidade a radiação e o vento.

Para processar os dados do ERA5-HEAT, disponíveis no formato netCDF, utilizou-se o *software* Climate Data Operators (CDO), um pacote de operadores de linhas de comando para manipular e analisar dados climáticos. Procedeu-se à utilização de comandos para agregar os dados dos 365 ficheiros num só (operador “mergetime”), cortou-se pelo domínio geográfico (“sellonlatbox”) e foi feita a média mensal para todos (“ymonmean”). Este processo foi repetido para os 10 anos de dados recolhidos, que foram novamente agregados num só ficheiro e posteriormente selecionados por hora, para as 6h e para as 15h (“selhour”). O ficheiro final foi introduzido no Panoply para a produção dos mapas de UTCI. O Panoply é um *software* desenvolvido pela NASA, que permite analisar os ficheiros de forma mais rápida e produzir mapas e gráficos através de ficheiros em formato NetCDF.

Foram utilizados ainda os dados da rede meteorológica do projeto DeSIRA Malmon para calcular os índices que determinam o conforto térmico para três cidades da Guiné-Bissau - Bissorã, Cacheu e Cafine, distribuídas de norte a sul do país, respetivamente. Foram explorados os dados das observações meteorológicas do ano de 2022, disponibilizadas pelo projeto DeSIRA Malmon. Para o cálculo do Heat Index, utilizou-se a temperatura em graus Fahrenheit e a humidade relativa em percentagem, trabalhando-se os dados no Excel, e utilizando a equação 1. Para proceder ao cálculo do UTCI e do WBGT foi utilizado o BioKlima, um *software* criado pelo Prof. Krzysztof Błażejczyk, que reúne diferentes métodos de estudos bioclimáticos e que efetua o cálculo de cerca de 60 índices automaticamente. O BioKlima pode ser utilizado para diversos fins, como por exemplo, para a avaliação geral das condições bioclimáticas (utilizando valores médios de elementos meteorológicos), para uma análise mais detalhada (com base em dados), para avaliar o equilíbrio térmico humano ou até para a análise do balanço de calor humano em diferentes condições ambientais.

#### 4.1.2. Dados da rede DeSIRA Malmon

Para uma análise mais detalhada dos índices de conforto térmico no ano 2022 escolheram-se três estações meteorológicas da rede DeSIRA Malmon em zonas diferentes da Guiné-Bissau. As estações meteorológicas compreendem dois aparelhos, um Datalogger ZL6 para ler e registar os dados dos sensores e uma estação meteorológica modular fixa, a METER ATMOS 41, indicada para medir 12 variáveis meteorológicas (por exemplo, humidade relativa, temperatura, pressão atmosférica, velocidade e direção do vento) (metergroup.com).

É uma estação de fácil instalação, bastando fixá-la na parte superior de um poste de ferro galvanizado com 2 metros de altura e cerca de 40/50 milímetros de diâmetro, fixar o data logger e conectar os dois equipamentos, garantindo que ambos estejam bem ajustados.

As estações foram escolhidas devido à sua distribuição geográfica e são representativas das três áreas de estudo do projeto Malmon, e situadas nas regiões mais importantes em termos da produção de arroz de mangal. Assim, Bissorã representa a estação situada na região de Oio, Cafine retrata a área sul (Tombali) e Cacheu ilustra a área mais a norte, como podemos observar na figura 18.

A instalação da estação meteorológica de Bissorã, na região de Oio, foi instalada na sede de uma organização parceira do projeto MalmonDeSIRA, a ONG LVIA (Associação de solidariedade e cooperação internacional), em 11 de janeiro de 2022. Foi ainda construída uma vedação de modo a proteger a estação da aproximação de animais e de eventuais atos de vandalismo (figura 17).

No dia 12 de janeiro foi feita a instalação da estação de Cacheu no Parque do Instituto das Áreas Protegidas-IBAP, parceiro do projeto Malmon- DeSIRA, com a colaboração dos técnicos do parque.



Figura 17: Estação meteorológica e respetiva montagem em Bissorã. Fonte: Rede DeSIRA Malmon.

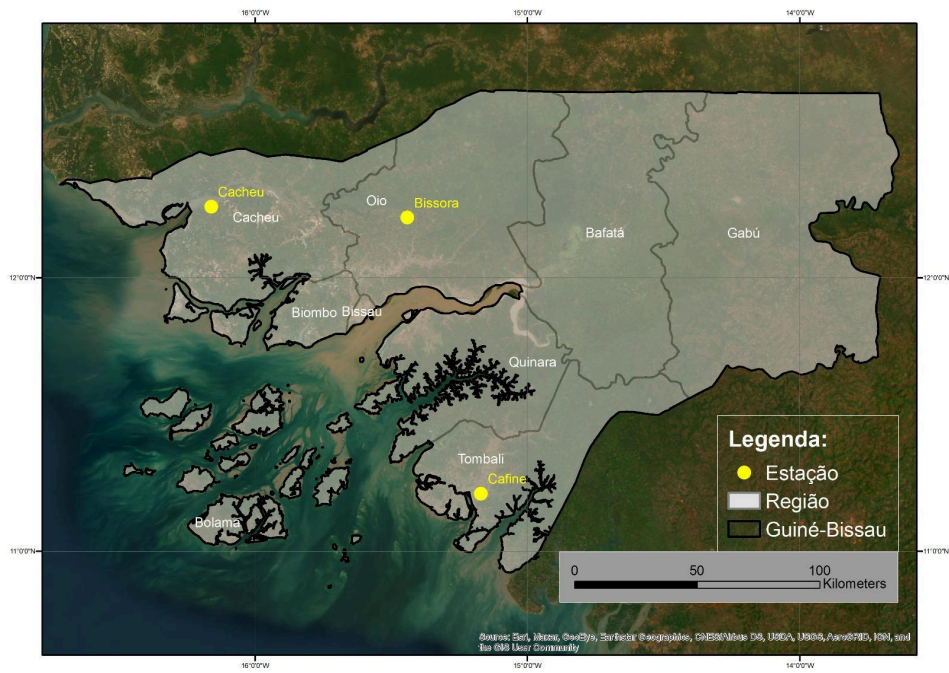


Figura 18: Estações em estudo.

## 4.2. Metodologia

Na síntese apresentada no quadro IV , podemos observar os principais métodos utilizados para obter e tratar os dados utilizados neste trabalho. Para a análise do stress térmico foi utilizado o cálculo do UTCI e do WBGT através dos dados climáticos da rede DeSIRA Malmon, e calculado através do software Bioklima.

A fim de caracterizar o clima das áreas de estudo, foram elaborados gráficos de precipitação, temperatura e humidade relativa através dos dados diários da rede meteorológica nacional da Guiné-Bissau para as cidades de Bissau, Bolama e Bafatá e para um período de 40 anos, além dos ficheiros EPW do dataset One Building. Em seguida, prosseguiu-se a uma caracterização do bioclima regional através do dataset ERA5-HEAT, para o período entre 2011 e 2020, onde foram elaborados mapas com os valores médios de UTCI na região que abrange o território da Guiné-Bissau, para as 6 horas e para as 15 horas (momentos aproximados de ocorrência, respetivamente, das temperaturas mais baixas e mais elevadas). Por fim, foram avaliadas as condições bioclimáticas nas três regiões de estudo- Cacheu, Bissorã e Cafine para 2022, utilizando os dados da rede DeSIRA-Malmon. Para tal, produziram-se gráficos com as médias mensais para os três índices em estudo (Heat index, UTCI e WBGT), a frequência mensal das classes de stress térmico para os três índices, a variação horária dos três índices para 4 meses de destaque e ainda o apuramento do número de horas em stress elevado.

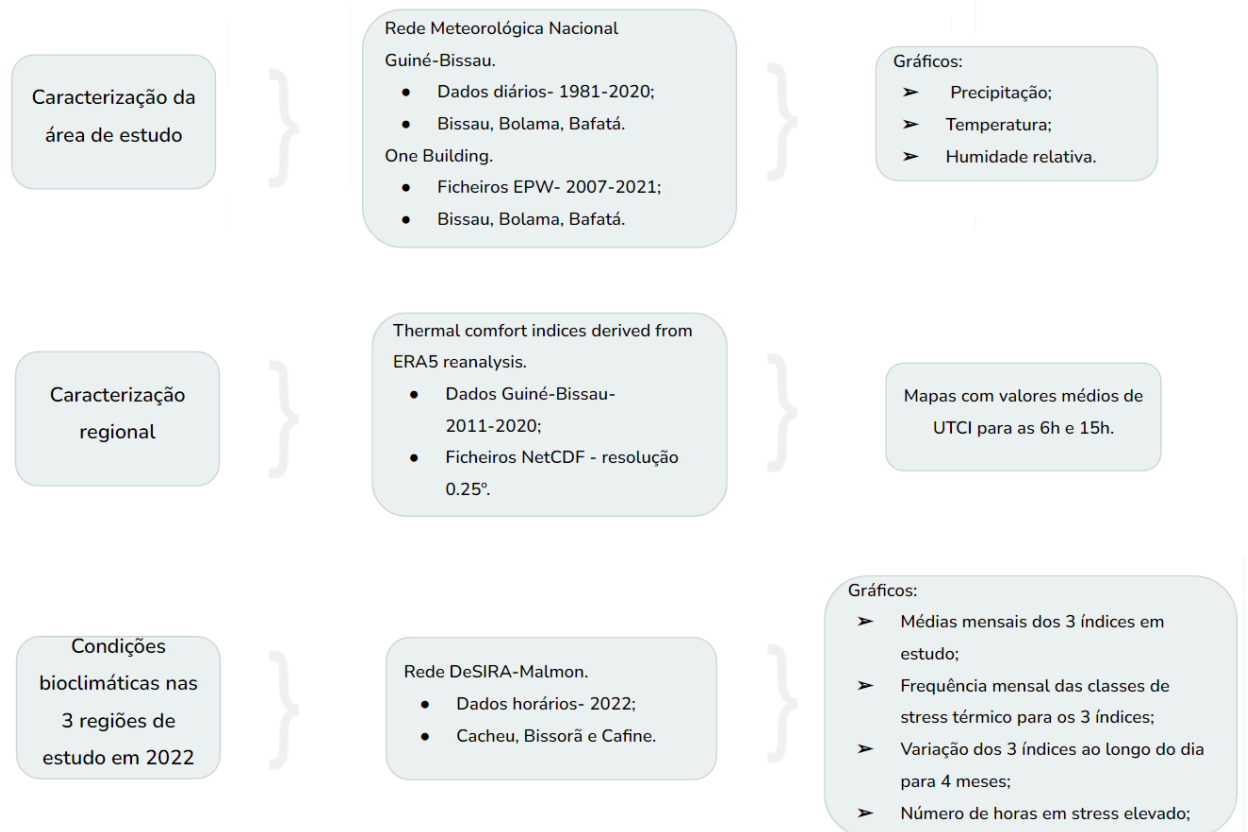


Figura 19: Esquema metodológico.

Quadro IV: Síntese esquematizada das etapas do trabalho.

Programa	Dados	Período	Procedimentos/ Operadores de processamento	Produtos de Análise	Observações
Excel	Dados diários. Rede Meteorológica Nacional Guiné-Bissau: Bissau, Bolama, Bafatá.	1981-2020		Tabelas, tabelas dinâmicas e gráficos.	Dados cedidos pelo Instituto de Meteorologia da Guiné-Bissau.
Andrew Marsh Weather Data	Ficheiros EPW- One Building.	2007-2021	t (°C) hr (%) p (mm)	Gráficos de humidade relativa, precipitação e temperatura.	Ficheiros EPW horários.
CDO (Climate Data Operators)	Thermal comfort indices derived from ERA5 reanalysis.	2011-2020	1. Download dos dados; 2. Mergetime- Statistic values- ymonstat; 3. Selbox-Sellonlatb ox (-18,-12,10,13.5); 4. Ymonmean; 5. Repetir passos 1-4 para todos os anos; 6. Mergetime; 7. Selhour- 6h e 15h;	Mapas de UTCI Guiné-Bissau- 6h e 15h processados no Panoply- NASA GISS.	Ficheiros em formato NetCDF. Resolução 0.25°. Foram ainda feitos os mesmos passos para as coordenadas de Cacheu, Cafine e Bissorã.
BioKlima	Dados da rede Malmon para Cafine, Cacheu e Bissorã.	2022	t (°C) f (%) v (m/s) kglob (w/m <sup>2</sup> ) hSI (°)	UTCI e WBGT.	Dados da rede DeSIRA Malmon.
Excel	Dados da rede Malmon para Cafine, Cacheu e Bissorã.	2022	t (°F) f (%)	Heat Index.	Dados da rede DeSIRA Malmon.

## 5. Análise de Resultados

### 5.1. Caracterização bioclimática regional entre 2011 e 2020: Utilização do dataset ERA5-HEAT

Ao analisarmos as médias mensais dos valores do UTCI para o período das 6 horas entre 2011 e 2020 presentes nas figuras 20-25, verificam-se que os valores variam entre os 13 °C e os 27 °C, o que significa que a população não está sob o efeito de stress térmico. Para janeiro, os valores de UTCI são mais reduzidos no norte e no interior da Guiné-Bissau, sendo que a região central apresenta 15 °C e a este entre os 13 °C e os 14 °C. O aumento da humidade derivado da proximidade ao oceano faz com que no litoral e nas ilhas o UTCI seja mais elevado apresentando valores médios entre os 17 °C e os 19 °C (figura 20). Em fevereiro e março, o UTCI é mais reduzido no norte e no interior, com valores de UTCI no norte, centro e este entre os 14 °C e os 16 °C e no litoral e ilhas entre os 18 °C e os 21 °C.

A partir de abril verifica-se uma mudança e o interior da Guiné-Bissau apresenta os valores mais elevados. A norte os valores variam entre os 19 °C e os 21 °C e 22 °C no centro. O litoral e ilhas apresentam valores mais reduzidos, variando entre os 19 °C e os 21 °C (figura 21). Em maio (figura 22) os valores do UTCI aumentam, variando entre os 20 °C e os 23 °C.

Em junho e julho no norte, litoral e nas ilhas os valores de UTCI são de 24 °C/25 °C e no centro e litoral sul de 26 °C (figura 23). Em agosto e setembro os valores variam entre 24 °C e 26 °C. Para outubro, os valores sobem no interior para valores entre os 24 °C e os 26 °C e para 27 °C nas ilhas (figura 24). Em novembro começa a reduzir os valores de UTCI, com cerca de 25 °C/ 26 °C no litoral e ilhas e de 21 °C a 24 °C no litoral. Por fim, em dezembro os valores descem novamente, com 18 °C a 21 °C no litoral e ilhas e entre 13 °C e 15 °C no interior (figura 25).

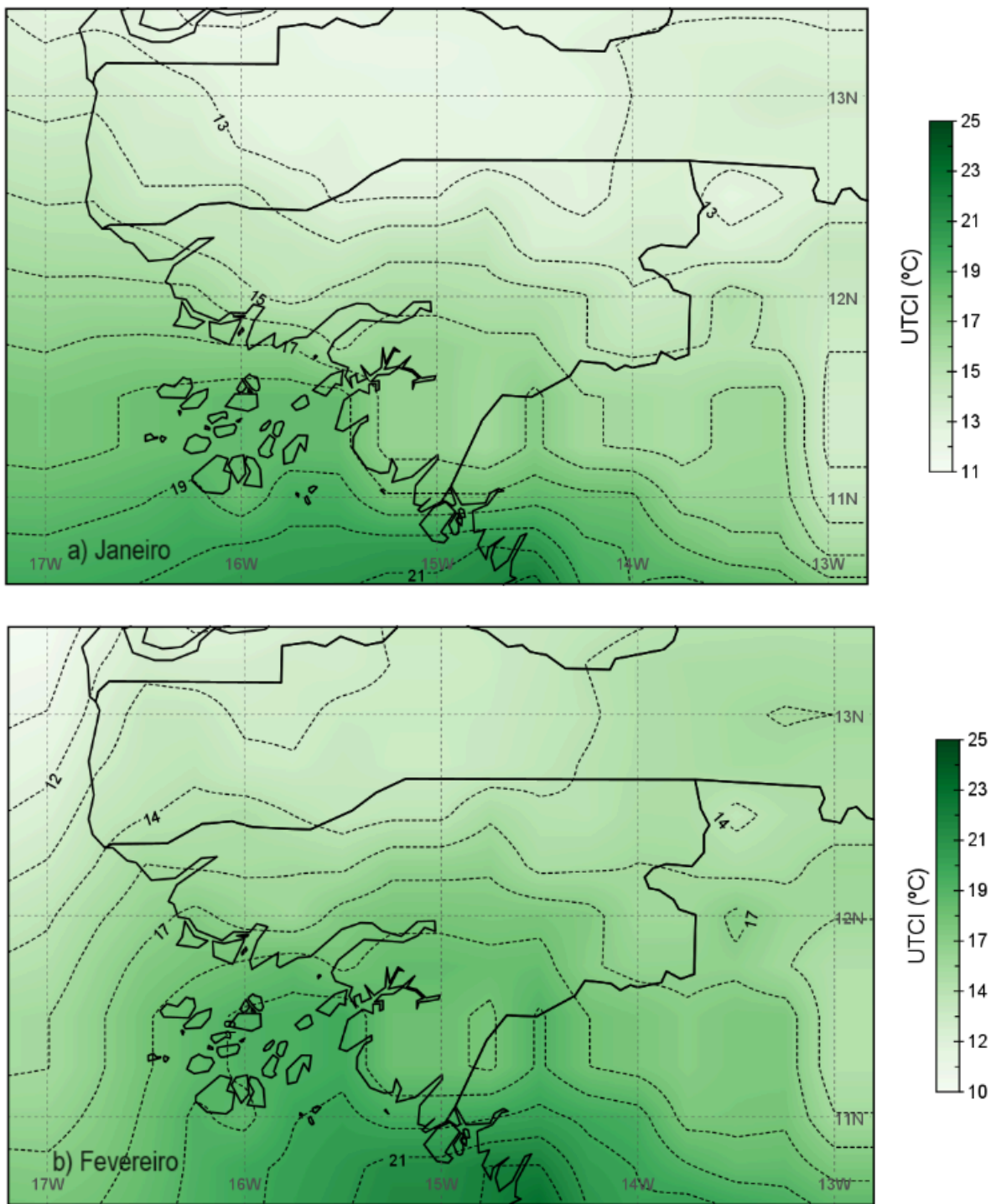


Figura 20: Médias dos valores do UTCI para as 6h entre 2011 e 2020 em a) janeiro e b) fevereiro.

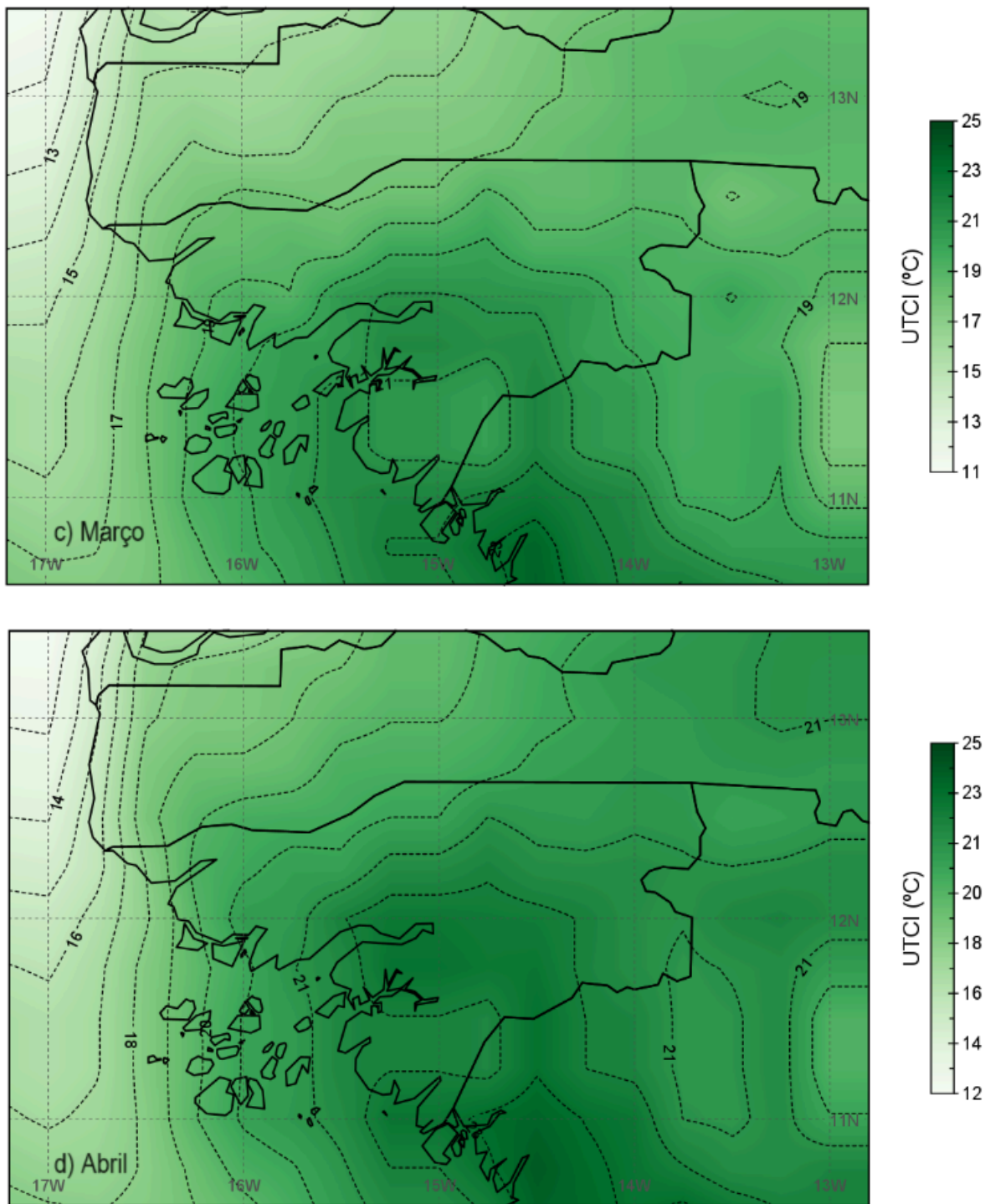


Figura 21: Médias dos valores do UTCI para as 6h entre 2011 e 2020 em c) março e d) abril.

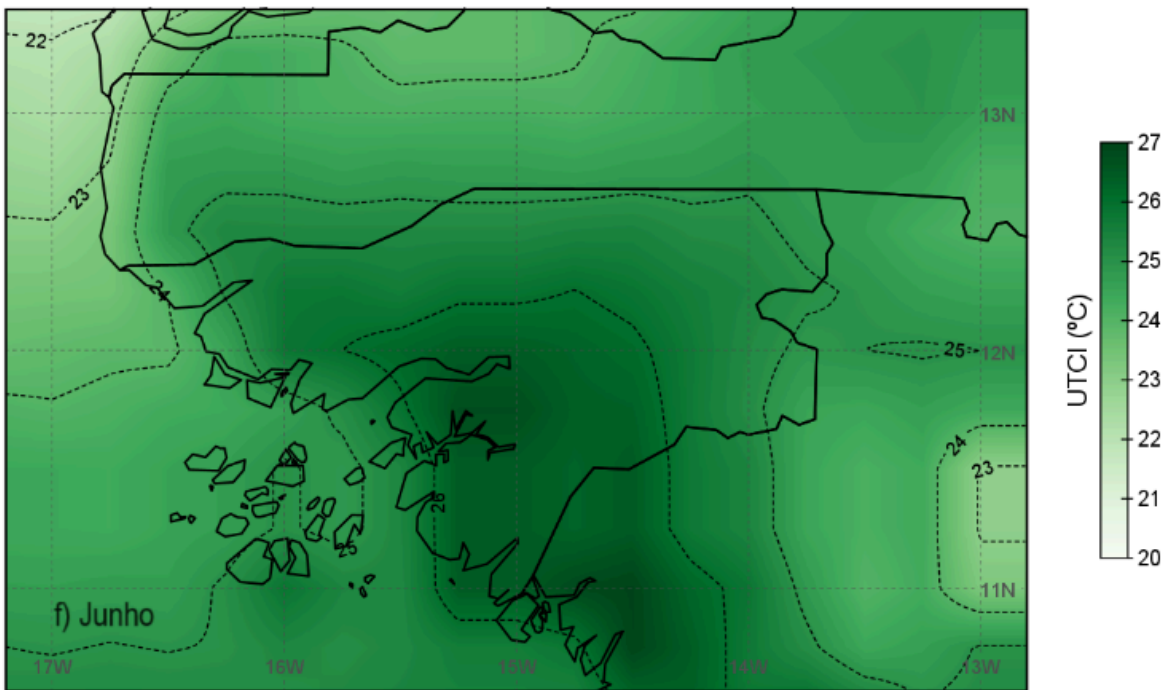
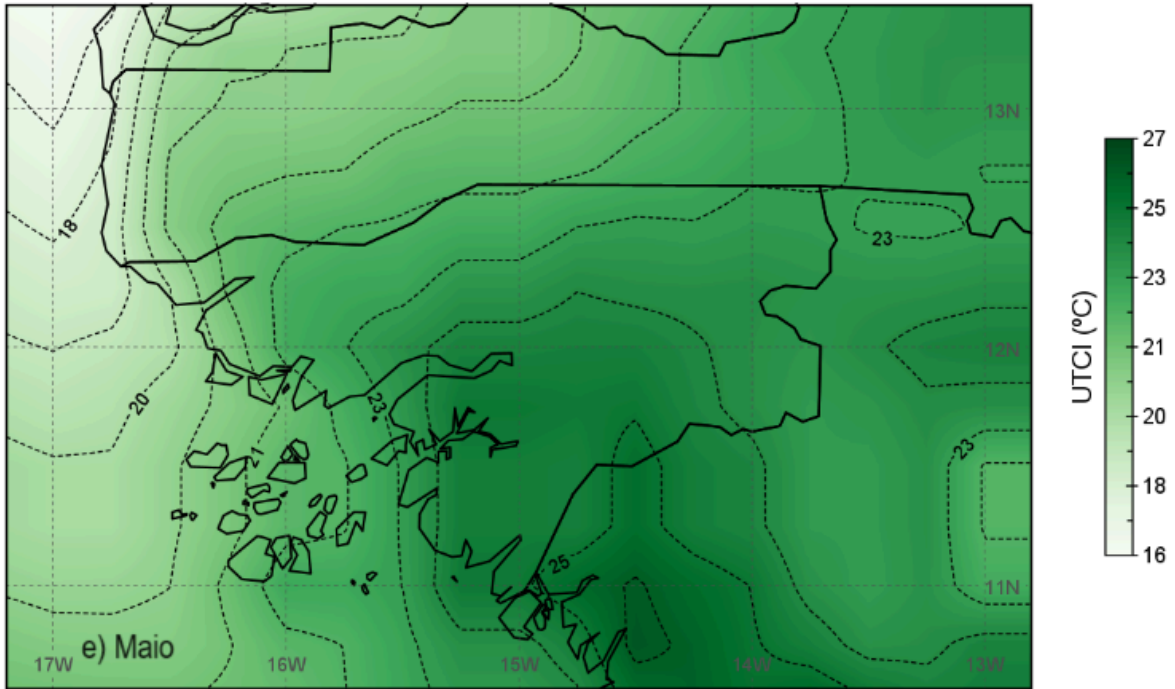


Figura 22: Médias dos valores do UTCI para as 6h entre 2011 e 2020 em e) maio e f) junho.

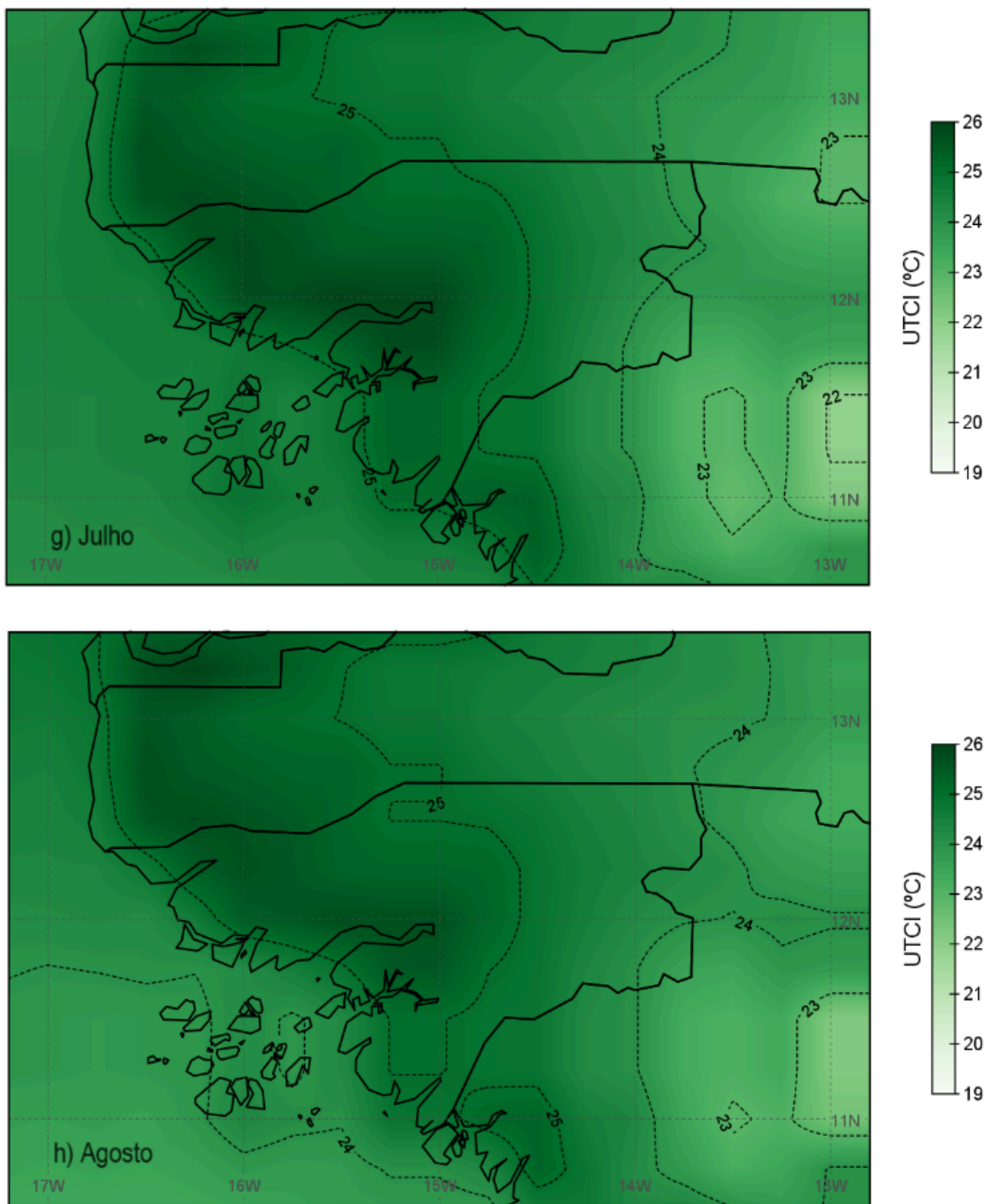


Figura 23: Médias dos valores do UTCI para as 6h entre 2011 e 2020 em g) julho e h) agosto.

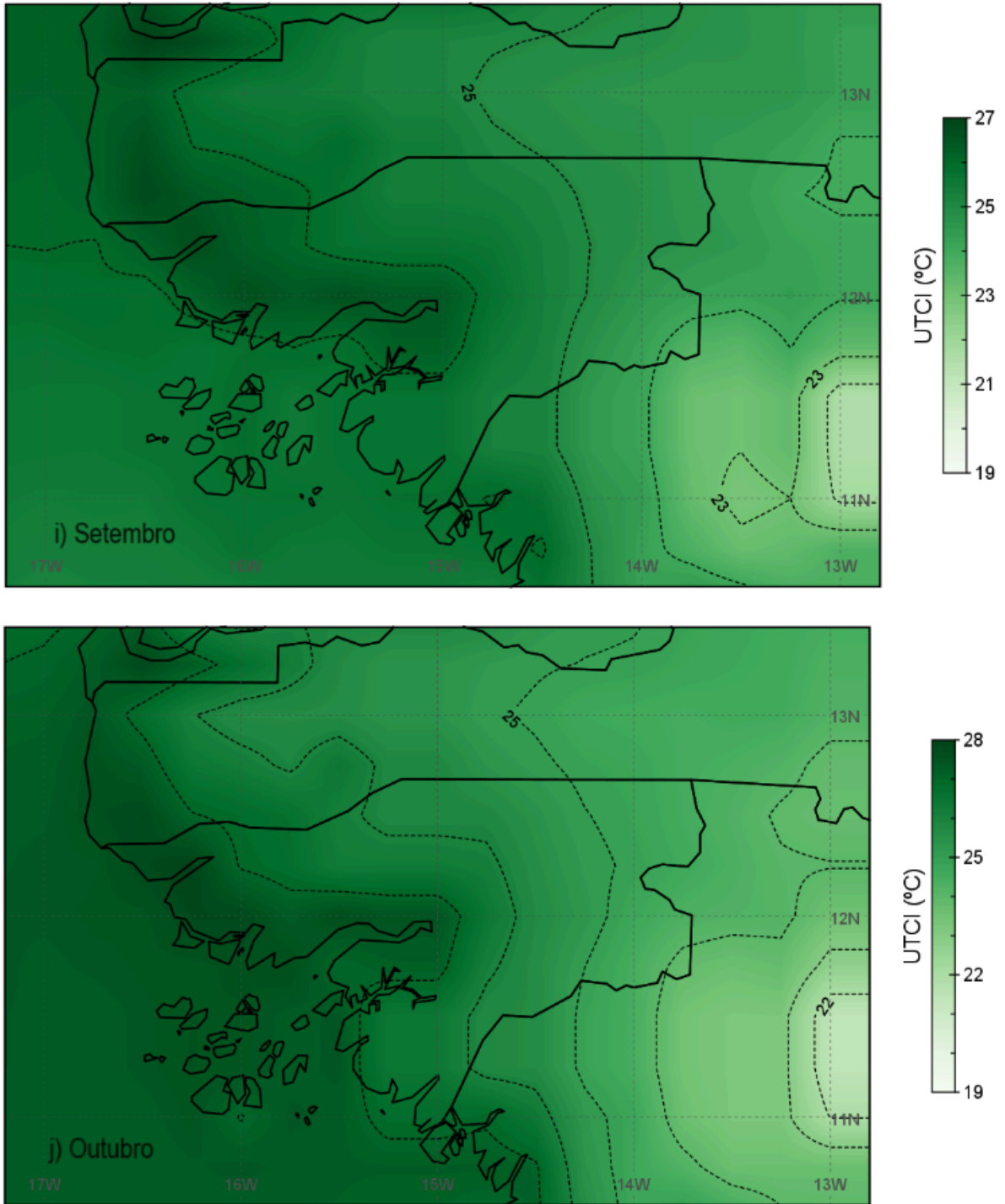


Figura 24: Médias dos valores do UTCI para as 6h entre 2011 e 2020 em i) setembro e j) outubro.

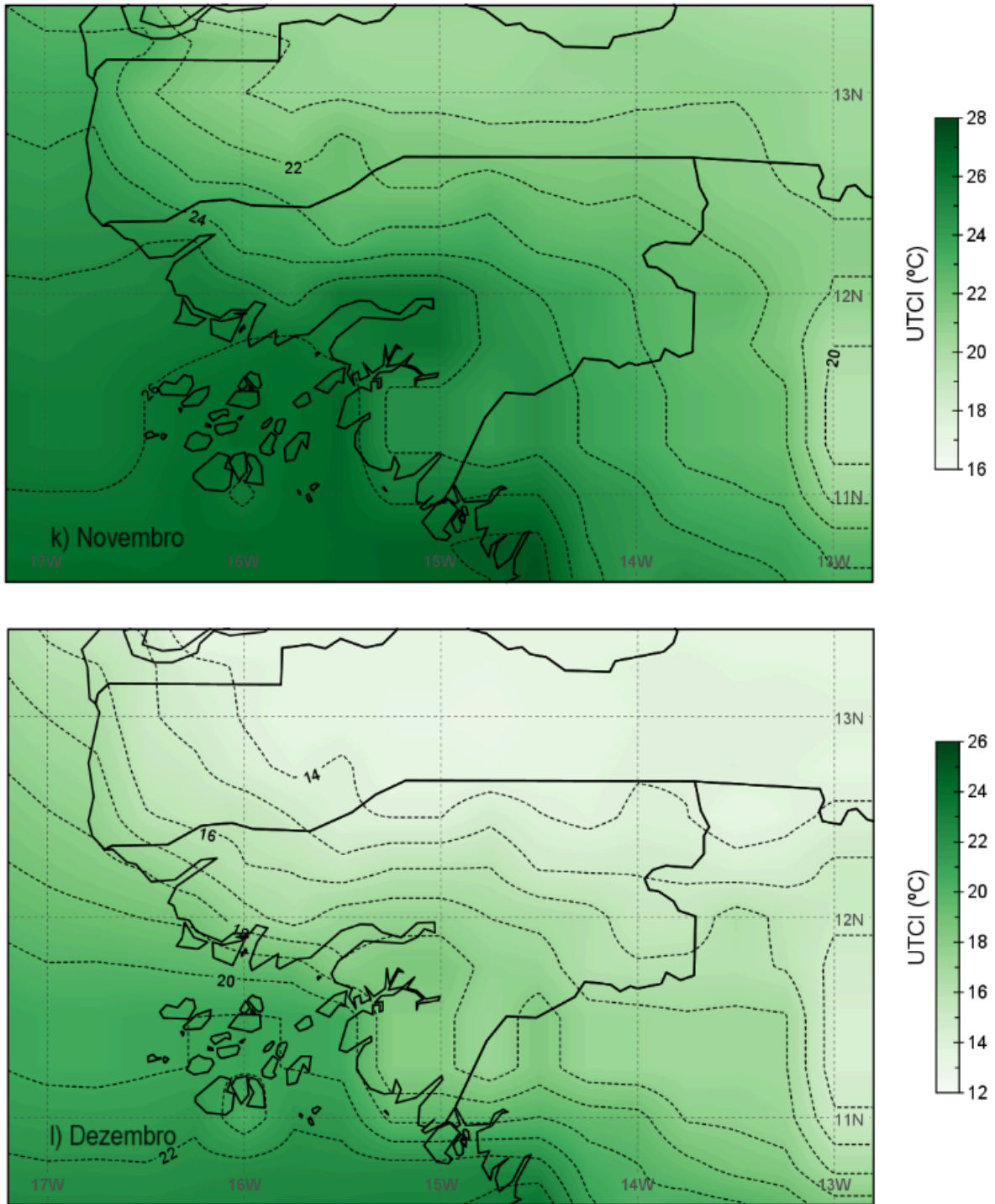


Figura 25: Médias dos valores do UTCI para as 6h entre 2011 e 2020 em k) novembro e l) dezembro.

Em relação aos valores médios mensais do UTCI para o período das 15 horas, apresentados nas figuras 26-31, em todos os meses analisados e em para toda a área de estudo, observam-se condições de stress térmico por calor. Para o mês de janeiro, o stress térmico por calor é 'moderado' no Arquipélago dos Bijagós (entre 27 °C e 30 °C) e 'elevado' no litoral e no interior (entre 35 °C e 37 °C). No mês de fevereiro os valores de stress térmico correspondem à classe de 'stress elevado', apresentando valores entre os 30 °C e os 37 °C e para a região centro com valores até 39 °C (figura 26).

Em março, o litoral e ilhas apresentam valores de UTCI mais nas categorias 'stress moderado', 'forte' e 'muito forte', com valores entre 26 °C e 36 °C nas ilhas e de 28 °C e 38 °C no litoral, no interior atinge os 41 °C (figura 27). Para abril e maio no litoral e ilhas o UTCI varia entre os 26 °C e os 37 °C e no interior entre 40 °C e 42 °C. A norte, o UTCI apresenta os valores mais elevados, estando entre os 42 °C e os 43 °C. Em junho (figura 28) o stress térmico é 'moderado' nas ilhas (29 °C - 32 °C), 'forte' no litoral (33 °C-35 °C) e 'muito forte' no interior e norte da Guiné-Bissau (37 °C - 41 °C).

Julho e agosto apresentam valores de UTCI sempre mais elevados a norte e no interior, assim como em todos os restantes meses. O stress é 'moderado' no litoral e ilhas com valores de UTCI entre os 29 °C e os 32 °C e entre 33 °C e 35 °C no interior e a norte do país (figura 29). Entre setembro e dezembro os valores de UTCI estão inseridos na categoria de 'stress térmico forte' (entre os 33 °C e os 38 °C), exceto a região norte da Guiné-Bissau que em novembro apresenta cerca de 39 °C, ou seja valores na categoria de 'stress térmico muito forte' (figuras 30 e 31).

Assim, o stress térmico é mais acentuado no interior e há mais frescura no litoral. De salientar que o sul do Arquipélago é uma zona onde o UTCI é sempre mais elevado.

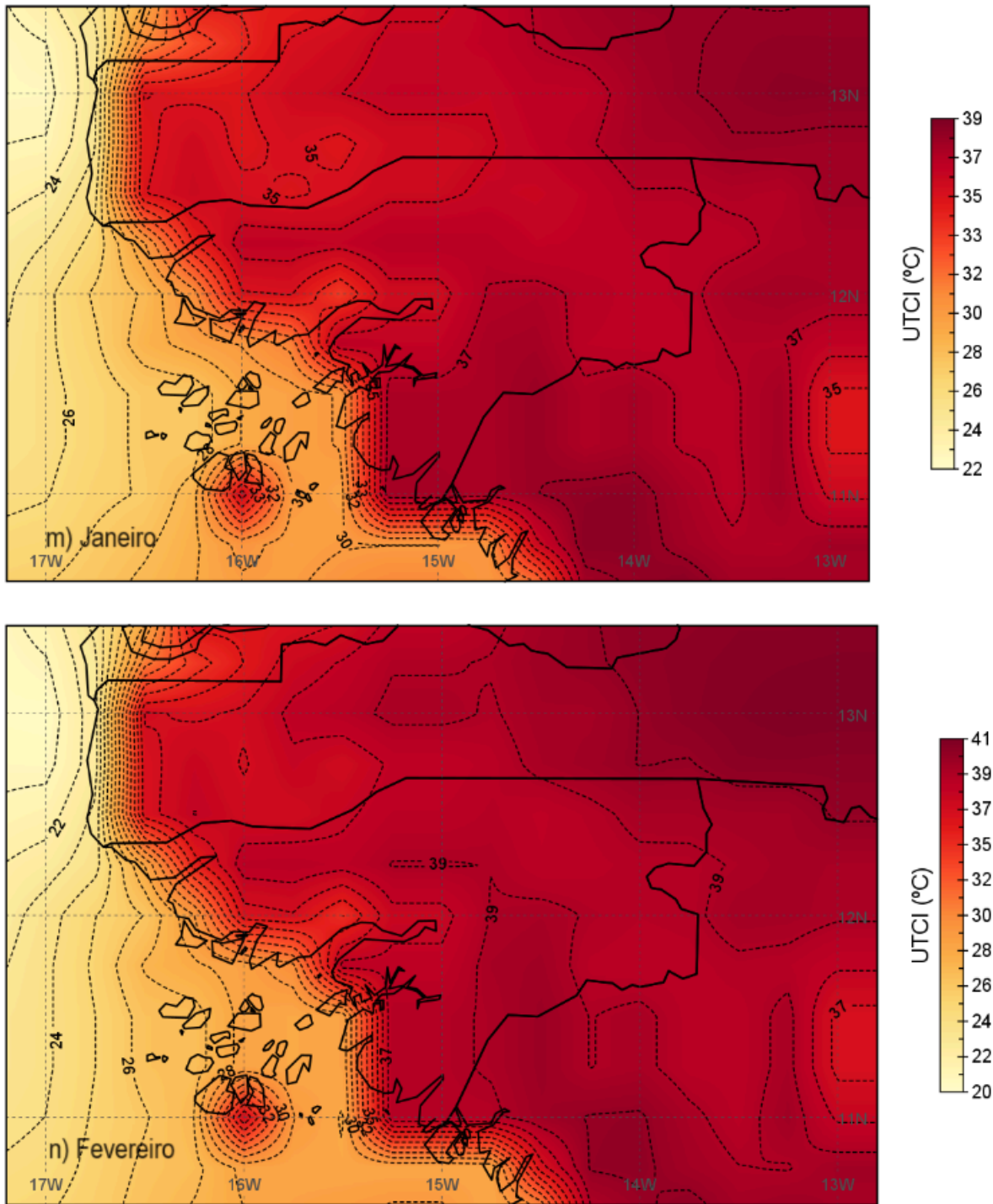


Figura 26: Médias dos valores do UTCI para as 15h entre 2011 e 2020 em m) janeiro e n) fevereiro.

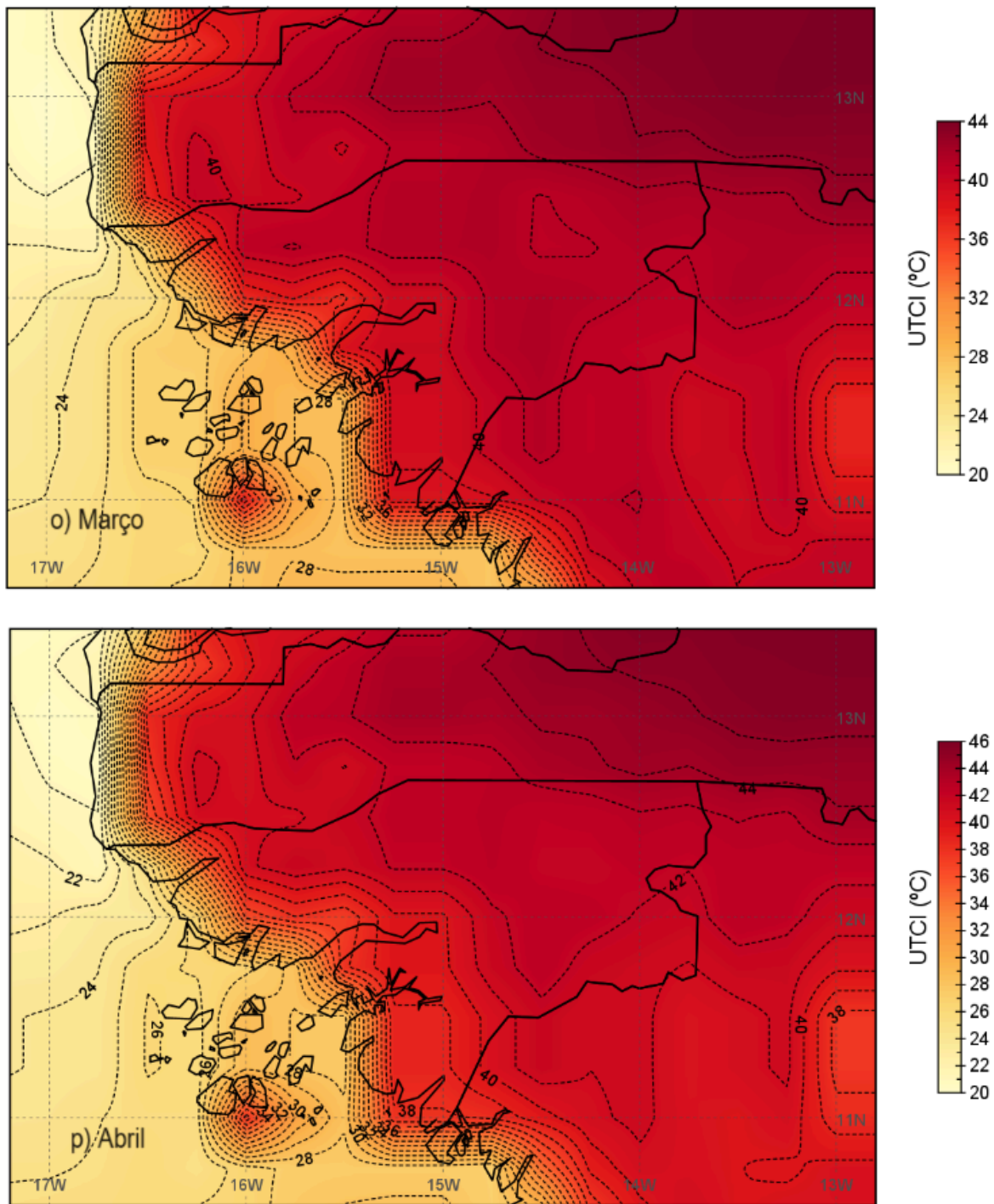


Figura 27: Médias dos valores do UTCI para as 15h entre 2011 e 2020 em o) março e p) abril.

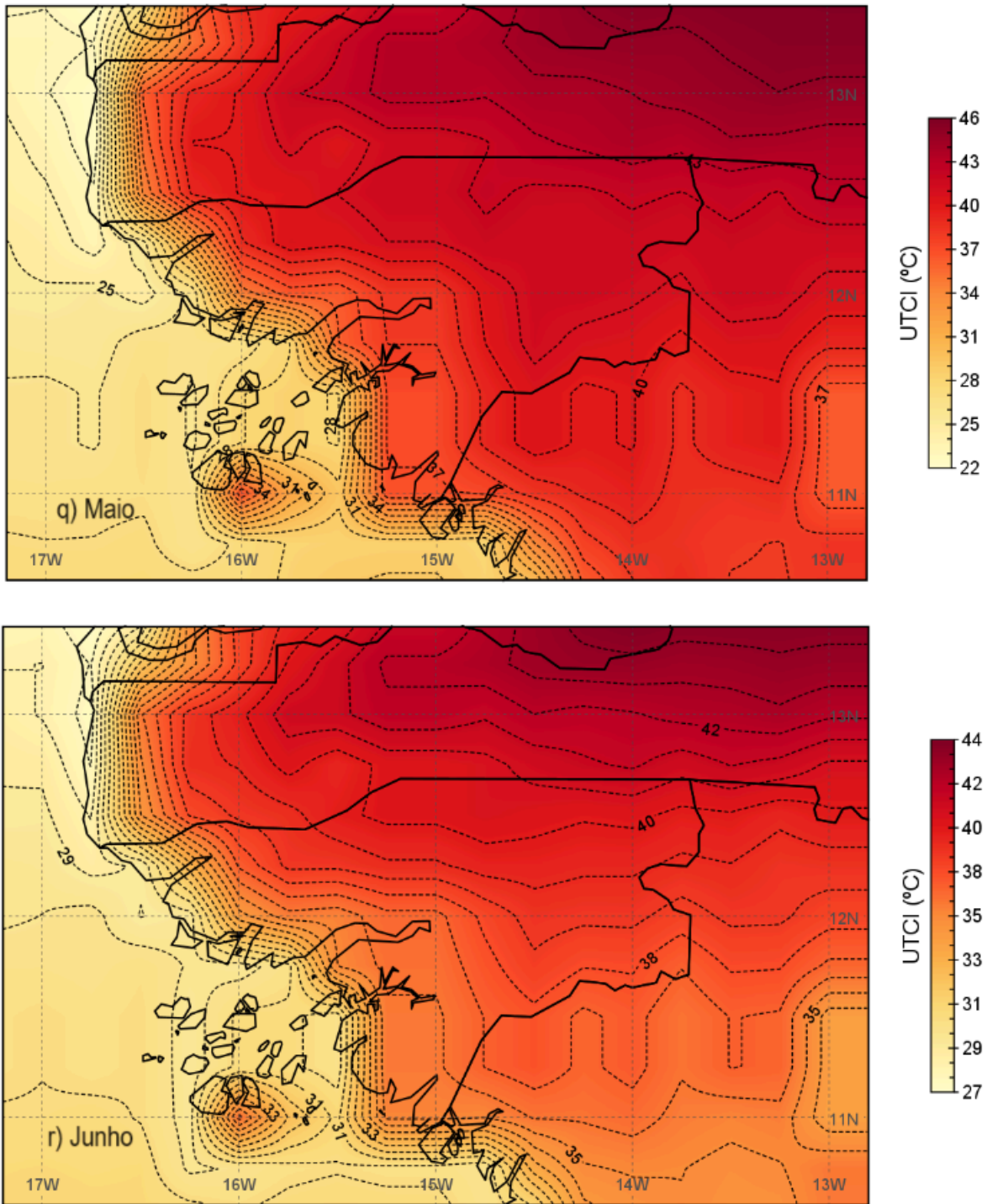


Figura 28: Médias dos valores do UTCI para as 15h entre 2011 e 2020 em q) maio e r) junho.

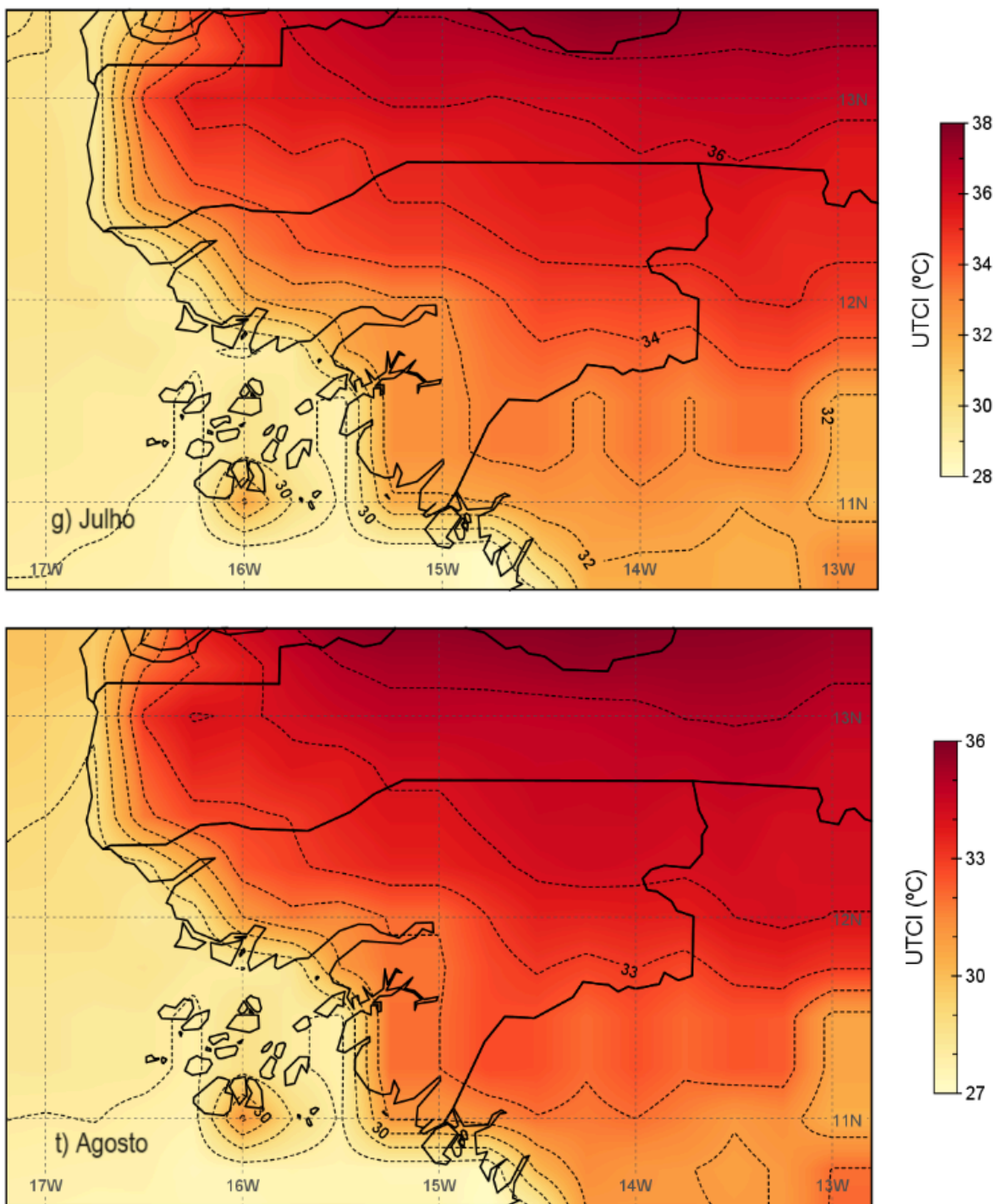


Figura 29: Médias dos valores do UTCI para as 15h entre 2011 e 2020 em s) julho e t) agosto.

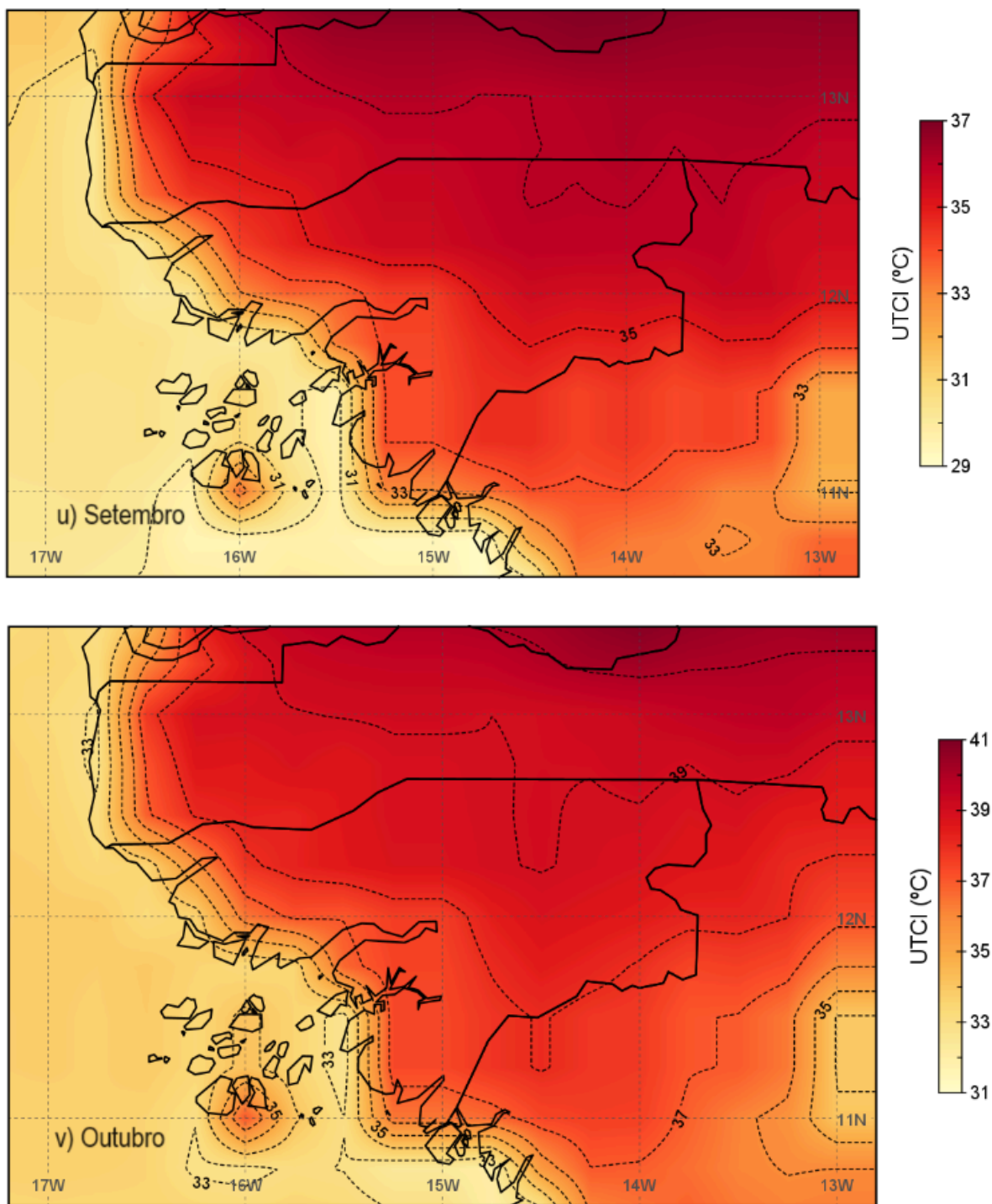


Figura 30: Médias dos valores do UTCI para as 15h entre 2011 e 2020 em u) setembro e v) outubro.

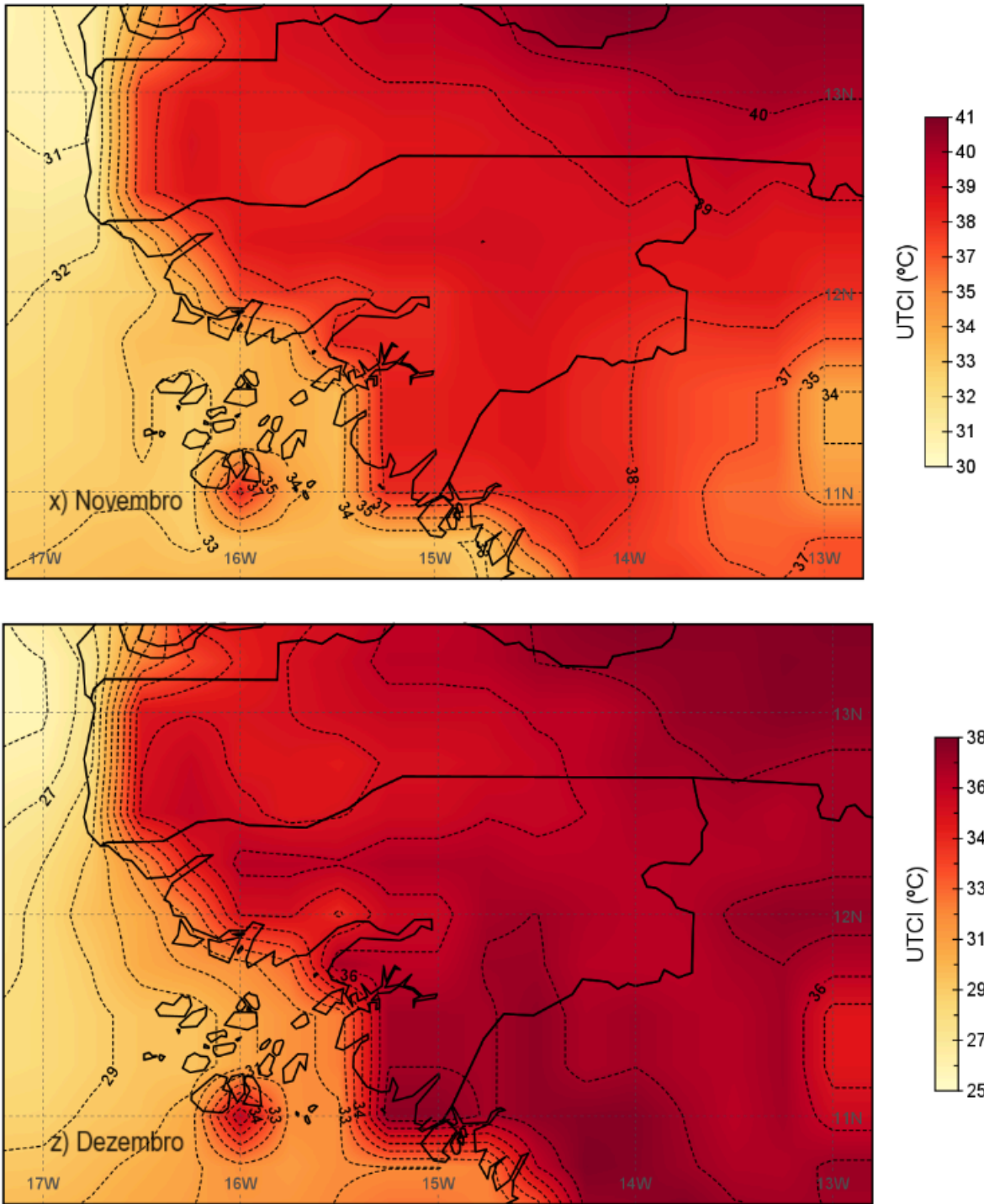


Figura 31: Médias dos valores do UTCI para as 15h entre 2011 e 2020 em x) novembro e z) dezembro.

## 5.2. Avaliação das condicionantes bioclimáticas para as atividades dos orizicultores nas três regiões em estudo, para o ano de 2022

### 5.2.1. Condições bioclimáticas médias ao longo do ano

Após observarmos os contrastes da Guiné-Bissau em relação ao UTCI, vamos passar a uma análise mais detalhada sobre as 3 áreas de estudo, utilizando valores médios mensais dos índices de desconforto para o ano de 2022 (figuras 32-34).

Em Cacheu e Bissorã, os valores médios mensais do WBGT para dezembro e janeiro são de 25 °C e diminuem cerca de 1 °C até fevereiro, voltando a subir gradualmente cerca de 2 graus entre março e junho. Entre estes meses as categorias presentes são a 'verde' e 'amarela', na qual a relação trabalho/ descanso é de 60 min/15 min e 40 min /20 min, respetivamente. Os meses de junho e outubro, apresentam valores entre os 30 °C e os 31 °C, respectivamente e são os valores de WBGT mais elevados, correspondendo à categoria 'vermelha'- 30 min/30 min descanso e o exercício é proibido quando o trabalho é intensivo. Para Cafine, o WBGT aumenta cerca de um grau por mês entre janeiro e maio, variando entre os 27,5 °C e os 31,5 °C correspondentes às classes 'amarela' e 'vermelha', onde o exercício moderado deve ser reduzido com 30 minutos de pausa ou proibido.

Em relação ao UTCI, entre dezembro e março, Cacheu encontra-se na classe onde não há stress térmico, apresentando valores médios até aos 26 °C. Entre abril e novembro a classe presente é a de 'stress térmico moderado', com valores entre 27 °C e 29 °C. Os meses de junho e outubro são os que apresentam valores médios de UTCI mais elevados, com cerca de 29 °C. Em Bissorã a tendência é semelhante a Cacheu, à exceção do mês de junho, onde o valor médio de UTCI mais elevado, de cerca de 31 °C. No caso de Cafine, os valores médios de UTCI para todos os meses do ano estão dentro da classe de 'stress térmico moderado', apresentando valores entre os 26 °C entre dezembro e fevereiro e os 29,5 °C em maio e outubro.

Em relação ao HI, entre novembro e fevereiro não há stress térmico em Cacheu e em Bissorã e de março a outubro encontra-se na classe de 'cautela', onde a exposição prolongada e atividade física pode levar à fadiga. Em Cacheu, os meses com HI médio mais elevados são junho e outubro com 30 °C e 29,5 °C, respetivamente e em Bissorã maio é o mês de HI mais elevado com 31 °C. Por fim, para Cafine em dezembro e janeiro não há stress térmico, e entre fevereiro e novembro a classe de 'cautela' é a predominante. Maio é o mês com HI médio mais elevado, com cerca de 32 °C.

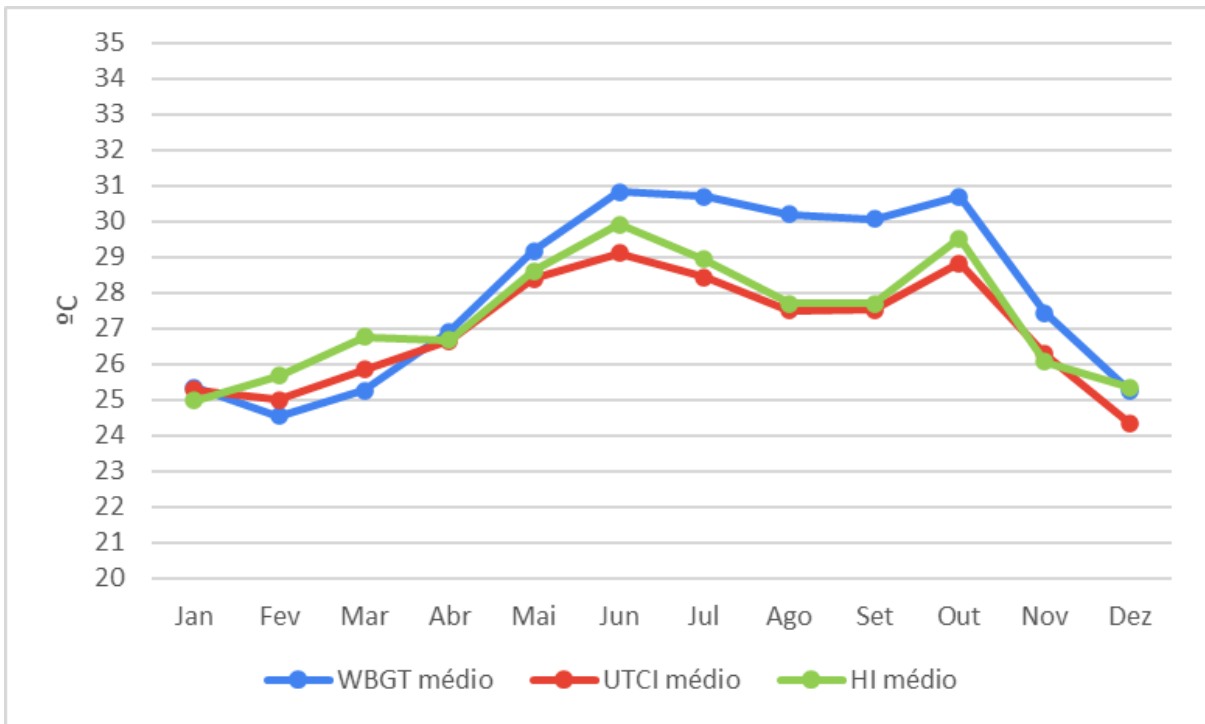


Figura 32: Média mensal dos índices para Cacheu.

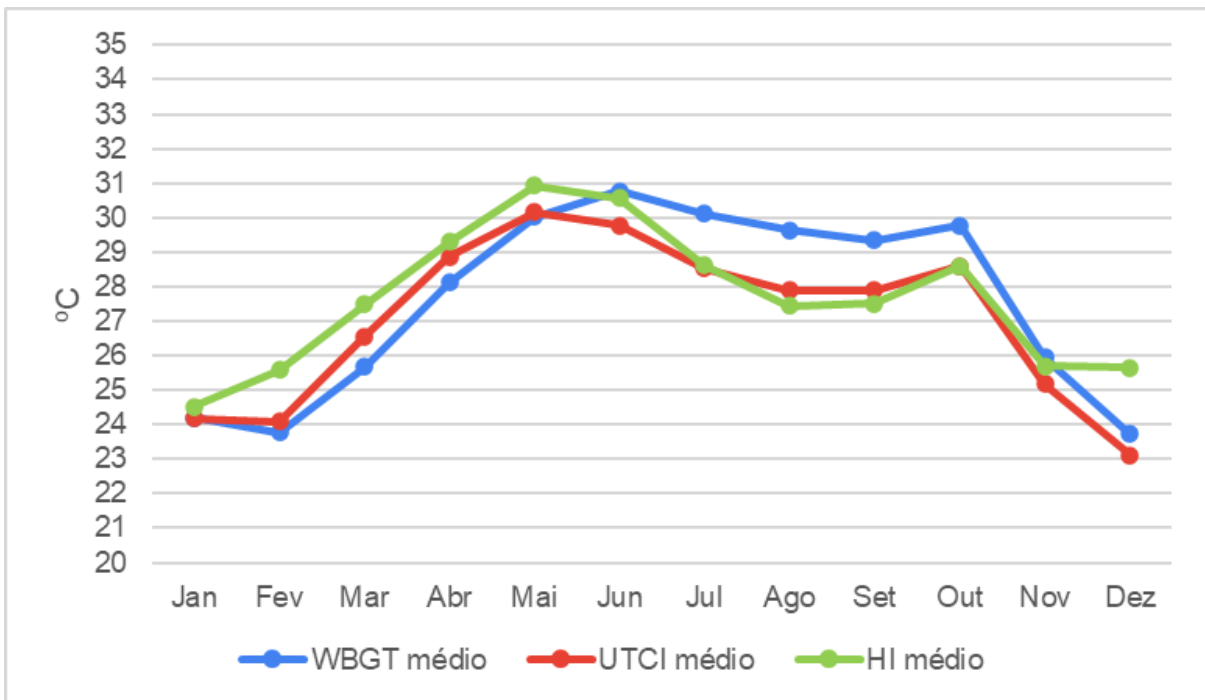


Figura 33: Média mensal dos índices para Bissorã.

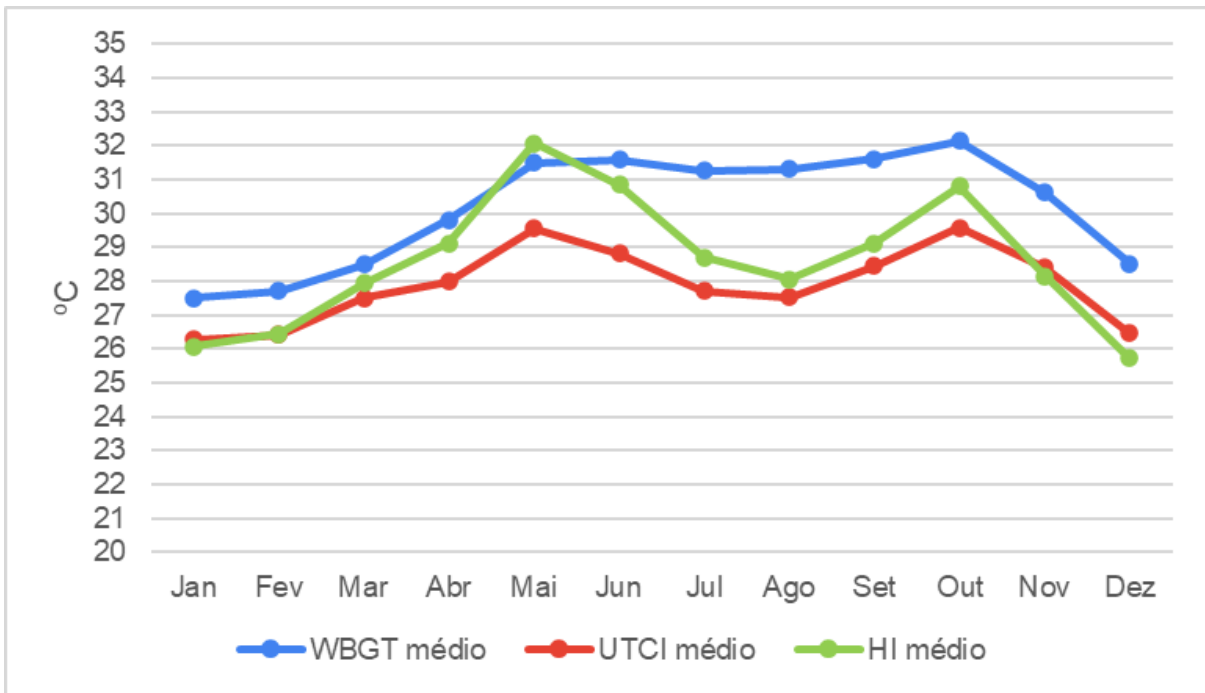


Figura 34: Média mensal dos índices para Caffeine.

### 5.2.2. Condições bioclimáticas médias ao longo do dia, em 3 momentos do ano

Para analisar períodos do ano onde as condições de desconforto térmico são distintas e marcantes, foram utilizados os valores médios para cada hora do UTCI, o HI e o WBGT para três meses- janeiro (estação seca; ambiência quente e seca), maio e outubro (estação chuvosa; ambiência com calor e umidade elevados).

De um modo geral, e como seria de esperar, os valores dos índices começam a aumentar com o nascer do sol, evoluindo o stress térmico de acordo com ciclo diário de iluminação local.

O mês de janeiro representa o mês da estação seca, com valores médios de WBGT em Cacheu para o período diurno que variam gradualmente entre 25 °C e 30 °C, sendo que a classe predominante é a 'amarela', onde a relação entre atividade física moderada/descanso é de 40 min/20 min e de 30 min/30 min para atividade intensa/descanso. Em maio e outubro, no período noturno (das 21 horas às 8 horas) as condições estão na classe 'verde' e entre as 9 horas e as 11 horas estão na classe 'vermelha', com trabalho moderado de 30 min e com 30 min de descanso e trabalho intensivo proibido. Das 12 horas às 18 horas toda a atividade é proibida, uma vez que a classe é a 'preta'. Em relação ao UTCI, Cacheu, das 10 horas às 12 horas e das 18 horas à meia noite a classe respectiva é a de 'stress térmico moderado', onde a temperatura corporal começa a aumentar e das 13 horas às 17 horas corresponde a classe 'stress térmico forte' com aumento da temperatura corporal, da pele e produção de suor. Em maio, das 19 horas às 8 horas não há stress térmico e das 9 horas às 20 horas o stress térmico é 'moderado'. Em outubro das 18 horas às 8 horas não há stress térmico, das 9 horas às 10 horas o stress aumenta, passando para a classe de 'stress moderado', onde a temperatura corporal começa a aumentar e das 11 horas às 17 horas o stress aumenta para 'forte' (figura 35).

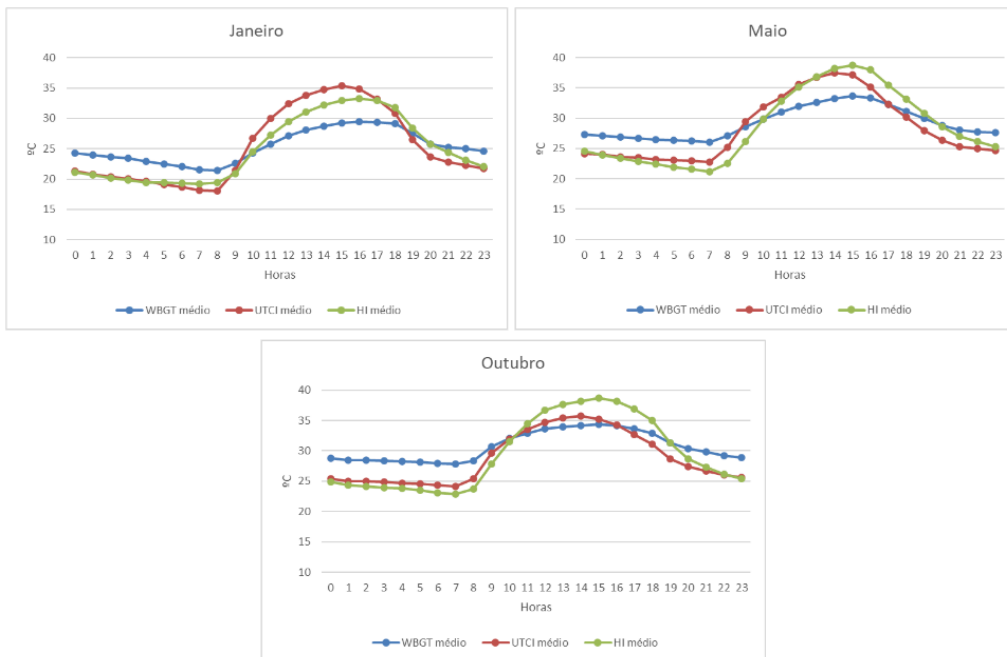


Figura 35: Variação dos índices ao longo do dia em Cacheu.

Em relação à figura 36, para janeiro em Bissorã, os valores médios do WBGT das 19 horas até às 8 horas não apresentam stress térmico, entre as 9 horas e as 16 horas surgem as categorias ‘verde’ e ‘amarela’ onde a relação trabalho/descanso é de 60 min/15 min e 40 min/20 min. A estação húmida é representada pelo mês de maio, caracterizado por duas categorias predominantes, a ‘vermelha’, das 20 horas até as 11 horas onde é possível fazer exercício moderado 30 min/30 min e a atividade intensa é proibida, assim como na categoria a ‘preto’, das 12 horas às 19 horas. Por fim, outubro apresenta a categoria de stress ‘amarela’ até às 8 horas com atividade moderada/ descanso 40 min/20 min e atividade intensa 30 min/30 min, das 9 horas às 12 horas evolui para a categoria ‘vermelha’ com 30 min/30 minutos de trabalho moderado/ descanso e atividade intensa proibida, repetindo-se das 19 horas às 24 horas. Das 13 horas às 18 horas toda a atividade é proibida.

Em relação aos valores de UTCI, em janeiro das 20 horas às 9 horas não há stress térmico e entre as 10 horas e as 12 horas e das 18 horas às 19 horas o stress térmico é ‘moderado’, aumentando a temperatura corporal. Das 13 horas às 17 horas a temperatura do corpo aumenta e aumenta também a produção de suor. Em maio, da meia-noite às 8 horas não há stress térmico, das 9 horas às 10 horas e das 20 horas às 23 horas o stress é ‘moderado’, aumentando para ‘stress térmico forte’ entre as 11 horas e as 13 horas e entre as 17 horas e as 19 horas. Das 14 horas às 16 horas é recomendada uma pausa nas atividades visto a classe de stress térmico ser ‘muito forte’, com o aumento da humidade da pele e da produção do suor. Por fim, em outubro, das 23 horas às 8 horas não há stress

térmico, das 9 horas às 11 horas e entre as 18 horas e as 22 horas o stress é ‘moderado’ e, por fim, das 12 horas às 17 horas o stress aumenta para a categoria ‘forte’.

No caso do HI, em janeiro entre as 20 horas e as 10 horas não há nenhuma categoria de stress, das 11 horas às 13 horas começa a classe de ‘cautela’, onde há sintomas de fadiga, classe que reaparece às 19 horas. Entre as 14 horas e as 18 horas a classe de HI é de ‘extrema cautela’, onde há a probabilidade de haver insolação. Em maio, a oscilação entre classes de HI é maior, da 1 hora às 9 horas não há stress térmico, às 10 horas e entre as 22 horas e a meia noite a classe é de ‘cautela’ e entre as 11 horas e as 13 horas e as 19 horas e as 21 horas a classe passa para ‘extrema cautela’, aumentando a possibilidade de haverem câimbras e insolação. Das 14 horas às 18 horas a classe é de ‘perigo’. No mês de outubro das 23 horas às 9 horas não há stress térmico, às 10 horas e entre as 20 horas e as 22 horas a classe é a de ‘cautela’, e entre as 11 horas e as 19 horas é de ‘extrema cautela’.

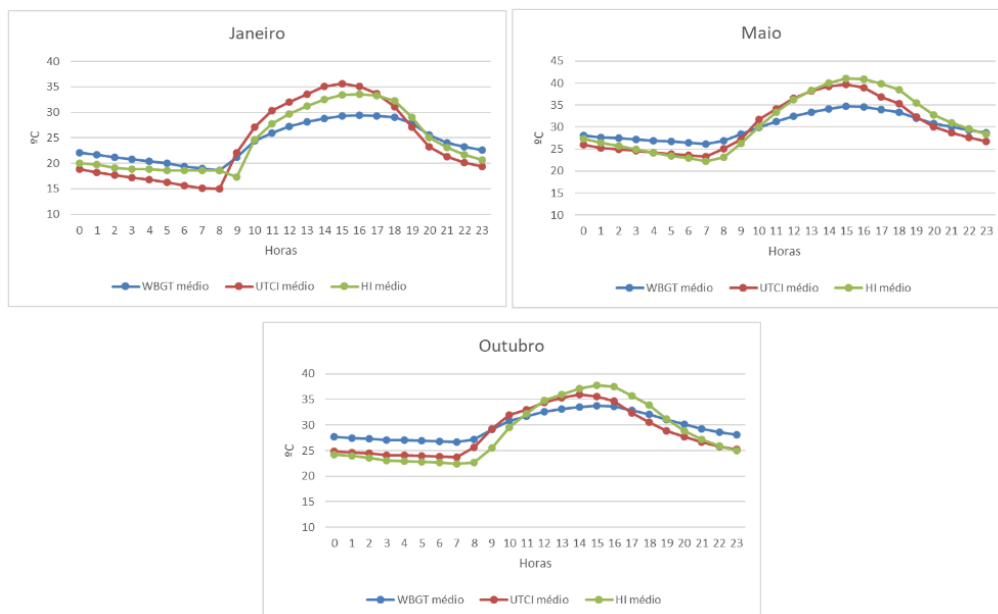


Figura 36: Variação dos índices ao longo do dia em Bissorã.

Analisando a média dos índices para Cafine representados na figura 37 com, os valores médios do WBGT para janeiro das 21 horas até às 9 horas remetem às classes 'branca' e 'verde', onde a relação entre exercício/ descanso é 60 min/15 min. Entre as 10 horas e as 11 horas surge a categoria 'amarela', onde a relação trabalho/descanso é de 40 min/20 min. Das 12 horas até às 20 horas é possível realizar exercício moderado durante 30 min com 30 min de descanso e a atividade intensa é proibida, correspondendo à categoria 'vermelha'. Maio apresenta a categoria de stress 'vermelho' das 21 horas até às 9 horas com atividade moderada/ descanso de 30 min/30 min e atividade intensa proibida e das 10 horas às 20 horas evolui para a categoria 'preta' onde toda a atividade física é proibida. Em outubro, da meia noite às 8 horas a classe de stress de WBGT é a 'vermelha' e evolui para a classe 'preta' entre as 9 horas e as 23 horas.

Em relação aos valores de UTCI, em janeiro das 21 horas às 10 horas não há stress térmico e às 11 horas e das 19 horas às 20 horas o stress térmico é 'moderado', aumentando a temperatura corporal. Das 12 horas às 18 horas a classe é de 'stress térmico forte', onde a temperatura do corpo aumenta e aumenta também a produção de suor. Em maio, das 19 horas às 10 horas o stress térmico é 'moderado' aumentando para a categoria seguinte das 11 horas às 18 horas. Em outubro, da meia noite às 8 horas não há stress térmico, às 9 horas e das 19 horas às 23 horas a classe de stress térmico é 'moderada' e das 10 horas às 18 horas a classe passa para 'stress térmico forte', aumentando a temperatura da pele, a temperatura corporal e a produção de suor.

Por fim, em relação aos valores de HI para janeiro, entre as 21 horas e as 11 horas não há nenhuma categoria de stress, das 12 horas às 13 horas começa a classe de 'cautela' assim como às 20 horas. Entre as 14 horas e as 19 horas a classe de HI é de 'extrema cautela', onde há a probabilidade de haver insolação. Para maio, entre as 22 horas e as 5 horas a classe predominante é a de 'cautela' e entre as 8 horas e as 9 horas e as 17 horas e as 21 horas a classe passa para 'extrema cautela', aumentando a possibilidade de ocorrerem câimbras e insolação. Das 10 horas às 13 horas a classe é de 'perigo', assim como às 16 horas. Entre as 14 horas e as 15 horas, a classe passa para 'perigo extremo', estando perante uma situação muito danosa para a saúde humana e onde a insolação é altamente provável.

No mês de outubro das 19 horas às 3 horas e entre as 9 horas e as 10 horas a classe é a de 'cautela' e entre as 11 horas e as 18 horas é de 'extrema cautela'.

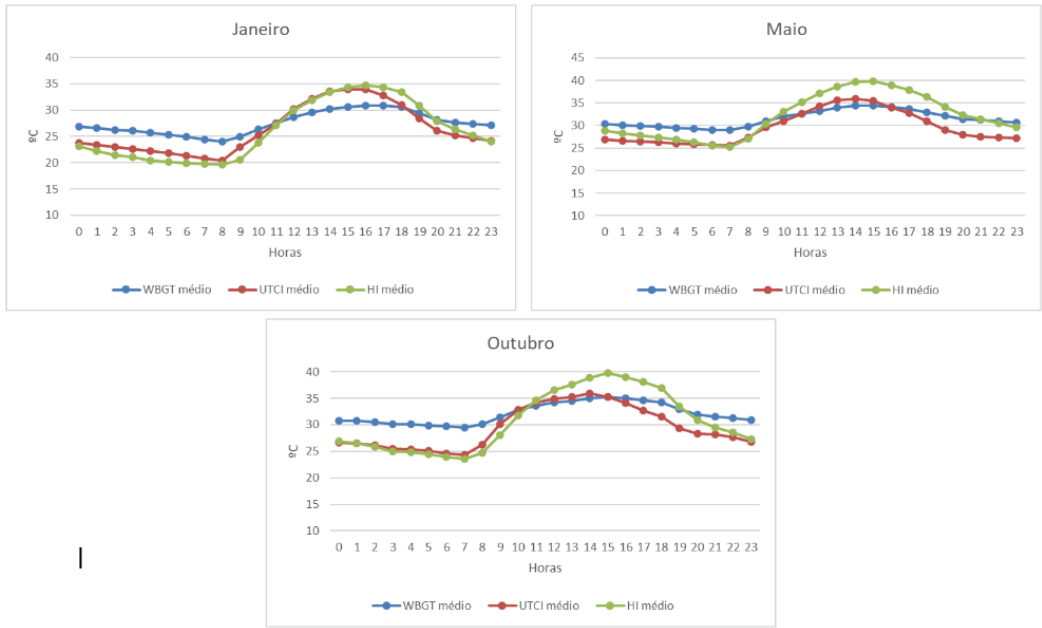


Figura 37: Variação dos índices ao longo do dia em Caffe.

### 5.2.3. Frequência horária das classes de conforto

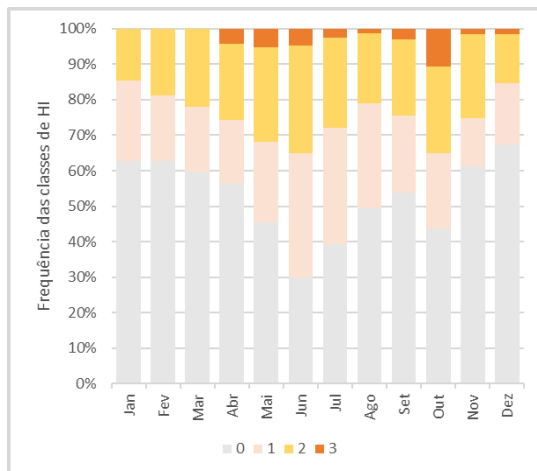
As figuras 38, 39 e 40 ilustram, respectivamente, a frequência mensal das classes de stress térmico de HI, WBGT e de UTCI. Na figura 38 podemos observar que a classe sem stress térmico (classe 0) é a predominante em Cacheu, com predomínio mais expressivo de outubro a abril. A classe 1, classificada como 'cautela' e a classe 2 'extrema cautela' apresentam maior expressão entre maio e agosto, correspondendo aos meses de estação chuvosa. Cafine apresenta a mesma tendência aumentando os valores da classe 2 na estação chuvosa. Bissorã é o local onde a frequência das classes 2 e 3 de stress térmico é superior, classificado como 'extrema cautela' (classe 2) em maior percentagem nos meses entre abril e junho. Em abril, maio e junho a classe 3 'perigo' aparece com uma expressão significativa.

Para os valores do WBGT em Cacheu (figura 39), verifica-se que nos meses de estação seca (de novembro a abril) a classe 1 (trabalho moderado de 60 minutos com descanso de 15 minutos) é a mais predominante. Nos meses da estação chuvosa, as classes 3, 4 e 5 correspondentes a trabalho moderado de 40 minutos com descanso de 20, trabalho moderado de 30 minutos com descanso de 30 minutos e exercício proibido, respetivamente, compõem cerca de 90% de frequência. Para Cafine os meses de junho a setembro são as classes 3, 4 e 5 são mais predominantes e de novembro a abril a classe 1 é mais frequente. Em Bissorã, entre abril e novembro, as classes 4 e 5 representam pelo menos 50%. Junho e outubro são os meses que se destacam, apresentando cerca de 40% de observações na classe 5.

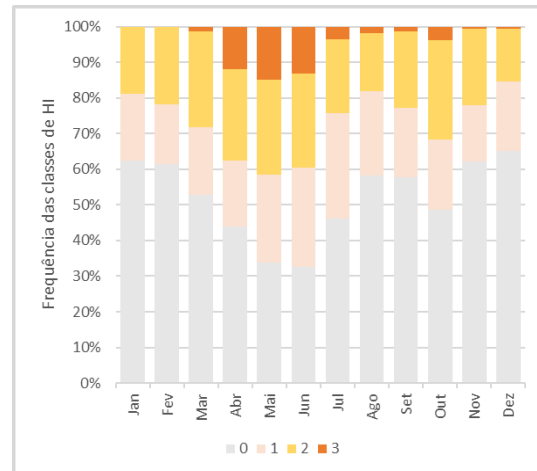
Em relação à frequência mensal de stress térmico de UTCI (figura 40), os dados para Cacheu e Cafine são muito semelhantes, com a predominância da classe 0 de outubro a abril. Na estação chuvosa a classe 2 - 'stress moderado' é de cerca de 50%. Bissorã apresenta em todo o ano classes de desconforto térmico, com a presença de 'stress térmico moderado' e 'forte' (classe 1 e 2, respectivamente) sendo que a classe 1 é mais frequente na estação chuvosa e a classe 2 na estação seca. Entre fevereiro e maio a classe 3 'stress térmico muito forte' representa valores entre 10% e 20%. De um modo geral, nos meses de transição (abril, maio e outubro) o stress por calor aumenta e na estação chuvosa o stress térmico diminui.

Podemos assim aferir que as estações mais a norte- Cacheu, e a mais a sul- Cafine, apresentam tendências semelhantes na frequência das classes dos três índices analisados, o que pode ser explicado pela sua localização geográfica ser semelhante (ambas se situam em regiões costeiras) ainda que em latitudes diferentes. No entanto, Cafine apresenta sempre valores de desconforto mais elevados que Cacheu. Bissorã é a que se afasta mais

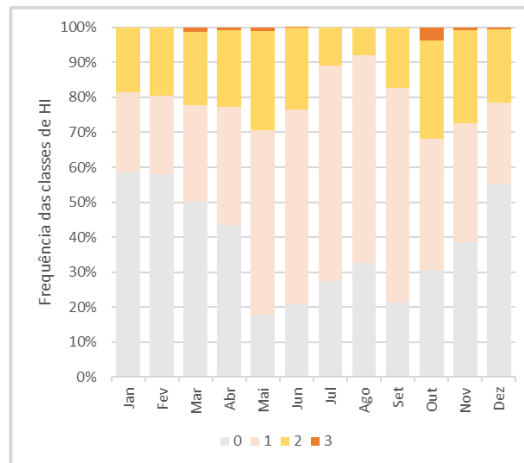
em relação às outras duas, o que era de esperar visto ser uma zona do interior da Guiné-Bissau.



a) Cacheu



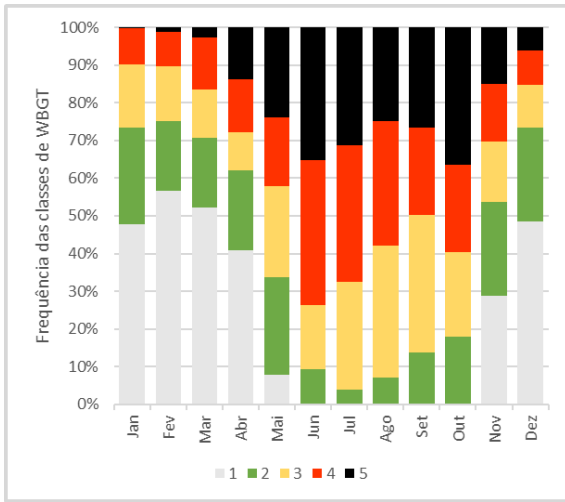
b) Bissorã



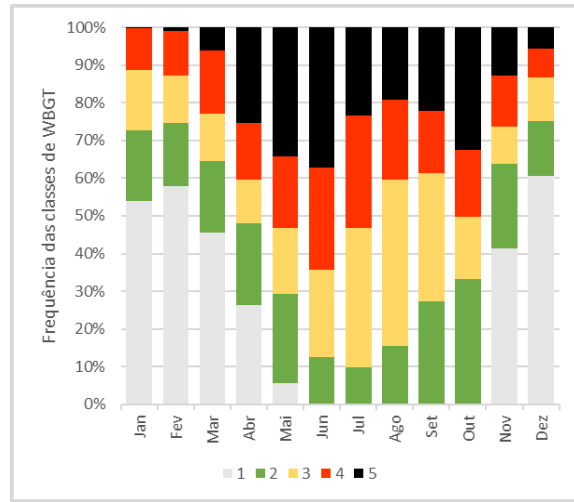
c) Cafine

Classe	Categorias	Trabalho moderado	Efeitos
0	≤ 26.5°C	Ausência de Stress	-
1	26.5°C - 32°C	Cautela	Fadiga possível com exposição prolongada e/ou atividade física.
2	32°C - 39.5°C	Extrema Cautela	Insolação, cãibras ou exaustão pelo calor são possíveis com exposição prolongada e/ou atividade física.
3	39.5°C - 51°C	Perigo	Cãibras causadas pelo calor ou exaustão pelo calor e possível insolação com exposição prolongada e/ou atividade física.

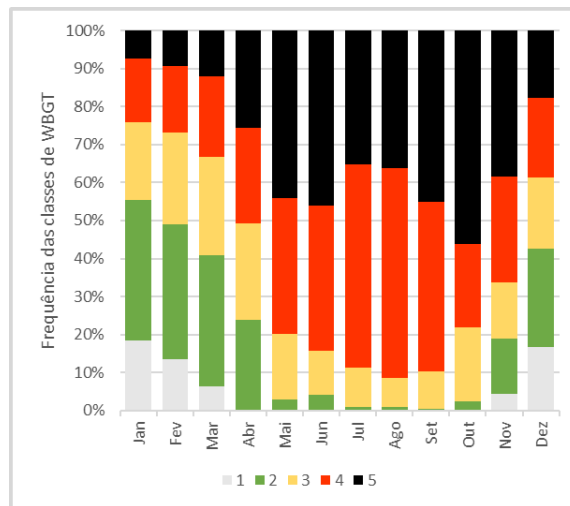
Figura 38: Frequência horária (%) das classes de HI para o ano de 2022.



a) Cacheu



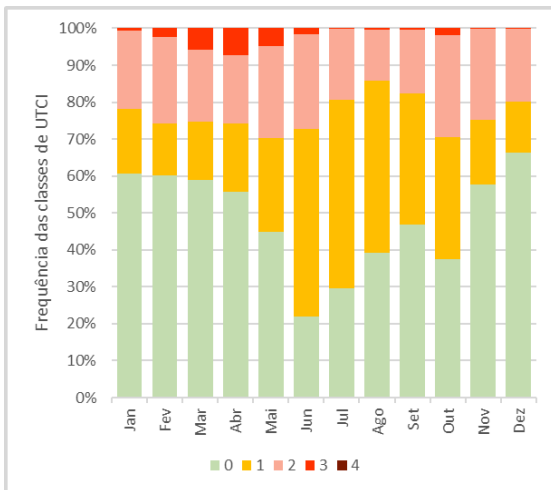
b) Bissorã



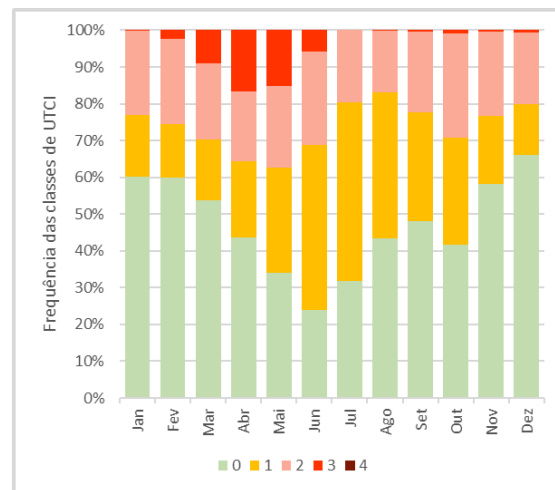
c) Cafine

Classe	Categorias	Trabalho moderado	Trabalho intensivo
1	≤ 24.9°C	60/15 min	40/20 min
2	25°C - 27.7°C	60/15 min	40/20 min
3	27.8°C - 29.4°C	40/20 min	30/30 min
4	29.5°C - 31.6°C	30/30 min	Exercício proibido
5	≥ 31.7°C	Exercício proibido	

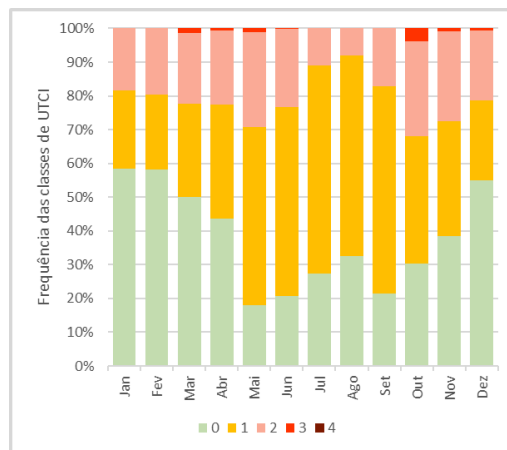
Figura 39: Frequência horária (%) das classes de WBGT para o ano de 2022.



a) Cacheu



b) Bissorã



c) Cafine

Classe	UTCI (°C)	Categorias
0	9 a 26	Sem stress térmico
1	26 a 32	Stress térmico moderado
2	32 a 38	Stress térmico forte
3	38 a 46	Stress térmico muito forte
4	≥ 46	Stress térmico extremo

Figura 40: Frequência horária (%) das classes de UTCI para o ano de 2022.

Para determinar a zona do país onde os trabalhadores estão expostos aos valores mais elevados dos índices de conforto térmico durante maior número de horas, foram elaborados seis gráficos com valores do UTCI, HI e WBGT com o número de horas por mês com valores correspondentes às duas classes de maior desconforto térmico, para as três estações em estudo.

Para o índice HI, foram consideradas as horas do dia com condições relativas às classes de 'extrema cautela' e 'perigo', correspondendo a valores de HI acima de 32 °C. No caso do UTCI, os valores considerados foram todos acima de 38 °C, correspondentes às classes de 'stress térmico muito forte' e 'stress térmico extremo'. O WBGT foi analisado em separado devido ao elevado contraste na sua expressão e analisaram-se os valores superiores a 29.5 °C, correspondendo a classes onde o trabalho moderado é permitido com pausas de 30 minutos ou mesmo proibido.

Na figura 41 está representada a percentagem de horas com valores de HI e UTCI associados a condições de stress mais elevado em Cacheu. Através da sua análise podemos aferir que o HI não apresenta horas de 'perigo' ou 'perigo extremo' entre janeiro e março e há um aumento gradual até 4% entre abril e maio. Outubro é o mês com maior percentagem de horas dentro da categoria de 'perigo', com 9,14%. Relativamente ao UTCI, o período onde existe o maior stress é no período entre março e maio, com um ligeiro aumento em outubro (0,81%).

Em Bissorã podemos ver a influência da humidade no desconforto térmico em ambos os índices no período entre março e junho (figura 42). O HI apresenta maior percentagem de horas acima dos valores de referência (até cerca de 13%) e o UTCI em abril corresponde a 16,67% de horas com maior desconforto. Entre agosto e fevereiro os valores do HI variam entre 0% e 0,83%, com a exceção do mês de outubro onde há uma subida na percentagem de horas com maior desconforto térmico, atingindo os 2,69%. No período de julho a janeiro o UTCI varia entre os 0,13% e os 0,81%, com uma subida pouco acentuada em outubro (1,08%).

Cafine apresenta uma tendência semelhante à de Cacheu com maior percentagem de horas nas classes de 'perigo' ou 'perigo extremo' no mês de outubro (HI- 11,16% e UTCI- 3,76%). O HI apresenta horas de desconforto extremo acima dos 5% entre maio e junho e em novembro. Nos restantes meses os valores são relativamente baixos ou nulos (figura 43).

Analisando as figuras 44-46 relativas à percentagem de horas acima dos 29,5 °C, conclui-se que em Bissorã e em Cacheu a tendência dos valores percentuais é de aumentar progressivamente até junho e com uma descida gradual até dezembro, havendo um aumento dos valores novamente em outubro. Cafine é a área de estudo onde os valores são mais elevados durante mais tempo, com valores acima de 75% entre maio e outubro.

Junho é o mês com valores de WBGT mais elevados em todas as estações, sendo que em Cacheu 72,50% das horas estão acima dos 29,5 °C, em Bissorã 63,19% e em Cafine a percentagem é a mais elevada, com 80,56% das mesmas. Junho é o mês que melhor representa a estação chuvosa e a influência da humidade determina estes diferentes ritmos.

A percentagem de horas com valores de HI, UTCI e de WBGT associados a condições de stress mais elevado, representam a parte do tempo na qual os agricultores devem evitar a exposição ao sol, visto ser desaconselhado e até perigoso, aumentar a ingestão de água, procurar sombras e moderar substancialmente o esforço físico.

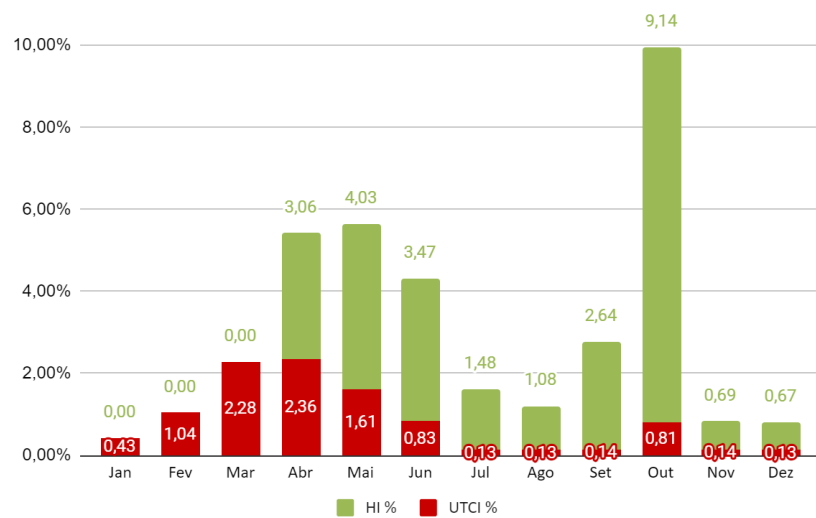


Figura 41: Percentagem de horas com valores de HI e UTCI associados a condições de stress mais elevado em Cacheu.

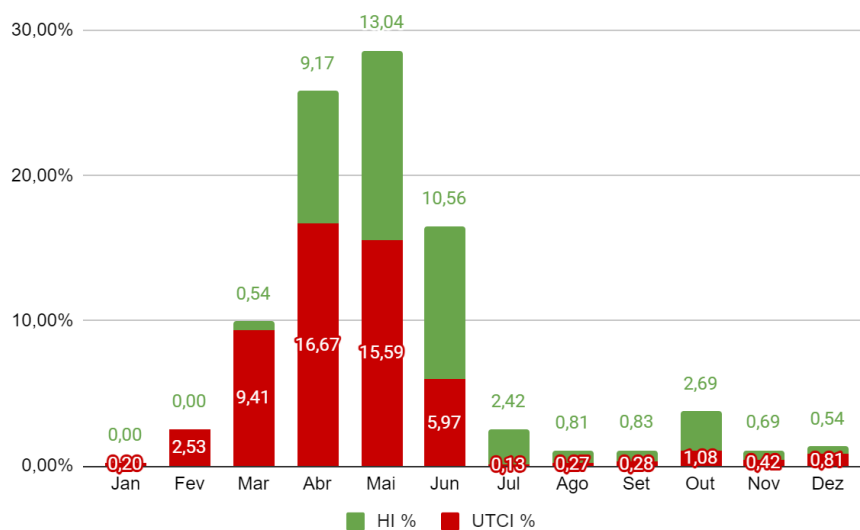


Figura 42: Percentagem de horas com valores de HI e UTCI associados a condições de stress mais elevado em Bissorã.

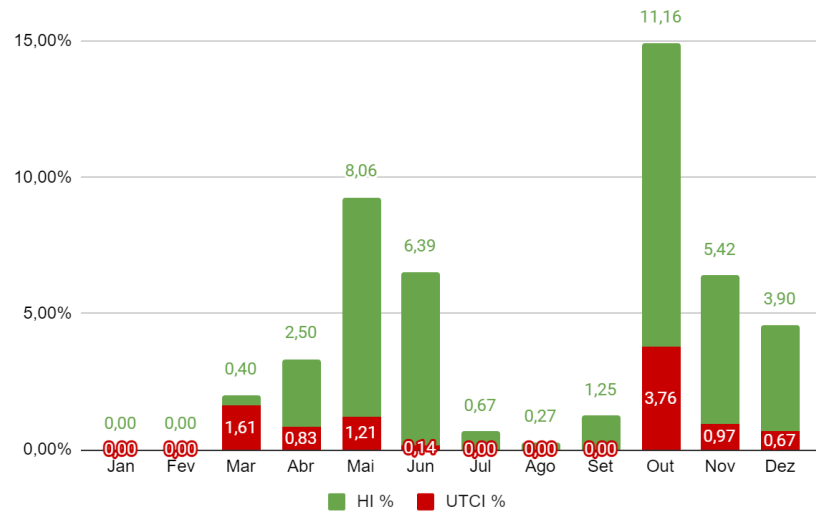


Figura 43: Percentagem de horas com valores de HI e UTCI associados a condições de stress mais elevado em Cafine.

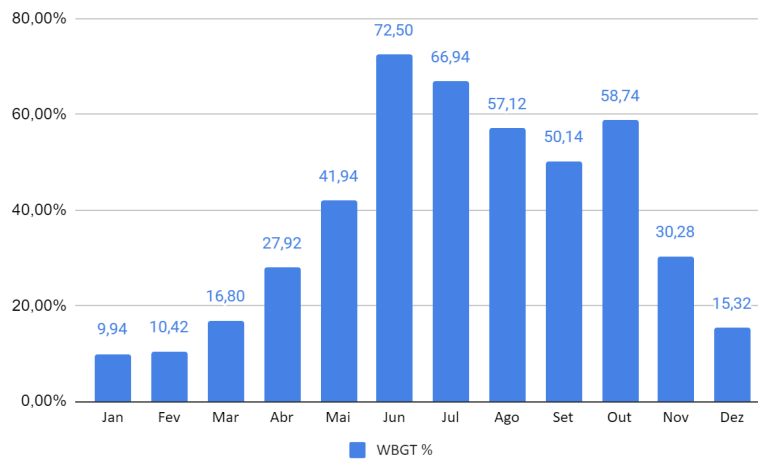


Figura 44: Percentagem de horas com valores de WBGT associados a condições de stress mais elevado em Cacheu.

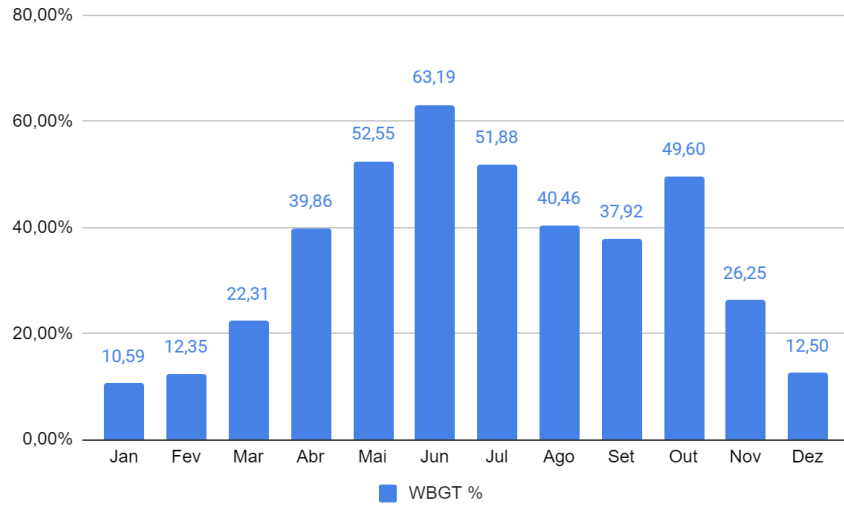


Figura 45: Percentagem de horas com valores de WBGT associados a condições de stress mais elevado em Bissorã.

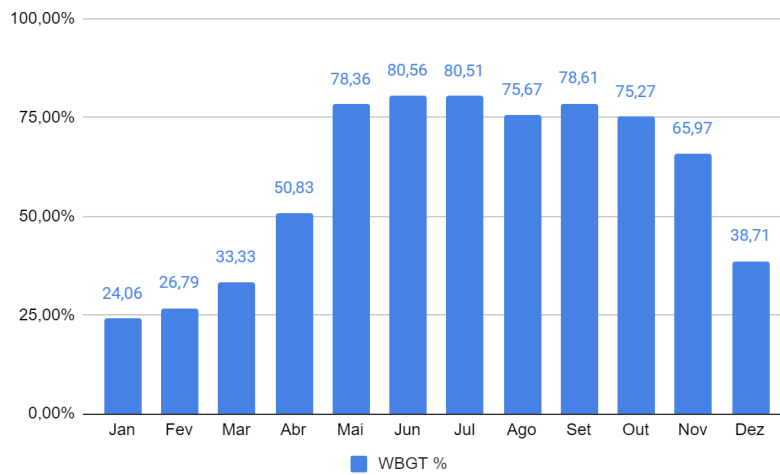


Figura 46: Percentagem de horas com valores de WBGT associados a condições de stress mais elevado em Cafine.

### 5.3. Comparação entre os índices bioclimáticos utilizados

De modo a analisar o grau de associação e possível complementaridade dos três índices utilizados foram elaborados gráficos de dispersão (figuras 47, 48 e 49) e calcularam-se os coeficientes de correlação de Pearson e de determinação.

Os valores do  $r^2$  demonstram a proporção de explicação de uma ou mais variáveis independentes sobre outra dependente, no caso de um modelo de regressão, ou o que duas variáveis sem relação de dependência entre si têm em comum. Assim, a tendência é linear quando os valores de uma variável aumentam/diminuem de forma mais ou menos constante em relação à outra.

De um modo geral, os valores de correlação de Pearson obtidos foram elevados, variando entre 0.82 (entre WBGT e HI, em Cacheu e Cafine) e 0.91 (WBGI e UTCI em Bissorã; HI e UTCI em Cafine). Estes valores são elevados, comparativamente aos estimados por outros autores em estudos anteriores (por exemplo, Blazejczyk et al, 2012)

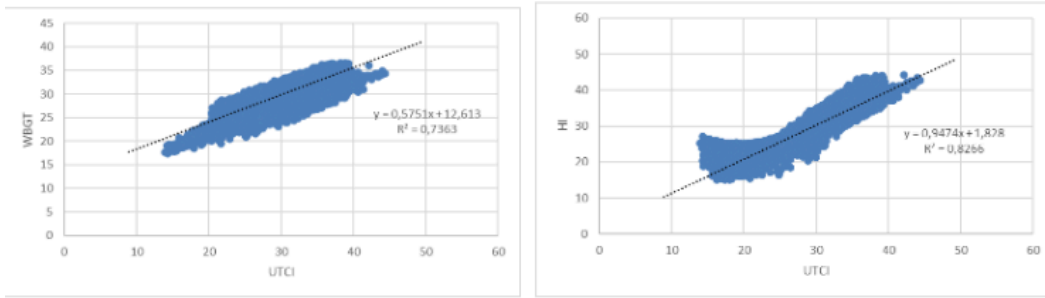
É patente nas figuras (47 a 47) que a cada combinação (par) de índices biometeorológicos corresponde, como seria de esperar, uma nuvem de pontos característica.

As nuvens de pontos dos gráficos de dispersão das figuras 47, 48 e 49 sugerem que a relação entre o WBGT e o UTCI é positiva e mais próxima de uma associação linear, dado o seu maior aparente ajustamento à reta de regressão. Contudo, apenas no caso de Bissorã o coeficiente de Pearson entre estes índices toma o valor mais alto das três combinações ( $r=0.91$ , figura 48).

As nuvens de pontos dos gráficos de dispersão das relações HI e UTCI e WBGT e HI apresentam configurações menos dispostas ao longo da reta, sugerindo associações que serão melhor descritas por funções polinomiais.

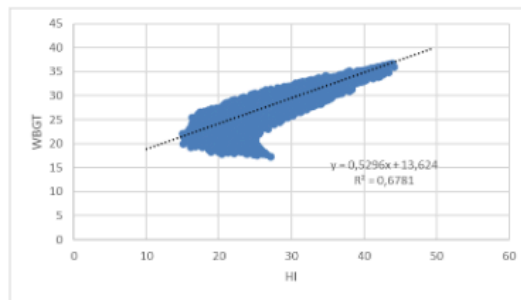
No caso das relações entre o UTCI com o HI ou com o WBGT, compreende-se o relativo afastamento a uma associação linear forte, pois o UTCI é um índice muito mais complexo, integrando mais variáveis, como a radiação solar e a velocidade do vento, enquanto os outros dois índices simples avaliam unicamente o papel da temperatura do ar e da humidade relativa no conforto térmico. Essa filosofia particular do UTCI comparativamente a índices biometeorológicos simples foi já notada por Blazejczyk *et al.*, 2012.

No estudo de Zare *et al.*, 2018, onde é comparado o UTCI a outros índices térmicos para a cidade de Kerman no Irão, concluiu-se que o UTCI é mais semelhante ao WBGT em termos de percepção térmica.



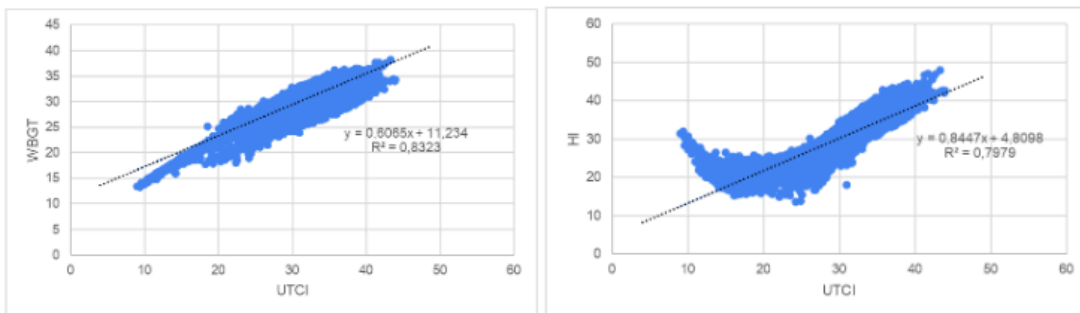
r= 0.85  
a) WBGT e UTCI.

r= 0.90  
b) HI e UTCI.



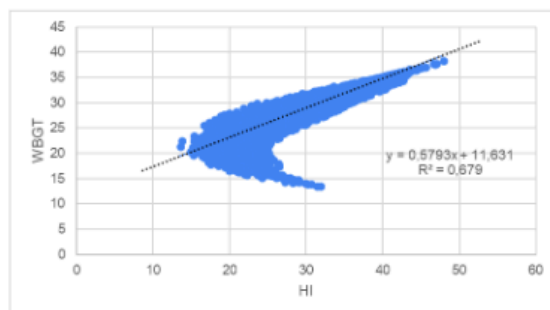
r= 0.82  
c) WBGT e HI.

Figura 47: Relação entre índices para Cacheu.



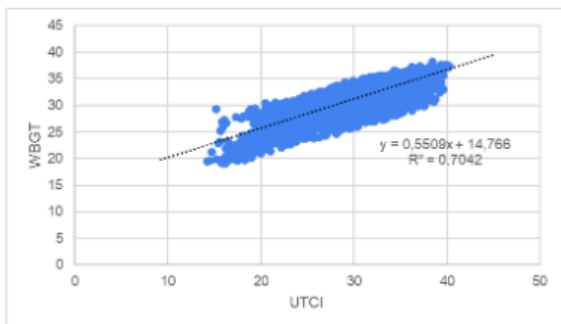
r= 0.91  
a) WBGT e UTCI.

r= 0.89  
b) HI e UTCI.

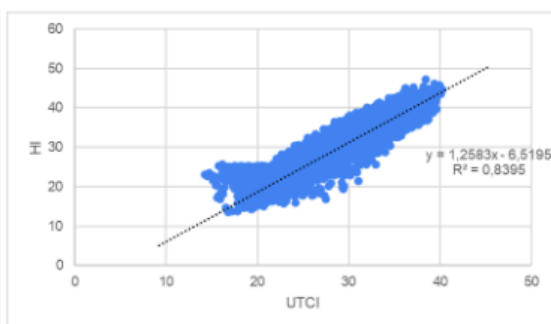


r= 0.82  
c) WBGT e HI.

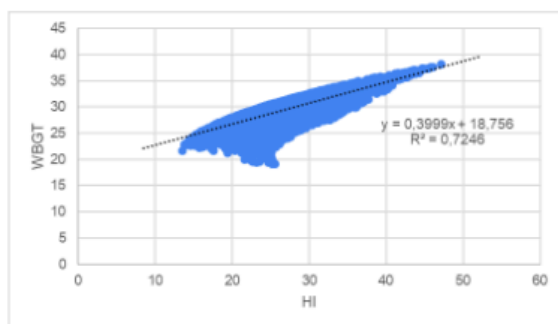
Figura 48: Relação entre índices para Bissorã.



$r = 0.83$   
a) WBGT e UTCI.



$r = 0.91$   
b) HI e UTCI.



$r = 0.85$   
c) WBGT e HI.

Figura 49: Relação entre índices para Cafine.



## 6. Discussão

De modo a avaliar a exposição dos agricultores na Guiné-Bissau ao stress térmico, foi comparado o calendário agrícola para o cultivo do arroz (figura 50) com o conjunto de resultados apresentado ao longo do trabalho.

O mês de julho é caracterizado pela humidade elevada e temperaturas com uma menor variação diária, sugerindo que a nebulosidade mais predominante atenua o arrefecimento noturno. Segundo o calendário agrícola para o cultivo de arroz irrigado, podemos observar que é em maio e junho que os trabalhos intensivos começam. A preparação das terras com o arado, a preparação das mudas em viveiro, o nivelamento e o transplante e a posterior remoção de ervas daninhas em julho, são trabalhos feitos manualmente pelos trabalhadores. Os meses de abril e de outubro são meses com variações acentuadas da temperatura e de pouca nebulosidade, o que dificulta as tarefas ao ar livre como a manutenção da rede primária e secundária, a drenagem e a colheita do arroz. Janeiro representa o mês mais seco na Guiné-Bissau, iniciando-se o período onde há desconforto bioclimático associado à presença de poeiras dispersas no ar. Neste período inicia-se a manutenção das redes primária e secundária.

Através da avaliação das condicionantes bioclimáticas médias ao longo do ano de 2022 podemos aferir que em Cacheu os meses de junho e outubro apresentam valores médios mais elevados para os três índices estudados, sendo que, para Cafine e Bissorã são os meses de maio e outubro. Maio é dos meses iniciais da estação húmida, na qual se inicia a preparação do solo para a nova cultura, seguindo-se da plantação das mudas (figura 51) e outubro é um mês de maior desconforto, mas justamente quando é necessário fazer a drenagem dos campos e a colheita do arroz (figura 50). Em relação às médias mensais dos índices representados nas figuras 32, 33 e 34, Cacheu e Bissorã apresentam classes dos 3 índices semelhantes- o UTCI apresenta valores na categoria de stress moderado, o HI indica 'cautela' com perigo de fadiga e o WBGT indica trabalho moderado em períodos de 30 minutos de trabalho seguidos de 30 minutos de descanso ou trabalho intensivo proibido. Esta semelhança pode estar relacionada com a latitude destas duas regiões em estudo.

Os gráficos 35, 36 e 37 referentes às condições bioclimáticas médias ao longo do dia demonstram valores moderados de desconforto térmico entre as 8 horas e as 11 horas, correspondente ao período da manhã, sendo o período indicado para o trabalho mais intensivo, a realizar com pausas à sombra e recomendando-se a necessidade de ingestão de água por parte dos trabalhadores. O período da tarde (entre as 12 horas e as 16 horas) corresponde ao período onde os trabalhadores estão mais ativos, mas evidencia-se como o mais perigoso, devido ao stress térmico elevado, indicado no WBGT como período de

atividade proibida. A percentagem de horas com valores de HI e UTCI associados a condições de stress mais elevado ilustradas nas figuras 41, 42 e 43 demonstra que, de um modo geral, a estação chuvosa e outubro são os períodos onde há mais desconforto causado pela combinação de humidade e pelo calor, sendo também os meses em que o trabalho no campo é mais intenso.

O trabalho ao ar livre deve ser evitado, com pausas longas e com proteção do sol. A hidratação é fundamental para evitar a insolação e complicações graves na saúde. Assim, deve ter-se especial atenção ao facto de os meses de stress térmico mais intenso coincidirem com os períodos do calendário agrícola com tarefas mais exigentes no cultivo do arroz e manutenção das bolanhas. No período do dia, quando os trabalhadores estão mais ativos, e o desconforto térmico é mais elevado, em especial depois das 11 horas, justificam-se atitudes cautelares na gestão do trabalho, prevenindo problemas de saúde nos orizicultores associados à exposição aguda ou crónica às condições de calor húmido sufocante.

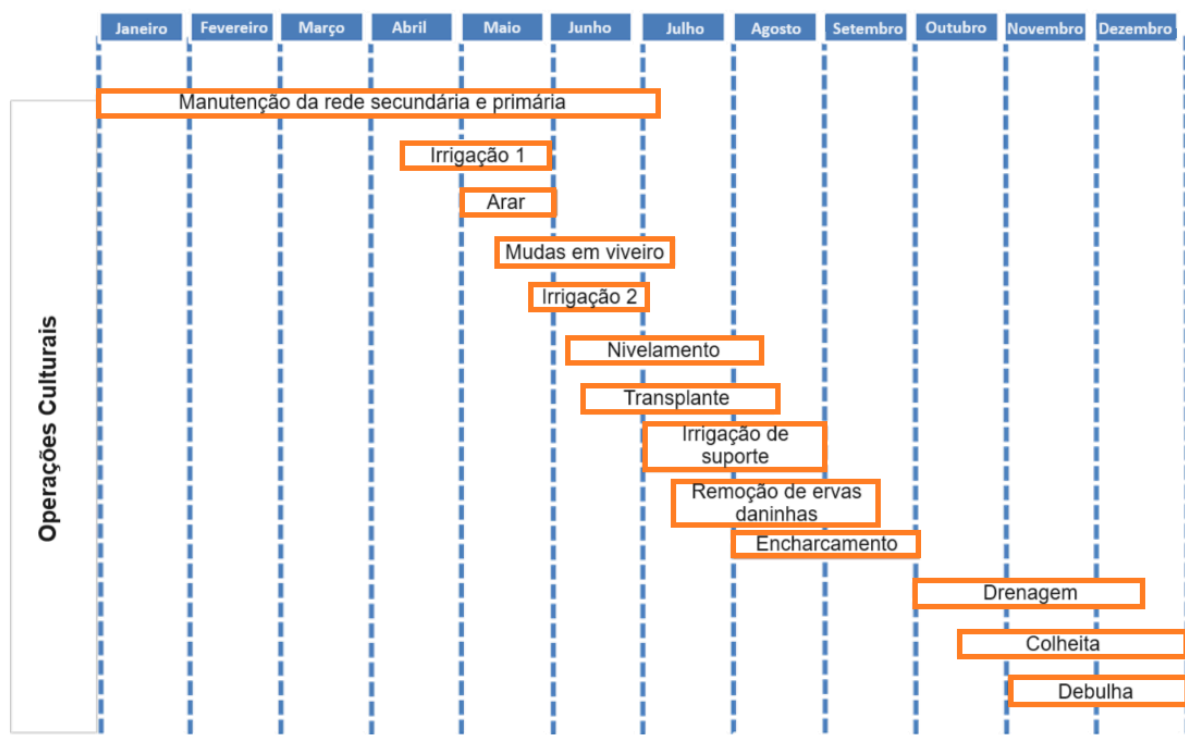


Figura 50: Calendário agrícola para cultivo de arroz irrigado com controle hídrico: Período de inverno. Fonte: Afrique Verte.org , Adaptado.



Figura 51: Transplante de arroz. Fonte: <https://www.malmon-desira.com>.



## 7. Conclusões

Atendendo à importância do estudo das alterações climáticas e dos efeitos do stress térmico nos agricultores da Guiné-Bissau, para a presente dissertação foram considerados os seguintes objetivos gerais: identificação do período do ano e do dia em que as condições de stress térmico são mais desfavoráveis aos agricultores da Guiné-Bissau e avaliação da severidade do desconforto térmico por eles experienciado em ambiente exterior.

Os resultados obtidos através do cálculo dos valores médios do UTCI horários e mensais e o cruzamento com os dados retirados do calendário agrícola para cultivo de arroz permitiram identificar os períodos entre abril e outubro, no intervalo entre as 9 horas e as 20 horas, como o mais desfavorável aos trabalhadores. As análises dos restantes índices permitiu a avaliação da severidade do desconforto térmico experienciado pelos trabalhadores agrícolas em ambiente exterior ao longo do ano. Em relação ao UTCI e ao HI o período entre março e junho e o mês de outubro apresentam mais horas acima dos 38 °C, que correspondem a valores nas classes de stress térmico moderado e extremo e nas classes de HI de perigo e perigo extremo. Julho foi apontado como o mês onde os valores do WBGT estão na classe onde todo exercício é proibido e há uma probabilidade elevada de fatalidades relacionadas com o calor.

A utilização de três índices distintos serviu para verificar qual o mais eficiente, de mais fácil compreensão e utilização. Destes, o UTCI afigura-se como o mais robusto, não apenas porque é um índice racional, baseado em modelação termofisiológica do ser humano, mas também porque integra mais variáveis com influência no ambiente térmico exterior.

A influência de fatores geográficos nos contrastes territoriais do desconforto térmico é evidente. A estação localizada mais a sul, Cafine, apresenta valores médios de UTCI mais elevados, seguindo-se a estação que representa o interior (Bissorã) e Cacheu, situada no noroeste do território, junto à costa atlântica. Durante a tarde (15 horas), o UTCI é sempre muito mais acentuado no interior, demonstrando a existência de um gradiente forte no ambiente térmico nesta zona costeira da África ocidental.

Por fim, procurando responder à questão de partida proposta inicialmente, apresentam-se os seguintes resultados:

- Em termos de conforto térmico, quais são os períodos mais críticos para a realização do trabalho agrícola?

Como mencionado anteriormente, os períodos mais críticos para a realização do trabalho agrícola em termos de conforto térmico são os períodos entre abril e outubro, no intervalo entre as 12 horas e as 17 horas, devido aos elevados valores de stress térmico.

Algumas recomendações para os agricultores da Guiné-Bissau passam pela realização do trabalho mais intenso nas primeiras horas da manhã devido às temperaturas serem mais reduzidas e apresentarem um menor risco para a saúde, terem muita atenção ao equilíbrio energético do corpo, reduzindo a taxa metabólica através de pausas regulares e frequentes, de preferência procurando sombras, além dos cuidados a tomar com o consumo adequado de água para promover a hidratação do organismo.

Considerando que a presente dissertação serviu como um ponto de partida para a avaliação das condicionantes bioclimáticas na Guiné-Bissau, com especial foco nos impactos potenciais que as alterações climáticas poderão ter na saúde dos trabalhadores (orizicultores), seria interessante analisar, futuramente, os seus efeitos no turismo no arquipélago das Bijagós.

## 8. Bibliografia

- Adger, W.N., Huq, S., H., Brown, K., Conway, D., & Hulme, M. (2003). Adaptation to climate change in the developing world. *Progress in development studies*, 3(3), (pp. 179-195);
- Alhassane, A., Salack, S., Ly, M., Lona, I., & Traoré, S., B.,(2013). Évolution des risques agroclimatiques associés aux tendances récentes du régime pluviométrique en Afrique de l'Ouest soudano-sahélienne. *Sécheresse*. 24(4), (pp. 282– 293). <https://doi.org/10.1684/sec.2013.0400>;
- Amoukou, I. (2011). Impacts des changements climatiques dans le secteur de l'agriculture. *Africa Adaptation Programme, UNDO*;
- Anderson, G. B., Bell, M. L., & Peng, R. D. (2013). Methods to Calculate the Heat Index as an Exposure Metric in Environmental Health Research. *Environmental Health Perspectives*, 121(10), (pp. 1111–1119);
- Balogun, I. A., Mojolaoluwa, D. (2019). Assessment of the bioclimatic conditions over some selected stations in Nigeria. *Springer Nature*;
- Beck, H. E., Zimmermann, N. E., McVicar, T. R., Vergopolan, N., Berg, A., & Wood, E. F. (2018). Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. *Scientific Data*, 5. <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.214>;
- Bethea, D., Parsons, K. (2002). The development of a practical heat stress assessment methodology for use in UK industry. Loughborough, UK: Department of Human Sciences, Loughborough University;
- Biai, I. (2009). Efeitos das alterações climáticas na zona costeira noroeste da Guiné-Bissau. Dissertação de mestrado em Engenharia do Ambiente, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, Portugal;
- Blazejczyk, K., Epstein, Y., Jendritzky, G. et al. Comparison of UTCI to selected thermal indices. *Int J Biometeorol* 56, 515–535 (2012). <https://doi.org/10.1007/s00484-011-0453-2>;
- Błażejczyk, K., Jendritzky, G., Bröde, P., Fiala, D., Havenith, G., Epstein, Y., Psikuta, A. and Kampmann, B. (2013). An introduction to the Universal Thermal Climate Index (UTCI). *Geographia Polonica*, 86, 5–10;
- Bock, A. J. (2009). Segurança Alimentar: Potencialidade dos Recursos na Guiné-Bissau e Política Alimentar. Tese (Doutorado). Universidade Técnica de Lisboa. Instituto Superior de Agronomia;
- Boko, M., Niang, I., Nyong, A., Vogel, C., Githeko, A., Medany, M., & Yanda, P. (2007). Africa. Climate change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability. In M. L. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden, & C. E. Hanson (Eds.),

Contribution of working group II to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change (pp. 433–467). Cambridge: Cambridge University Press;

- Bröde, P., Fiala, D., Błażejczyk, K., Holmér, I., Jendritzky, G., Kampmann, B., Tinz, B., & Havenith, G. (2011). Deriving the operational procedure for the Universal Thermal Climate Index (UTCI). *International Journal of Biometeorology*, 56(3), (pp. 481–494);
- Chen, D., Chen, H. W. (2013). Using the Köppen classification to quantify climate variation and change: An example for 1901–2010. *Environmental Development*, 6, (pp. 69–79). <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2013.03.007>
- Christensen, J., Hewitson, B., Busuioc, A., Chen, A., Fu, C., Gao, X., Held, I., Jones, R., Kolli, R., Kwon, W.-T., Laprise, R., Rueda, V., Mearns, L., Menéndez, C., & Räisänen, J. (2007). *Regional Climate Projections*;
- CNMC. (2005). *Comunicação Nacional da Guiné-Bissau sobre as Mudanças Climáticas*. UNDP;
- Cormier-Salem, C. M. (1999). *Rivières du Sud: sociétés et mangroves ouest-africaines*;
- d'Ambrosio Alfano, F., Palella, B., & Riccio, G. (2011). *Thermal Environment Assessment Reliability Using Temperature-Humidity Indices*. ResearchGate; National Institute of Industrial Health;
- d'Ambrosio Alfano, F., Malchaire, J., Palella, B.I., Riccio, R. (2014). *WBGT Index Revisited After 60 Years of Use*. *The Annals of Occupational Hygiene*;
- DENARP II. (2011). *Documento estratégico nacional para a redução da pobreza*. Bissau- Ministério da economia;
- Di Napoli, C., Pappenberger, F., & Cloke, H. L. (2019). *Verification of Heat Stress Thresholds for a Health-Based Heat-Wave Definition*;
- Di Napoli, C., Barnard C., Prudhomme C., Cloke HL & Pappenberger F. (2020). *Thermal comfort indices derived from ERA5 reanalysis*. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS);
- Djata, R. N., Mané, A, & Indí, M. (2003). *Análise da Fileira do Arroz. Projeto de Reabilitação e Desenvolvimento do Sector Privado*. Guiné-Bissau;
- Ebi, K.L., Lewis, N.D. & Corvalan, C. (2006) *Climate variability and change and their potential health effects in small Island states: information for adaptation planning in the health sector*. *Environmental Health Perspectives*, 114, (pp. 1957–1963);
- Escamilla, R.P. (2017). *Food Security and the 2015–2030 Sustainable Development Goals: From Human to Planetary Health: Perspectives and Opinions*. *Current*

Developments in Nutrition, v. 1, n. 7, (pp. 1-8).  
<https://doi.org/10.3945/cdn.117.000513>;

- FAO. (2000). Diagnostic de la situation de l'agriculture, élevage, forêts, pêches et nutrition, dans le cadre de la sécurité alimentaire. Bissau: FAO;
- FAO. (2021). Investing in Smallholder Agriculture for Food Security: A Report by the High-Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition. Disponible: <http://www.fao.org/family-farming/detail/en/c/273868/>;
- Fiala D., Havenith G., Bröde P., Kampmann B., & Jendritzky G. (2012). UTCI-Fiala multi-node model of human heat transfer and temperature regulation. *International Journal of Biometeorology*, vol. 56, no. 3, (pp. 429-441);
- Fotso-Nguemo, T. C., Weber, T., Arona Diedhiou, Chouto, S., Vondou, D. A., Rechid, D., & Jacob, D. (2023). Projected Impact of Increased Global Warming on Heat Stress and Exposed Population Over Africa. *Earth's Future*, 11;
- GIEC. (2007). Bilan 2007 des changements climatiques: Rapport de Synthèse;
- Human Development Index Report. (2020). The next frontier: Human development and the Anthropocene. UNDP;
- IIED- International Institute for Environment and Development. (2008) Impacts du changement climatique sur l'évolution et la viabilité de la réalisation des OMD sur l'ensemble du continent africain. 10ème Réunion du Forum pour le Partenariat avec l'Afrique;
- INE. (2009). Recenseamento geral da população e habitação. Bissau: Instituto Nacional de Estatística;
- IPCC. (2007). Climate change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability;
- IPCC. (2013). Climate change 2013: The physical science basis. Contribution of working group I to the fifth assessment report of the Intergovernmental panel on climate change;
- IPCC. (2023). Synthesis report of the IPCC sixth assessment report (AR6) Summary for policymakers;
- ISO. (1989). Hot environments - estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT-index (wet bulb globe temperature) – ISO 7243 Standard. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization;
- Jalloh, A., Nelson, G.C., Thomas, T.S., Zougmore, R., & Roy-Macauley, H. (2013). West African agriculture and climate change: A comprehensive analysis. Washington, DC: IFPRI Monograph;
- Jendritzky, G., de Dear, R., & Havenith, G. (2011). UTCI—Why another thermal index *International Journal of Biometeorology*, 56(3), (pp. 421–428);

- Junior, A.C., Silva, E.V., Guimarães, R., & Rabelo, D. (2019). Características das Áreas Protegidas em Guiné-Bissau: o caso do Parque Natural dos Tarrafes do Rio Cacheu. Universidade Estadual de Roraima;
- Kjellstrom, T., Freyberg, C., Lemke, B., & Briggs D. J. (2017). Estimating population heat exposure and impacts on working people in conjunction with climate change. *International Journal of Biometeorology*. 62 (3). Springer Nature;
- Kovats, R. S., & Hajat, S. (2008). Heat Stress and Public Health: A Critical Review. *Annual Review of Public Health*, 29(1), 41–55;
- Lee, D.H. (1980). Seventy-five years of searching for a heat index. *Environ Res*; 22, (pp. 331–356);
- Linares, O. (1992). *Power, Prayer and Production: the Jola of Casamance, Senegal*. Cambridge: Cambridge University Press;
- Lucas, R. A., Epstein, Y., & Kjellstrom, T. (2014). Excessive occupational heat exposure: A significant ergonomic challenge and health risk for current and future workers. *Extreme Physiology & Medicine*, 3, (pp. 1–8). <https://doi.org/10.1186/2046-7648-3-14>;
- Ly, M., Traore, S., Alhassane, A., and Sarr, B. (2013). Evolution of some observed climate extremes in the West African Sahel. *Weather and Climate Extremes*, 1, (pp.19-25);
- Matzarakis, A., Lin, T.-P., & Hwang, R.-L. (2010). Shading effect on long-term outdoor thermal comfort. *Building and Environment*, 45(1), (pp. 213–221);
- Medina, N. (2008). *O Ecosistema Orizícola na Guiné-Bissau: Principais Constrangimentos à Produção na Zona I (Regiões de Biombo, Cacheu e Oio) e Perspectivas*. Dissertação (Mestrado). Universidade Técnica de Lisboa-ISA. Lisboa. 83p;
- Mendes, O. (2018). Indicadores das mudanças climáticas no leste da Guiné-Bissau e adaptação camponesa. In SINTIDUS. *Journal of Scientific and Interdisciplinary Studies of the Universidade Lusófona da Guiné*;
- 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>;
- Oke, T. R., Mills, G., Christen, A., & Voogt, J. A. (2017). *Urban Climates*. Cambridge University Press (pp. 385-407);
- PANA Guinée-Bissau. (2006). *Communication nationale initiale de la Guinée-Bissau sur les changements climatiques*;
- Parsons, K.C., Fox, J.G., Metz, B. (1995). The Commission of the European Communities Seminar on heat stress indices. *Ergonomics*; 38, (pp. 1–5);

- Peel, M. C., Finlayson, B. L., & McMahon, T. (2007). Updated World Map of the Koppen-Geiger Climate Classification;
- Phanprasit, W., Rittaprom, K., Dokkem, S., Meeyai, A., Boonyayothin, V., Jaakkola, J., & Näyhä, S. (2021). Climate Warming and Occupational Heat and Hot Environment Standards in Thailand. *Safety and Health at Work*, 12(1), (pp. 119–126);
- Pye-Smith, C. (2012). Farming's climate-smart future: placing agriculture at the heart of climate-change policy;
- Ramírez-Villegas, j., Challinor, A. J., Thornton, P. K., & Jarvis, A. (2013). Implications of regional improvement in global climate models for agricultural impact research. *Environmental Research Letters*, 8(2). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/2/024018>;
- Recha, J., Kapukha, M., Wekesa, A., Shames, S., & Heiner, K. (2014). Sustainable agriculture land management practices for climate change mitigation: A training guide for smallholder farmers. Washington DC: EcoAgriculture Partners;
- Ritzema, H., Elbers, H. A. J., & Jallow, B. G. (1996). Rice Cultivation in Tidal Areas in the Gambia;
- Rothfusz, L. (1990). The Heat Index “Equation” (or, More Than You Ever Wanted to Know About Heat Index). Disponível em: [https://www.weather.gov/media/ffc/ta\\_htindx.PDF](https://www.weather.gov/media/ffc/ta_htindx.PDF);
- Scovronick, N., Sera, F., Acquotta, F., Garzena, D., Fratianni, S., Wright, C. Y., & Gasparrini, A. (2018). The association between ambient temperature and mortality in South Africa: A time-series analysis. *Environmental Research*, 161, (pp. 229–235). <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.11.001>;
- Shah, A.A., Gong, Z., Khan, N., Ali, M., & Naqvi, A. (2021). Livelihood diversification in managing catastrophic risks: evidence from flood-disaster regions of Khyber Pakhtunkhwa Province of Pakistan. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(30), (pp. 40844-40857). <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13598>;
- 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. ResearchGate; Springer Nature;
- Steadman, R.G. (1979a). The assessment of sultriness. Part I: A temperature-humidity index based on human physiology and clothing science. *J Appl Meteorol* 18, (pp. 861–873);
- Steadman, R.G. (1979b). The assessment of sultriness. Part II: Effects of wind, extra radiation and barometric pressure on apparent temperature. *J Appl Meteorol* 18, (pp. 874–885);

- Sultan, B. (2011). Les impacts du climat en Afrique de l'Ouest. Paris: Laboratoire d'Océanographie et de Climatologie par l'Expérimentation et l'Approche Numérique (LOCEAN), Université Pierre et Marie Curie;
- Tappan, G., Cushing, M., Cotillon, S. E., Hutchinson, J. A., Pengra, B., Alfari, I., Herrmann, S. M., Botoni, E., & Soulé, A. (2016). Landscapes of West Africa: A window on a changing world. EROS Center;
- Teeken, B.W.E., Nuijten, E., Temudo, M., & Richards, P. (2012). Maintaining or Abandoning African Rice: Lessons for Understanding Processes of Seed Innovation. Springer Nature;
- Temudo, M. (2011). Planting Knowledge, Harvesting Agro-Biodiversity: A Case Study of Southern Guinea-Bissau Rice Farming. *Human Ecology*, 39(3), (pp. 309–321). <https://doi.org/10.1007/s10745-011-9404-0>;
- Temudo, M., Cabral, A.I.R. (2017). The Social Dynamics of Mangrove Forests in Guinea-Bissau, West Africa. *Human Ecology*, 45(3), (pp. 307–320). <https://doi.org/10.1007/s10745-017-9907-4>;
- Temudo, M., Cabral, A.I.R., & Reis, P. (2022). The Sea Swallowed our Houses and Rice Fields: The Vulnerability to Climate Change of Coastal People in Guinea-Bissau, West Africa. *Human Ecology*, 50(5), (pp. 835–850). <https://doi.org/10.1007/s10745-022-00352-2>;
- Thornton, P. K., Ericksen, P. J., Herrero, M., & Challinor, A. J. (2014). Climate variability and vulnerability to climate change: a review. *Global Change Biology*, 20(11), (pp. 3313–3328). <https://doi.org/10.1111/gcb.12581>;
- UNFCCC. (1992). Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas;
- World Bank. (2007). Population issues in the 21st century: The role of the World Bank;
- Wyndham, C. H. (1965). A survey of the causal factors in heat stroke and of their prevention in the gold mining industry. *J S Afr Inst Mining Metallurgy*;
- Zare, S.; Hasheminejad, N.; Shirvan, H.; Hemmatjo, R.; Sarebanzadeh, K., & Ahmadi, S. (2018). Comparing Universal Thermal Climate Index (UTCI) with selected thermal indices/environmental parameters during 12 months of the year. *Weather and Climate Extremes*, 19, 49–57. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2018.01.004>;
- Zhao, F. J.; Wang, P. (2020). Arsenic and Cadmium Accumulation in Rice and Mitigation Strategies. *Plant Soil*, v. 446, s/n, (pp. 1-21). <https://doi.org/10.1007/s11104-019-04374-6>;

## 9. Webgrafia

- Afrique Verte - Sécurité et Souveraineté Alimentaires Au Sahel. (2023). *Calendrier Cultural: Riz, Mil et Sorgho*. Adaptado. Disponível em: <http://www.afriqueverte.org/>;
- Categorias de stress térmico-WBGT. Fonte: Korey Stringer Institute, University of Connecticut. Disponível em: <https://ksi.uconn.edu/wet-bulb-globe-temperature-monitoring/>;
- DeSIRA-Malmon. Disponível em: <https://www.malmon-desira.com/>;
- European Space Agency (2010), globcover 2009. Disponível em: [http://due.esrin.esa.int/page\\_globcover.php](http://due.esrin.esa.int/page_globcover.php) ;
- IPMA- Instituto Português do Mar e da Atmosfera. Disponível em: <https://www.ipma.pt/pt/enciclopedia/index.html>;
- METER group. Disponível em: <https://metergroup.com/>;