



**FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA**

Trabalho de Licenciatura em Meteorologia

**Tema: Caracterização dos Sistemas de Tempo que Influenciaram na
Ocorrência de Precipitação Extrema na Zona Sul de Moçambique entre os dias
23 e 24 de Março de 2024**

Autor: Frank Miguel Ndloze



**FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA**

Trabalho de Licenciatura em Meteorologia

**Tema: Caracterização dos Sistemas de Tempo que Influenciaram na
Ocorrência de Precipitação Extrema na Zona Sul de Moçambique entre os
dias 23 e 24 de Março de 2024**

Autor: Frank Miguel Ndloze

Supervisor: Doutor Gilberto M. G. Mahuamene

Co-Supervisor: MSc. Marcelino Macome

Co-Supervisor: Lic. Guelso Manjate (INAM)

Maputo, Junho de 2025

DEDICATÓRIA

Este trabalho dedico:

Aos meus pais **Miguel Francisco Ndloze** (em memória) e **Antónia Américo Sapanda**.

Aos meus queridos irmãos, (Graça da Conceição Chaleca, Manuel Chaleca, Rita Chaleca, Luis Paulo Chaleca, Inircia Ndloze e Fortunato Ndloze)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a meu querido pai (em memória), **Miguel Francisco Ndloze**, pelo todo apoio que deu me na minha formação, o amor, a dedicação e sacrifício. Seu esforço, seus ensinamentos e seu exemplo de coragem continuam vivos em mim, guiando cada passo que dou Obrigado por tudo, meu pai, esta conquista também é sua.

Agradeço à minha mãe, **Antónia Américo Sapanda**, por cada ensinamento, cada incentivo e cada gesto de carinho que me ajudaram a chegar até aqui. Mãe, esta vitória é nossa, e meu sucesso será sempre um reflexo do seu imenso amor.

Agradeço aos meus queridos irmãos, pelo apoio, a motivação e a confiança que depositaram em mim foram fundamentais para que eu chegasse até aqui.

Agradeço a meus supervisores **Phd Gilberto Mahumane e Dr Marcelino Macome** pelos ricos ensinamentos e todo auxílio durante a formação e na realização da tese. Expresso minha profunda gratidão ao meu co-supervisor, **Guelso Manjate**, pelo apoio inestimável, pelos ensinamentos valiosos e pela presença constante, mesmo estando do outro lado do oceano. Sua orientação e dedicação foram fundamentais para o meu crescimento acadêmico e pessoal.

Expresso minha sincera gratidão a todos os Docentes do **Departamento de Física**, que, com dedicação e compromisso, contribuíram para minha formação. Cada ensinamento, cada orientação e cada incentivo foram essenciais para meu crescimento acadêmico e profissional.

Quero expressar minha profunda gratidão ao meus professores da **Escola Primária e Secundária da Liberdade, Helena Zandamela e Fernando Eduardo Sindique, respectivamente**, pelos ricos ensinamentos, dedicação, carinho, paciência e sempre por terem me incentivado em alcançar o mais longe.

Agradeço aos meus colegas **Virgínia Júlio Bila, Guilhermina Adélia Libanga, Pedro João Laice, Laura Taís Hele**, e a todos os colegas do **Departamento de Física** pelo imenso apoio, amizade e companheirismo e partilha de, momentos de aprendizado, desafios e conquistas.

Agradeço aos meus amigos **Tomé Gamboa, Alcídio Nhabinde, Mildon Carlos Nombora, Isabel Alexandre** e a todos os demais amigos pelo imenso apoio, amizade e companheirismo e partilha de, momentos de aprendizado, desafios e conquistas.

Agradeço sinceramente a todos que, de forma directa ou indirecta, contribuíram para minha formação, pelo apoio, incentivos e cada ensinamento.

Agradeço ao Instituto Nacional de Meteorologia (INAM) pela cedência de dados de precipitação.

DECLARAÇÃO DE HONRA

Declaro, por minha honra, que este trabalho é da minha autoria, resulta das pesquisas feitas e das orientações dadas pelos meus supervisores. Toda informação aqui contida é original e todas as fontes consultadas estão devidamente citadas no texto e nas referências bibliográficas. Os resultados obtidos nunca foram apresentados para a obtenção de qualquer outro grau acadêmico.

O autor

.....

(Frank Miguel Ndloze)

RESUMO

Moçambique é um país vulnerável aos eventos climáticos extremos tais como: ciclones tropicais, secas e inundações, que tem causado vários danos socioeconómico, a dificuldade da previsão da precipitação devido a complexidade de factores climáticos que influenciam o regime da precipitação, tem afectado directamente vários sectores, além de aumentar os riscos de desastres naturais. O presente trabalho tem como objectivo caracterizar os sistemas de tempo que influenciaram na precipitação extrema no sul de Moçambique entre os dias 23 e 24 de Março de 2024. Para se alcançar este objectivo foram utilizados dados diários de precipitação observada (08 horas do dia anterior às 08 horas do dia seguinte) nas províncias de Maputo, Gaza e Inhambane, dados da rede de Estações Meteorológicas da Zona Sul foram cedidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INAM) e dados horários (00, 06, 12 e 18 UTC) no formato netcdf, do vento, humidade relativa, vorticidade relativa, divergência do vento, pressão, geopotencial, índice K e CAPE nos níveis atmosféricos de 850hPa, 700hPa 500Hpa e 200hPa foram obtidos da Reanalyse ERA5 do modelo *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF)*. Os resultados mostram a variação da intensidade do cavado do canal de Moçambique (MCT), a presença de um cut off low (COL), um cavado de níveis superiores (CNS) formado pela corrente de jacto (CJs), advecção da humidade relativa do oceano para o continente, valores altos de índice K e CAPE sugerindo uma atmosfera instável. Este trabalho irá ajudar ou auxiliar os meteorologistas na percepção de interacção de diferentes sistemas sinópticos e na previsão das precipitações intensas, permitindo uma melhor preparação e resposta a eventos extremos.

Palavras-chave: Instabilidade Atmosférica, Precipitação, Sistemas Meteorológicos.

ABSTRACT

Mozambique, a country vulnerable to extreme weather events such as tropical cyclones, droughts and floods, causing significant damage to infrastructure. The difficulty in predicting precipitation due to the complexity of climatic factors that influence the precipitation regime has directly affected several sectors, in addition to increasing the risk of natural disasters. The present work aims to characterize the weather systems that influenced extreme precipitation in southern Mozambique between March 23 and 24, 2024. To achieve this objective, daily data of observed precipitation (08:00 of the previous day to 08:00 of the next day) in the provinces of Maputo, Gaza and Inhambane were used, data from the network of Meteorological Stations of the Southern Zone were provided by the National Institute of Meteorology (INAM) and hourly data (00, 06, 12 and 18 UTC) in netcdf format, of wind, relative humidity, relative vorticity, wind divergence, pressure, geopotential, K index and CAPE at the atmospheric levels of 850hPa, 700hPa 500hPa and 200hPa were obtained from the ERA5 Reanalysis of the European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) model. The results show the variation of the MCT intensity, the presence of a (COL), a CNS formed by the CJs, advection of relative humidity from the ocean to the continent, high values of K index and CAPE suggesting an unstable atmosphere. This work will help or assist meteorologists in perceiving the interaction of different synoptic systems and in predicting intense precipitation, allowing better preparation and response to extreme events.

Keywords: Atmospheric Instability, Precipitation, Meteorological Systems.

ACRONÍMOS E ABREVIATURAS

AA	Alta Pressão do Atlântico
AI	Alta Pressão do Índico
AS	Anticiclones Subtropicais
CAPE	Energia potencial disponível para convecção
CJs	Correntes de Jactos
CNS	Cavado de níveis superiores
COL	Cut off low
E	Este
ECMWF	Centro Europeu de Previsões Meteorológicas a Médio Prazo (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts)
ERA5	Quinta Geração da Reanálise atmosférica do clima global do ECMWF
HR	Humidade Relativa
Map/Mav	Maputo Mavalane
Map/Obs	Maputo Observatório
MCT	Cavado do canal de Moçambique
MSLP	Pressão média do nível do mar
NE	Noroeste
NETCDF	Network Common Data Form
S	Sul
SA	Sul de África
SICZ	Zona de convergência do sul do índico
TTT	Cavados tropicais temperados
EU	Vento zonal médio sobre o canal norte de Moçambique que flui em direcção a Madagáscar entre 9 – 15°S e 44°E
UTC	Tempo universal coordenado
UW	Vento zonal médio que penetra no sul do Continente africano
VN	Vento meridional médio entre 40 – 50°E e 1°S
VS	Vento meridional médio entre 40 – 50°E e 9°S
ZCIT	Zona de convergência intertropical

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ilustração da precipitação convectiva (Fonte: https://www.infoescola.com/wp-content/uploads/2009/10/chuva-convectiva.jpg)	6
Figura 2: Ilustração da precipitação Frontal (Fonte: https://www.infoescola.com/wp-content/uploads/2009/10/chuva-ciclonica.jpg)	7
Figura 3: Ilustração da precipitação Orográfica (Fonte: https://www.infoescola.com/wp-content/uploads/2009/10/chuva-orografica.jpg)	8
Figura 4: Posições médias das altas subtropicais (Fonte: Tyson e Whyte, 2017).	9
Figura 5: Ciclone Tropical Filipo (fonte: https://i.ytimg.com/vi/lAVZLmIM9hQ/hqdefault.jpg).	10
Figura 6: Esquemas do MCT nos meses de Janeiro e Março, as setas representam o fluxo de humidade (Fonte: Barimalala et all., 2022)	12
Figura 7: Posição anual da ZCIT. (Fonte: Nzango, 2018)	13
Figura 8: Imagens de satélite mostrando bandas de nuvens típicas de TTTs sobre a África Austral em 2 e 7 de Dezembro de 2005. (Fonte: Manhique et all., 2009).	14
Figura 9: Ilustração de ondas de Oeste (Linhas grossas) (Fonte: Tshehla, 2008).	15
Figura 10: Ilustração de um Cut Off Low sobre a Africa Austral (Fonte: Tyson e Whyte (2017)).	17
Figura 11: Área de Estudo. (https://mozambiqueimagebank.files.wordpress.com/2012/07/zona-sul_map.jpg)	18
Figura 12: Precipitação registada em Maputo Cidade e Maputo Província.	21
Figura 13: Precipitação registada na província de Gaza.	22
Figura 14: Precipitação registada na província de Inhambane.	23
Figura 15: Análise comparativa dos mapas computadorizados e as cartas sinópticas.	24
Figura 16: Intensidade do vento em 200 hPa no dia 23 de Março de 2024.	26
Figura 17: Intensidade do vento em 200 hPa no dia 24 de Março de 2024.	26
Figura 18: Intensidade do vento em 850 hPa no dia 23 de Março de 2024.	27
Figura 19: Intensidade do vento em 850 hPa no dia 24 de Março de 2024.	27
Figura 20: Análise da altura geopotencial em 200 hPa no dia 23 de Março de 2024	28
Figura 21: Análise da altura geopotencial em 200 hPa no dia 24 de Março de 2024.	29
Figura 22: Análise da altura geopotencial em 500 hPa no dia 24 de Março de 2024.	29

Figura 23: Análise da altura vorticidade em 200 hPa no dia 23 de Março de 2024.....	31
Figura 24: Análise da altura vorticidade em 200 hPa no dia 24 de Março de 2024.....	31
Figura 25: Análise da altura vorticidade em 850 hPa no dia 23 de Março de 2024.....	32
Figura 26: Análise da altura vorticidade em 850 hPa no dia 24 de Março de 2024.....	32
Figura 27: Análise da humidade relativa em 200 hPa no dia 23 de Março de 2024.	34
Figura 28: Análise da humidade relativa em 200 hPa no dia 24 de Março de 2024.	34
Figura 29: Análise da humidade relativa em 850 hPa no dia 23 de Março de 2024.	35
Figura 30: Análise da humidade relativa em 200 hPa no dia 24 de Março de 2024.	35
Figura 31: Análise da divergência do vento em 200 hPa no dia 23 de Março de 2024.....	36
Figura 32: Análise da divergência do vento em 200 hPa no dia 24 de Março de 2024.....	37
Figura 33: Análise da divergência do vento em 850 hPa no dia 23 de Março de 2024.....	37
Figura 34: Análise da divergência do vento em 850 hPa no dia 24 de Março de 2024.....	38
Figura 35: Análise do CAPE no dia 23 de Março de 2024.....	39
Figura 36: Análise do CAPE no dia 23 de Março de 2024.....	39
Figura 37: Análise do CAPE no dia 24 de Março de 2024.....	40
Figura 38: Análise do CAPE no dia 24 de Março de 2024.....	40
Figura 39: Análise do CAPE no dia 23 de Março de 2024.....	41
Figura 40: Análise do CAPE no dia 23 de Março de 2024.....	42
Figura 41: Análise do CAPE no dia 24 de Março de 2024.....	42
Figura 42: Análise do CAPE no dia 24 de Março de 2024.....	43

LISTA DE TABELA

Tabela 1: Classificação da precipitação quanto a intensidade (INAM, 2009).	6
Tabela 2: Valores de referências do índice K (Luciana et all., 2015).....	20
Tabela 3: Valores de referências do CAPE. (Fonte: Toledo, 2017).	20

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice 1: Campos de pressão do nível médio do mar entre os dias 22, 23 e 24.	50
Apêndice 2: Análise dos campos do vento em 850 hpa entre os dias 22, 23 e 24.	50
Apêndice 3: Análise dos campos do vento em 700 hpa entre os dias 22, 23 e 24.	51
Apêndice 4: Análise dos campos do vento em 500 hpa entre os dias 22, 23 e 24.	51
Apêndice 5: Análise dos campos do vento em 200 hpa entre os dias 22, 23 e 24.	52
Apêndice 6: Análise da altura geopotencial entre os dias 22, 23 e 24.	52
Apêndice 7: Análise da altura geopotencial entre os dias 22, 23 e 24.	53
Apêndice 8: Análise da altura geopotencial entre os dias 22, 23 e 24.	53
Apêndice 9: Análise da altura geopotencial entre os dias 22, 23 e 24.	54
Apêndice 10: Análise da vorticidade relativa entre os dias 22, 23 e 24.	54
Apêndice 11: Análise da vorticidade relativa entre os dias 22, 23 e 24.	55
Apêndice 12: Análise da vorticidade relativa entre os dias 22, 23 e 24.	55
Apêndice 13: Análise da vorticidade relativa entre os dias 22, 23 e 24.	56
Apêndice 14: Análise da divergência entre os dias 22, 23 e 24.	56
Apêndice 15: Análise da divergência entre os dias 22, 23 e 24.	57
Apêndice 16: Análise da divergência entre os dias 22, 23 e 24.	57
Apêndice 17: Análise da divergência entre os dias 22, 23 e 24.	58
Apêndice 18: Análise da humidade relativa entre os dias 22, 23 e 24.	58
Apêndice 19: Análise da humidade relativa entre os dias 22, 23 e 24.	59
Apêndice 20: Análise da humidade relativa entre os dias 22, 23 e 24.	59
Apêndice 21: Análise da humidade relativa entre os dias 22, 23 e 24.	60

Índice

DEDICATÓRIA	i
AGRADECIMENTOS.....	ii
DECLARAÇÃO DE HONRA	iv
RESUMO	v
ABSTRACT	vi
ACRONÍMOS E ABREVIATURAS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELA	x
LISTA DE APÊNDICES	xi
CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO E OBJECTIVOS.....	1
1. Introdução.....	1
1.1. Motivação.....	2
1.2. Justificativa.....	3
1.3. Aplicação dos Resultados do Estudo	3
1.4. Objectivos.....	4
1.4.1. Objectivo Geral.....	4
1.4.2. Objectivos Específicos	4
CAPÍTULO 2: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1. Precipitação	5
2.1.1. Classificação da Precipitação	5
2.2. Sistemas de tempo que Influenciam a Precipitação na África Austral (Moçambique)	8
2.2.1. Anticiclones Subtropicais.....	8
2.2.4. Cavado do Canal de Moçambique (MCT)	11
2.2.5. Zona de Convergência Intertropical (ZCIT)	12

2.2.6. Cavados Tropicais Temperados (TTT)	13
2.2.7. Cavado de Nível Superior (CNS)	14
2.3. Vulnerabilidade de Moçambique à Eventos Climáticos	17
CAPÍTULO 3: METODOLOGIA	18
3.1. Área de Estudo.....	18
3.2. Dados.....	19
3.3. Métodos.....	19
CAPÍTULO IV: RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
4.1. Análise dos gráficos da Precipitação registada nas Províncias Maputo, Gaza e Inhambane	21
4.2. Análise comparativa das posições dos centros de pressões	23
4.3. Análise dos Campos de Ventos em Diferentes Níveis de Pressão	24
4.4. Análise da Altura Geopotencial.....	28
4.5. Análise Vorticidade Relativa e da Humidade Relativa.....	30
4.6. Análise da Divergência do Vento	36
4.7. Análise dos Índices de Instabilidade	38
CAPÍTULO 5: CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	44
5.1. Conclusão	44
5.2. Recomendações	45
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46
APÊNDICES	50

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO E OBJECTIVOS

1. Introdução

A África Austral é influenciada por diversos sistemas meteorológicos e climáticos, como anticlones subtropicais, ciclones tropicais, frentes frias, cut-off lows, cavados de níveis superiores, zona de convergência intertropical, cavado do canal de Moçambique e cavados tropicais temperados (Uele et al., 2017). Xulu et al., (2023) sugerem que Todos os anos, sistemas de baixa pressão de núcleo frio (COL) produzem condições climáticas severas e chuvas pesadas, muitas vezes levando a inundações, devastação e interrupção de actividades socioeconómicas no sul de África. Uele et al., (2017) defendem que Os ciclones tropicais atingem ocasionalmente as regiões costeiras de Moçambique e sul-africana, e induzem eventos extremos de precipitação e, conseqüentemente enchentes em Moçambique. O período com maior actividade ciclónica estende-se de Novembro até Abril. Cerca de três a cinco ciclones se formam no Canal de Moçambique por ano e duram em média de seis dias a uma semana, às vezes até um mês, desde a sua formação até a dissipação. Na Região Sul de Moçambique, observam-se totais mensais de precipitação em torno de 50 a 150 mm, sendo esses valores influenciados pela grande variabilidade inter-anual das chuvas. Os maiores totais ocorrem entre os meses do verão Austral (Dezembro a Fevereiro), principalmente, no litoral (em torno de 850 - 1000 mm anual) (Uele et al., 2017).

Moçambique é afectado por sistemas meteorológicos que causam precipitações intensas, causando inundações e conseqüentemente provocando danos significativos em infra-estruturas públicas e privadas. A previsão da precipitação tem sido um desafio e continua sendo um grande desafio devido à complexidade dos sistemas ou factores meteorológicos. Padrões atmosféricos regionais e globais, como a variação da temperatura do Oceano Índico e específicos como El Niño e La Niña, desempenham um papel crucial na distribuição e intensidade das precipitações. No entanto, a escassez de dados meteorológicos em tempo real, as infra-estruturas limitadas para monitoramento climático e a falta de modelos preditivos mais avançados comprometem a precisão das previsões.

A previsão do tempo e o monitoramento climático ajudam a minimizar impactos negativos e a aproveitar melhor os recursos naturais, beneficiando tanto a economia quanto a qualidade de vida da população. Em Moçambique, o INAM usa modelos de previsão global e regional. Segundo Agência de Cooperação Internacional do Japão, 2018 propõem que de modo a apoiar o desenvolvimento económico em Moçambique e contribuir para a segurança e bem-estar públicos, é necessário que o país aumente a sua capacidade de resposta a desastres naturais e, especialmente no que se refere ao INAM, reforce as capacidades de observação meteorológica, previsão do tempo e alertas, desenvolvimento da capacidade no sentido de emitir melhores previsões e alertas meteorológicos através da utilização de dados de qualidade controlada.

O conhecimento desses sistemas meteorológicos é essencial para prevenir desastres naturais, garantir a segurança nos transportes, auxiliar a agricultura, proteger a saúde pública e otimizar a geração de energia e decisões mais estratégicas e sustentáveis.

1.1.Motivação

Moçambique é um país do sudeste de África, ciclicamente assolada por cheias e inundações. Na região Sul de Moçambique (províncias de Maputo, Gaza e Inhambane) Nos dias 23 e 24 de Março de 2024 registaram-se precipitações intensas em vários pontos da região Sul. O que causou danos socioeconómicos significativos como perdas humanas, inundações, alagamentos, cortes de vias de acesso (estradas), infra-estruturas públicas e privadas destruídas (casas, escola, hospitais e etc). Segundo INAM (2009), considera-se precipitação intensa caso seja maior a 75 mm em 24h.

Os valores elevados da precipitação registada durante o período de estudo foi o motivo que impulsionou a realização desse trabalho com vista a responder quais os possíveis sistemas meteorológicos foram responsável por elevado volume de precipitação na zona sul de Moçambique. A identificação e caracterização dos sistemas sinóticos responsáveis por esse evento são fundamentais para melhorar a previsão meteorológica e fortalecer os sistemas de alerta precoce, reduzindo os impactos socioeconómicos e ambientais. Além disso, compreender a dinâmica atmosférica associada a esses episódios contribui para o aprimoramento dos modelos climáticos e para o desenvolvimento de estratégias de mitigação e adaptação a eventos extremos no futuro.

1.2.Justificativa

Moçambique é reconhecido como sendo um dos países de África mais vulneráveis às alterações climáticas ao longo da sua costa. O país está exposto a eventos climáticos extremos, sendo os mais frequentes as secas, cheias, inundações, ciclones e tempestades tropicais (Mosca e Lasse, 2023), devido à predominância das precárias condições socioeconómicas da população (prática de agricultura dependente de condições climáticas e de baixa produtividade), associadas à localização geográfica do país, a jusante de cerca de 9 bacias hidrográficas, na costa oeste da zona de desenvolvimento dos ciclones tropicais (Mosca e Lasse, 2023). O período chuvoso, que vai de Outubro a Março é a época em que se verifica a maior ocorrência de precipitações intensas, que se vão repetindo de ano após ano. Devidos os impactos causados pelas grandes quantidades de precipitação na região sul de Moçambique, nas províncias de Maputo, Gaza e Inhambane. Para a presente pesquisa faz-se a identificação e a caracterização dos sistemas de tempos que contribuíram na precipitação extrema observada a sul de Moçambique entre os dias 23 e 24 de Março de 2024.

1.3.Aplicação dos Resultados do Estudo

O presente trabalho irá contribuir para dar a conhecer os sistemas de tempo que influenciaram na queda de precipitação elevada no sul de Moçambique nos dias 23 e 24 de Março de 2024, que é de extrema importância quantificar e clarificar as causas que originaram a queda de precipitações intensas que ocasionaram inundações urbanas, perdas de bens materiais, entre outros. Os resultados apresentados no trabalho será uma contribuição na previsão operacional fornecendo importantes descrições de interacções de sistemas meteorológicos que afectam a região da África Austral, em especial Moçambique e que ocasionam precipitação, de modo a prevenir situações futuras adversas.

1.4.Objectivos

1.4.1. Objectivo Geral

- ✓ Caracterizar os sistemas de tempo que influenciaram na precipitação extrema no sul de Moçambique entre os dias 23 e 24 de Março de 2024.

1.4.2. Objectivos Específicos

- ✓ Descrever o comportamento da precipitação, temperatura do ar, humidade relativa e do vento entre os dias 23 e 24 de Março de 2024;
- ✓ Fazer uma análise comparativa da precipitação observada nas províncias de Maputo, Gaza e Inhambane.
- ✓ Descrever e enumerar os sistemas de tempo que contribuíram para a precipitação extrema entre os dias 23 e 24 de Março de 2024;

CAPÍTULO 2: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1.Precipitação

Precipitação refere-se ao fenómeno meteorológico que envolve a queda de água da atmosfera para a superfície terrestre. Ou seja, é o resultado de um estado avançado de condensação, que ocorre, quando a força gravitacional supera a força que mantém a humidade suspensa e esta atinge o solo sob a forma líquida (chuva ou chuveiro/garofa) ou sólida (granizo, saraiva e neve) (Torres e Machado, 2008).

2.1.1. Classificação da Precipitação

A precipitação no estado líquido e sólido classifica-se de acordo com as dimensões das gotas, intensidade, o tipo de nuvem e os mecanismos que conduzem a condensação do vapor de água e á agregação das gotas.

2.1.1.1.Classificação da Precipitação Segundo as Dimensões das Gotas

Segundo Peter (2020) quanto à dimensão das gotas ou formas a precipitação pode ser:

- ✓ **Chuva-** precipitação contínua de água líquida cujas gotas tem um diâmetro superior ou igual a 0.5mm.
- ✓ **Chuveiro-** precipitação contínua de água líquida cujas gotas de água são muito unidas e de diâmetros inferiores a 0.5mm.
- ✓ **Neve-** Precipitação de cristais de gelo que na sua maioria são ramificados.
- ✓ **Granizo-** precipitação de graus de gelo de diâmetro inferior a 5mm.
- ✓ **Saraiva-** Precipitação de grânulos ou fragmentos de gelo que o diâmetro é superior a 5mm.
- ✓ **Aguaceiro-** precipitação descontínua cuja queda raramente ultrapassa 30 minutos. Pode ser constituído por chuva, saraiva ou granizo.

2.1.1.2.Classificação da Precipitação Quanto a Intensidade

Classificação da precipitação segundo a intensidade.

Chuva	Intensidade
Fraca	Menor que 30 mm/24h
Moderada	30 á 50 mm/24h
Forte	50 á 75 mm/24h
Intensa	Maior que 75 mm/24h

Tabela 1: Classificação da precipitação quanto a intensidade (INAM, 2009).

2.1.1.3. Classificação da precipitação quanto a formação

A precipitação pode ser classificada em três tipos principais, de acordo com sua formação:

✓ **Precipitação Convectivas**

A precipitação convectiva é formada a partir da ascensão de uma massa de ar quente e húmido. Com o aumento da concentração de vapor de água ou com o resfriamento dessa massa de ar (em função da altitude), ocorre a saturação do ar, resultando em precipitações intensas (Torres e Machado, 2008). Normalmente são de curta duração que frequentemente são acompanhadas de trovoadas e granizos. Esta precipitação é mais frequente nas regiões tropicais, ocorrendo também, nos períodos quentes, nas regiões temperadas (Peixoto, 1973).

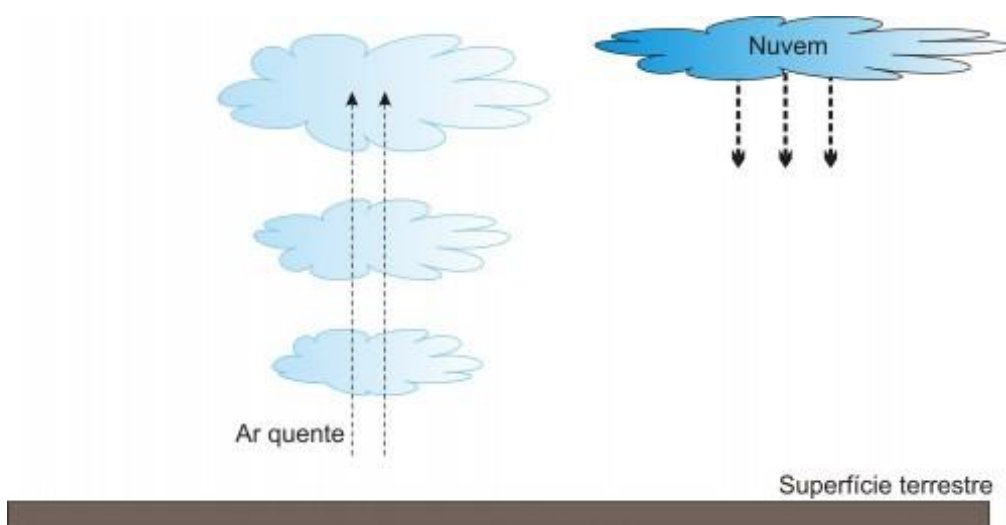


Figura 1: Ilustração da precipitação convectiva (Fonte: <https://www.infoescola.com/wp-content/uploads/2009/10/chuva-convectiva.jpg>)

✓ Precipitação Frontal

As precipitações frontais estão associadas com a instabilidade causada pelo encontro de duas massas de ar de características térmicas diferentes (uma massa de ar quente e outra de ar frio) (figura 2). É uma precipitação moderadamente intensa, contínua e que afecta áreas bastante extensas. (Torres e Machado, 2008).

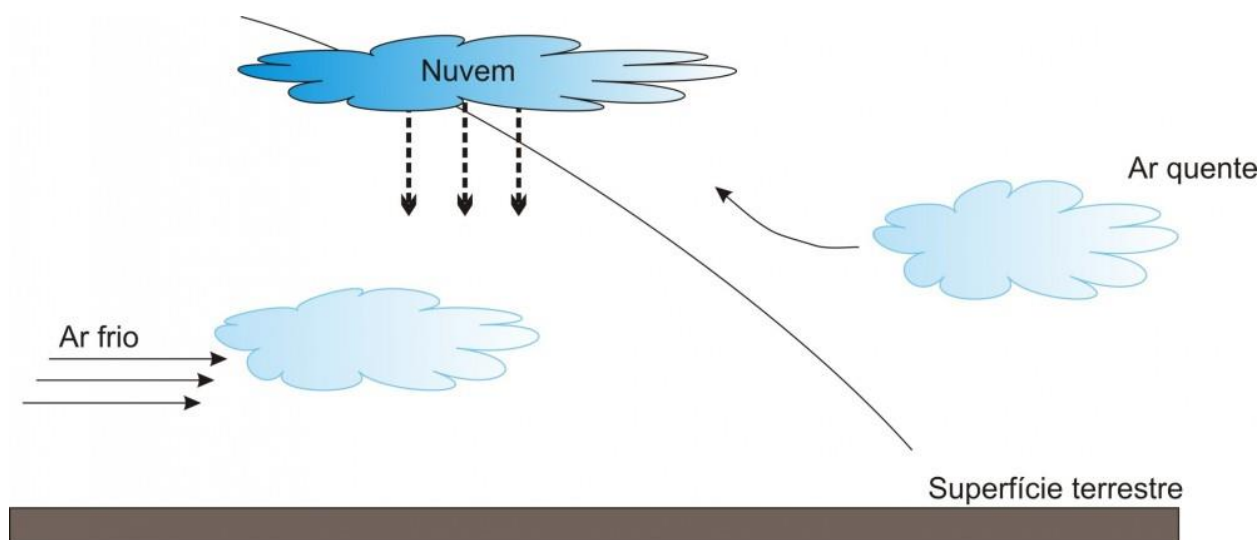


Figura 2: Ilustração da precipitação Frontal (Fonte: <https://www.infoescola.com/wp-content/uploads/2009/10/chuva-ciclonica.jpg>)

✓ Precipitação Orográficas

As precipitações orográficas ocorrem devido à ascensão forçada de ventos húmidos ante um obstáculo do relevo (figura 3). O ar, é obrigado a se elevar para transpor o obstáculo, resfria-se (com a altitude), podendo saturar-se. As vertentes do obstáculo voltadas para o vento, ficam cobertas de nuvens das quais cai a precipitação. Do outro lado do obstáculo, o ar descendente é seco e, em geral, frio, com suas características iniciais modificadas (Torres e Machado, 2008).

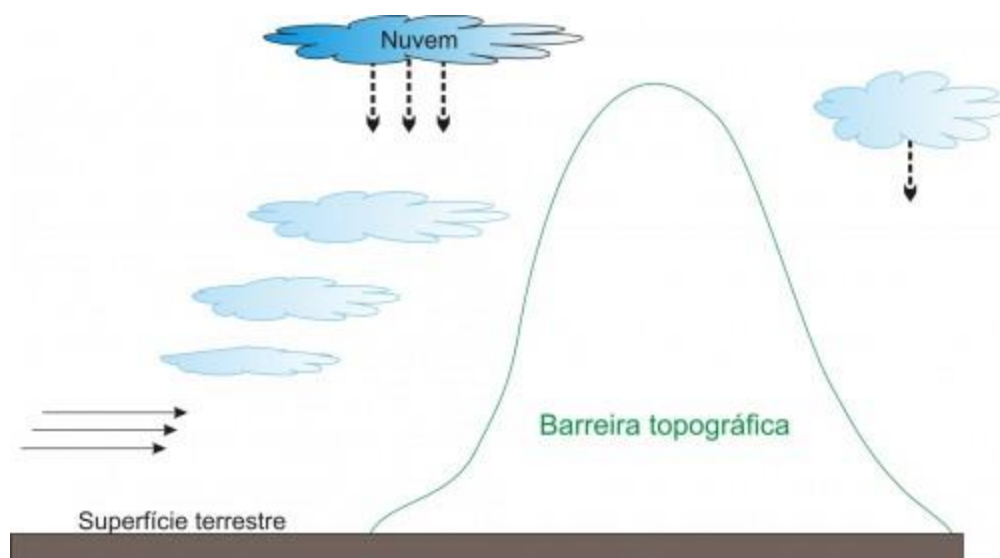


Figura 3: Ilustração da precipitação Orográfica (Fonte: <https://www.infoescola.com/wp-content/uploads/2009/10/chuva-orografica.jpg>)

2.2. Sistemas de tempo que Influenciam a Precipitação na África Austral (Moçambique)

2.2.1. Anticiclones Subtropicais

Os anticiclones subtropicais são núcleos de altas pressões, semipermanentes constituída por uma circulação que tem sentido anti-horário no Hemisfério Sul. São caracterizados pela pressão média ao nível do mar diminuindo do centro para a vizinhança.

Sobre a região Austral de África, encontra-se as altas subtropicais de Mascarenhas (no Oceano Índico) e de Santa Helena (no Oceano Atlântico) que influenciam significativamente o clima da África Austral. Esses sistemas apresentam um movimento sazonal. Durante o verão austral, deslocam-se para latitudes mais ao sul, permitindo maior entrada de humidade sobre a região. Já no inverno austral, recuam para o norte, diminuindo a influência de humidade e favorecendo condições mais secas (Ayoade, 2003). Para Silva Dias et al., (2002) a vorticidade anticiclónica em baixos níveis está geralmente associada à subsidência, que limita o desenvolvimento vertical das nuvens e, consequentemente, a ocorrência de precipitação.

A Alta de Mascarenhas é responsável por gerar ventos alísios de sudeste que transportam humidade para áreas próximas à costa leste da África Austral. Por outro lado, a Alta de Santa

Helena produz ventos alísios de nordeste no Atlântico Sul, que geralmente inibem a formação de nuvens e bloqueiam sistemas de baixa pressão que poderiam trazer precipitação (Ayoade, 2003).

Essas altas pressões estão associadas ao céu claro e à estabilidade atmosférica, o que resulta em dias quentes e noites frias, devido à ausência de cobertura de nuvens (Ayoade, 2003). A figura 4 mostra as posições médias das Altas do Índico e do Atlântico.

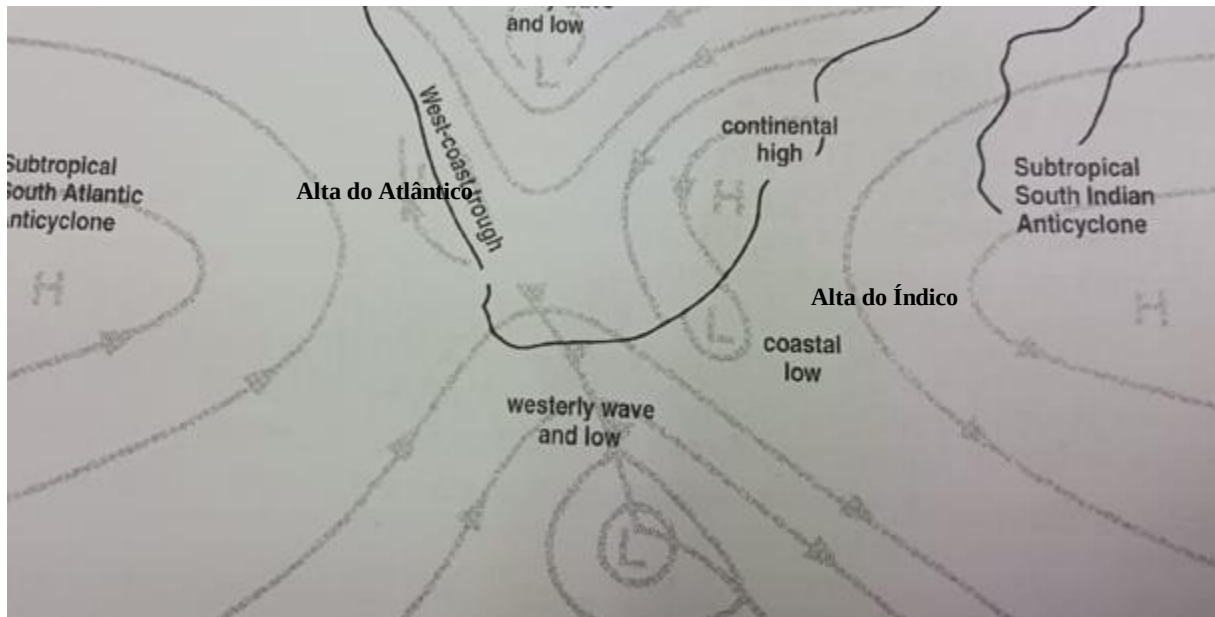


Figura 4: Posições médias das altas subpolares (Fonte: Tyson e Whyte, 2017).

2.2.2. Ciclones Tropicais (CTs)

Os ciclones tropicais são zonas de baixas pressões com características dinâmicas, movimentando ar húmido e quente horizontalmente (Rojas e Amade, 1996). Eles desenvolvem-se sobre as águas tropicais e subtropicais dos oceanos e são caracterizados por convecção altamente organizada, um “olho” distinto e fortes ventos ciclônicos perto da superfície, tomam forma num processo contínuo, normalmente com a duração de vários dias (Lynch e Cassano, 2006).

Segundo Lynch e Cassano (2006), as condições ambientais para ocorrência dos CTs são: uma atmosfera condicionalmente instável, temperaturas da superfície do mar quentes (maiores que 26.5 °C), uma troposfera média húmida, baixo cisalhamento vertical do vento e alta divergência em níveis superiores.

Na bacia do sudoeste do oceano Índico em media 12 ciclones tropicais formam-se por ano, nos quais 1 a 2 ciclones tropicais por ano afecta Moçambique (Mavume, 2009). A figura 5 é um exemplo de imagem de satélite que mostra o ciclone tropical Filipo na região central de Moçambique na época chuvosa 2023-2024, extraído do satélite METEOSAT no canal natural colour.

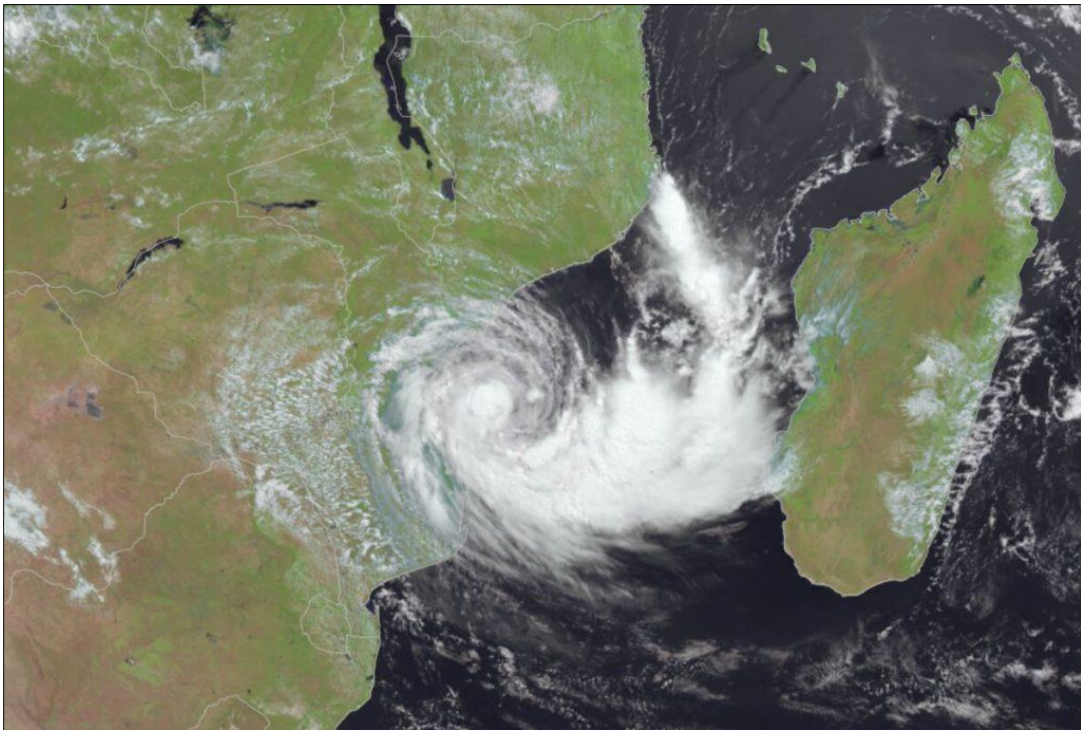


Figura 5: Ciclone Tropical Filipo (fonte: <https://i.ytimg.com/vi/lAVZLmIM9hQ/hqdefault.jpg>).

2.2.3. Frente Fria (FF)

Quando duas massas de ar com diferentes características e temperatura entram em contacto entre eles (fig 2), uma zona de forte descontinuidade e de gradiente de temperatura existe entre elas. Esta zona é chamada de frente. Frentes frias ocorrem quando, ao longo do tempo, o ar frio substitui o ar quente. A inclinação da frente fria separa o frio subpolar a sudoeste do quente a noroeste sobre a Africa Austral (Tyson e Whyte, 2017). A passagem da FF na Africa Austral, ocasiona a diminuição da temperatura do ar e modificação da direcção e velocidade do vento e chuvas (Curtarelli, 2012).

2.2.4. Cavado do Canal de Moçambique (MCT)

O cavado do canal de Moçambique, do inglês Mozambique Channel Trough (MCT), caracterizado por uma área de baixas pressões sobre o centro e sul do canal de Moçambique durante o verão Austral (Barimalala et al., 2020). Desempenha um papel crucial na influência dos padrões de precipitação em Moçambique (Chongue e Nishii, 2024).

O MCT é uma região de baixas pressões ao nível do mar (SLP) com circulação ciclónica sobre o Canal de Moçambique, e é influenciada pela deflexão dos ventos de leste pelo terreno de Madagáscar afectando os fluxos de humidade e a precipitação regional (Chongue e Nishii, 2024).

O MCT interage com a zona de convergência do Índico sul (Southern Indian Convergence Zone), SICZ, desempenhando um papel fundamental no transporte de humidade do Oceano Índico para a África Austral. Um MCT mais fraco intensifica o fluxo de humidade para sudoeste, aumentando a precipitação, particularmente na África Austral durante o verão austral enquanto um MCT forte dificulta a penetração de ventos de leste com humidade do Oceano Índico Sul para o continente, reduzindo assim as precipitações (Barimalala et al., 2020).

A figura 6, mostra a circulação dos ventos no nível de 850 hPa e do fluxo de humidade sobre a região de África, o círculo branco representa o cavado do Canal de Moçambique, ou simplesmente o MCT as linhas brancas mostram a localização dos quatro índices de monções do NE. VN (vento meridional médio entre 40 – 50°E e 1°S), VS (vento meridional médio entre 40 – 50°E e 9°S), UW (vento zonal médio que penetra no sul do continente Africano) e UE (vento zonal médio sobre o canal norte de Moçambique que flui em direcção a Madagáscar entre 9 – 15°S e 44°E).

A monção do NE penetra mais profundamente no norte do canal de Moçambique, depois do qual se curva em direcção ao noroeste de Madagáscar, reverte para o fluxo noroeste e alimenta a circulação ao redor do MCT.

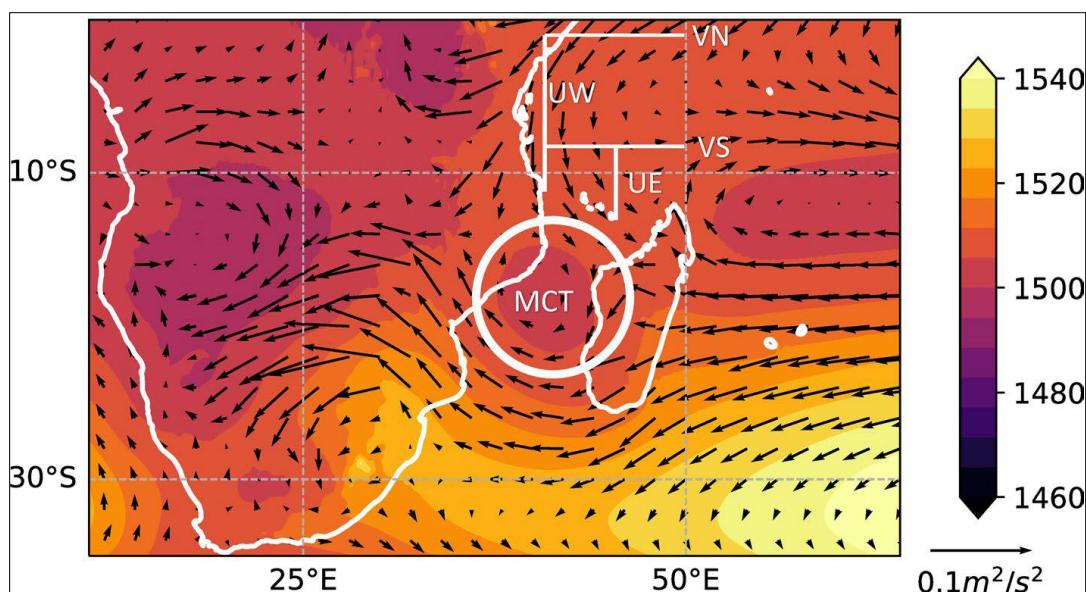


Figura 6: Esquemas do MCT nos meses de Janeiro e Março, as setas representam o fluxo de humidade (**Fonte:** Barimalala et all., 2022)

2.2.5. Zona de Convergência Intertropical (ZCIT)

A ZCIT é uma zona de convergência intertropical caracterizada por forte actividade convectiva, correntes ascendentes de ar e, resultam na formação de nebulosidade e ocorrência de precipitação na maior parte dos casos (Tique, 2015).

Na região SA (Sul de África), no período de Dezembro a Fevereiro a influência da convecção tropical é considerada como um dos factores importantes pela ocorrência de precipitação, pelo facto de a ZCIT se posicionar mais a sul. A região convectiva nessa faixa do continente Africano se estende até próximo à latitude 20°S (Tique, 2015).

Nas regiões tropicais próximas ao equador, a ZCIT é onde os ventos alísios de ambos os hemisférios convergem, levando a uma faixa de convecção profunda e formação significativa de nuvens. Essa convecção é impulsionada pela ascensão de ar quente e húmido, que esfria e condensa, formando nuvens de grande desenvolvimento vertical que ocasionam chuvas fortes e intensas (Galvin, 2016). A figura 7 mostra a posição da ZCIT no verão Austral, entre Outubro a Marco, a linha vermelha e para o verão do Hemisfério norte (linha amarela)

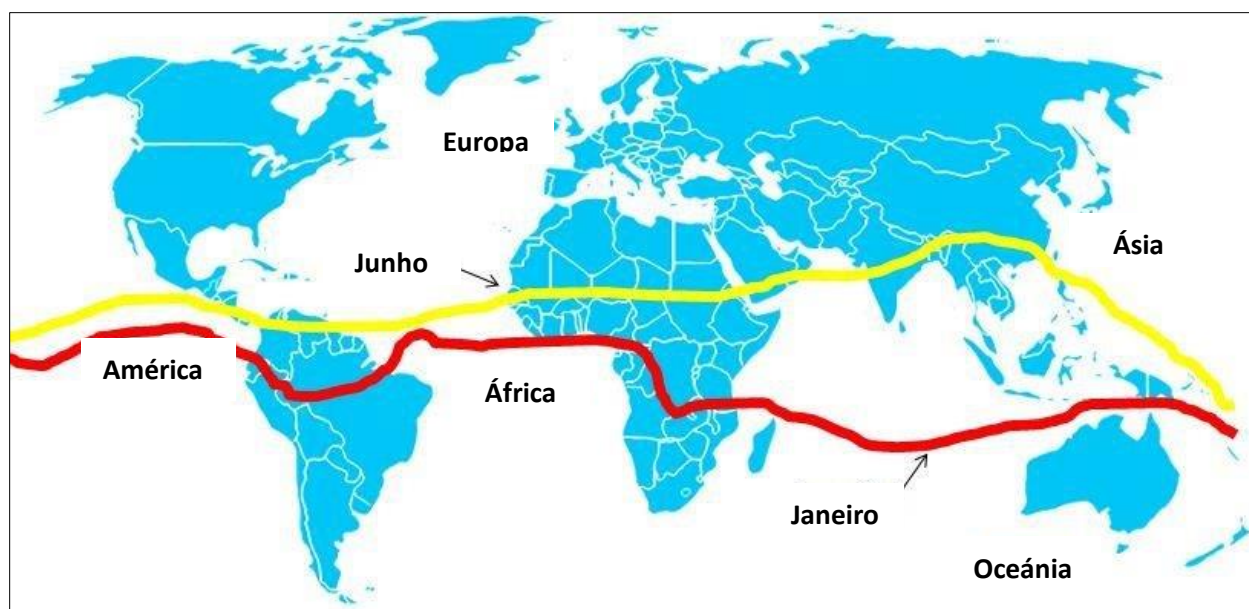


Figura 7: Posição anual da ZCIT. (Fonte: Nzango, 2018)

2.2.6. Cavados Tropicais Temperados (TTT)

Cavados Tropicais Temperados (TTT) são reconhecidos como um dos principais sistemas sinóticos produtores de precipitação durante o verão na África austral (Manhique et al., 2015). Um sistema climático significativo que ocorre no Hemisfério Sul, particularmente a Sul da África e áreas oceânicas adjacentes. É um tipo de fenómeno de escala sinótica que envolve a interação entre sistemas climáticos tropicais e temperados (latitude média) (Howard et al., 2019).

Os TTTs são fundamentais para impulsionar a precipitação, especialmente durante os meses de verão sobre o sul da África, e podem ser vinculados à variabilidade climática sazonal, como secas ou inundações (Howard et al., 2019). São faixas alongadas de nuvens que se formam sobre a África Austral e fornecem uma grande proporção da precipitação subtropical de Verão a sul da Borda tropical (fig. 8), onde a precipitação anual é tipicamente baixa (Harrison, 1984). Os TTTs ocorrem quando uma crista de nível superior no jacto subtropical interage com a convecção tropical húmida da África Austral e permite que a convecção se espalhe numa banda por todo o continente (Howard et al., 2019).

Um TTT normalmente se estende diagonalmente pelo sul da África, dos trópicos (latitudes baixas) para as regiões temperadas (latitudes médias). Essa configuração promove a transferência de humidade e energia entre essas regiões (Howard et al., 2019).

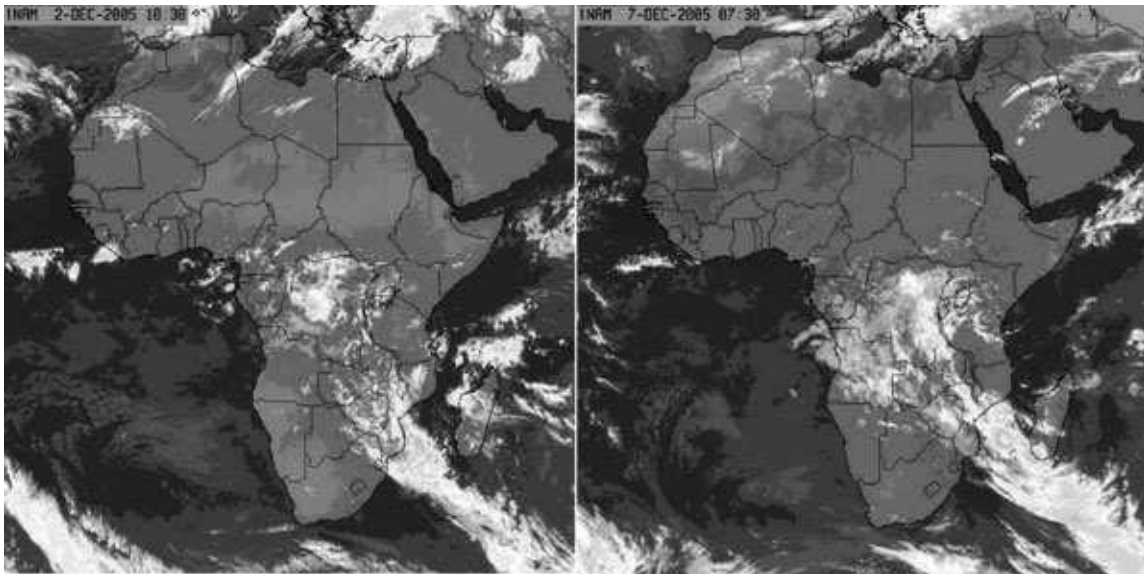


Figura 8: Imagens de satélite mostrando bandas de nuvens típicas de TTTs sobre a África Austral em 2 e 7 de Dezembro de 2005. (Fonte: Manhique et al., 2009).

2.2.7. Cavado de Nível Superior (CNS)

CNS são áreas alongadas de baixa pressão na alta troposfera que podem desempenhar um papel significativo em chuvas fortes. Frequentemente, criam áreas de convergência e divergência, contribuindo para o desenvolvimento de sistemas convectivos profundos e fortes precipitações (Galvin, 2016). CNS é uma área alongada de pressão relativamente baixa, estendendo-se de uma região de baixa pressão. Cavados marcam os locais de ar convergente e ascendente que está fluindo de uma pressão mais alta para uma mais baixa e são frequentemente associadas à nebulosidade e precipitação (Nav, 2024). Ahrens e Henson (2018) afirmam que quando um cavado de níveis superiores (200 hPa) se posiciona sobre uma determinada região, ele pode interagir com as ondas de oeste (corrente de jacto), criando divergência em altitudes a leste do cavado (região de saída do jacto), facilitando a ascensão do ar quente e favorecendo o desenvolvimento de tempestades e ciclones.

Segundo Andrews et al., (1897) os centros de baixa pressão e a corrente de Jacto Subtropical interagem directamente na dinâmica da atmosfera, influenciando a formação, intensificação e trajetória de sistemas meteorológicos. Leal Coutinho et al., (2010) estabelecem que os vortices ciclônicos de altos níveis, devido a sua persistência e deslocamento tem um papel importante no regime da precipitação nos trópicos, O que pode ocasionar inundações em algumas regiões.

Os cavados desempenham um papel essencial na dinâmica do clima e na formação de fenómenos meteorológicos, como ciclones e tempestades (Nav, 2024).

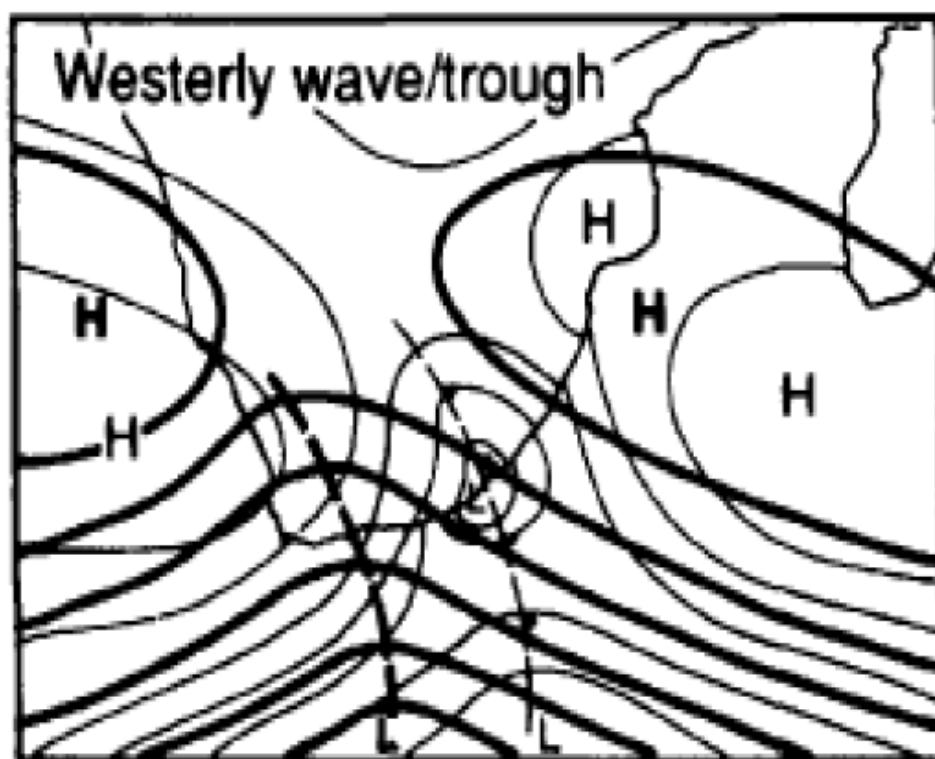


Figura 9: Ilustração de ondas de Oeste (Linhas grossas) (**Fonte:** Tshehla, 2008).

2.2.8. Cut Off Low (COL)

O COL é um fenómeno meteorológico caracterizado por um sistema fechado de baixa pressão de nível superior que se estende desde a superfície até níveis superiores da atmosfera e separa-se dos ventos primários de oeste da corrente de jacto. Esse desprendimento permite que o cut-off low se mova independentemente, geralmente levando a eventos climáticos significativos, como

precipitações intensas que causas inundações em alguns países da África Austral (Pinheiro et al., 2019).

Pinheiro H. (2025) os COLs são sistemas de baixa pressão em altitude, caracterizados por um núcleo frio isolado da corrente de jato principal. Esses sistemas frequentemente provocam precipitações intensas e persistentes, podendo resultar em inundações e cheias. Reboita et al., (2010) estabelecem que A interação entre uma alta pressão em 500 hPa e um COL pode resultar em bloqueio atmosférico, permitindo que o COL permaneça estacionária e provoque acúmulos de precipitações.

Esses sistemas normalmente se formam em latitudes médias, particularmente entre 30° e 45° de latitude, quando uma depressão no fluxo de ar superior se solta, criando uma circulação fechada. Isso resulta em uma baixa de núcleo frio que pode persistir por vários dias, movendo-se lentamente e erraticamente devido à sua separação do fluxo principal de oeste (Pinheiro, et al., 2019).

O diâmetro de um COL pode variar de algumas centenas a milhares de quilômetros. O ar é homogêneo e sem uma linha de frente que o separe das massas circundantes, ao mesmo tempo em que tem uma influência decisiva no clima (Pinheiro et al., 2019).

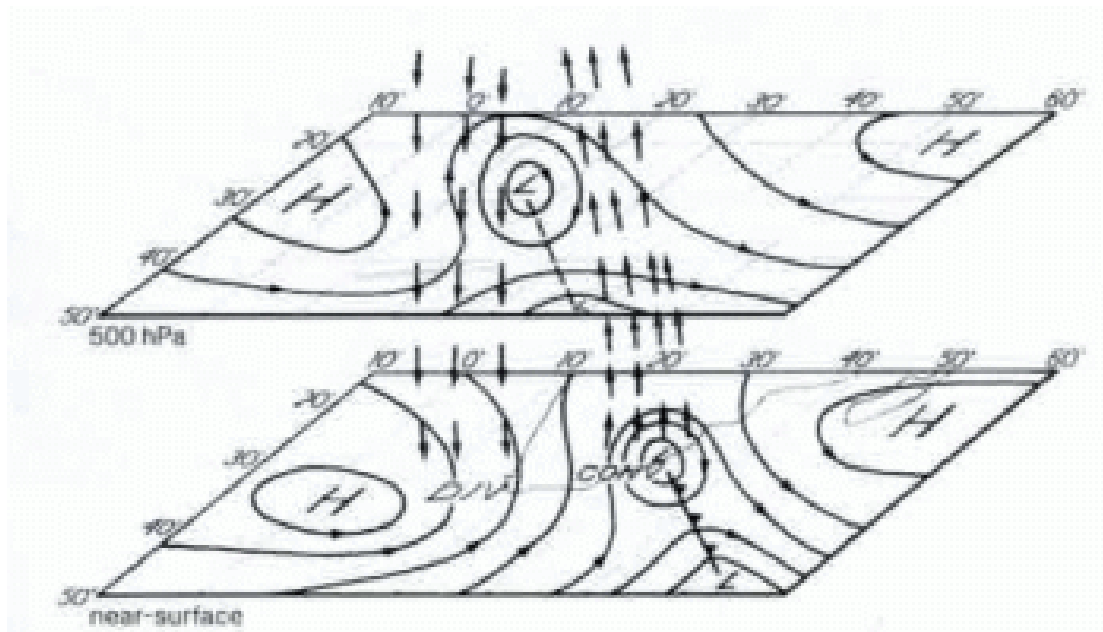


Figura 10: Ilustração de um Cut Off Low sobre a Africa Austral (**Fonte:** Tyson e Whyte (2017)).

2.3.Vulnerabilidade de Moçambique à Eventos Climáticos

O País é regularmente exposto a ciclones, inundações e secas, danificando infra-estruturas públicas e privadas, em título de exemplo, o ciclone Gombe que atingiu a costa norte de Moçambique no dia 11 de Março. Estima-se que, no total, o ciclone tenha afectado mais de 700 mil pessoas dos quais 60 pessoas perderam a vida (Unicef, 2019).

Em 2023, o ciclone tropical intenso Freddy, atingiu Moçambique duas vezes, causando ventos destrutivos, chuvas extremas e inundações generalizadas (OCHA, 2024).

Desde o início da temporada chuvosa e ciclónica de 2023/2024, um total de 131.915 pessoas (26.383 famílias) foram afectadas, com 135 mortes e 195 feridos. Cerca de 5.298 casas foram parcialmente danificadas e 1.667 totalmente destruídas, enquanto 11.352 foram inundadas. Uma das maioríssimas contribuições desses impactos negativos durante essa época chuvosa deve-se a ocorrência das precipitações intensas registadas durante os dias 22 á 25 de Março de 2024 na zona sul de Moçambique que afectaram um total de 93.240 pessoas (11.149 famílias) e resultaram em cinco mortes e três feridos (OCHA, 2024). As precipitações também danificaram infra-estruturas públicas e privadas e impactaram o acesso rodoviário às províncias da Matola e Maputo. Um total de 174 casas foram parcialmente danificadas, 99 totalmente destruídas e 11.133 inundados. Pelo menos 19 escolas foram afectadas. Cerca de 932 ha de plantações também foram afectadas (OCHA, 2024).

CAPÍTULO 3: METODOLOGIA

3.1.Área de Estudo

A presente pesquisa tem como área de estudo a região Sul de África, com foco na zona sul de Moçambique, localizada entre os paralelos 21° a 27° S e longitudes 30° a 36° E. A zona sul de Moçambique abrange quatro províncias: Maputo cidade, Maputo província, Gaza e Inhambane. O clima da região é tropical, influenciado por factores como a proximidade do Oceano Índico, os ventos alísios, a circulação atmosférica local e os sistemas de pressão do Índico e Atlântico. Além disso, a região é susceptível à acção de sistemas meteorológicos como ciclones tropicais e frentes frias, que trazem para a variabilidade climática e os eventos de intensa.



Figura 11: Área de Estudo. (Fonte:

https://mozambiqueimagebank.files.wordpress.com/2012/07/zona-sul_map.jpg)

3.2.Dados

Para esta pesquisa, usou-se dados horários das 00h, 06h, 12h e 18h UTC de pressão atmosférica a nível médio do mar, vorticidade relativa, humidade relativa, índices de instabilidade, altura geopotencial e o vento nos níveis padrões da atmosfera de 850, 700, 500 e 200 hpa, referentes aos dias 22 a 25 de Março de 2024.

Os dados foram extraídos de reanálises do ERA5 do European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF), com resolução de $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ de latitude e longitude, através do website: <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/reanalysis-era5-single-levels?tab=overview>. Adicionalmente foi obtido cartas sinópticas do serviço de meteorológico da África do Sul, South Africa Weather Services (SAWS), através do website: <https://www.weathersa.co.za/>. Os dados da precipitação observada nas estações meteorológicas da zona sul durante os dias 22 a 25 de Março de 2024, foram obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia (INAM), referente as províncias de Maputo, Gaza e Inhambane.

3.3.Métodos

Foi usando os dados de reanálises para desenhar diferentes mapas de pressão atmosférica, vorticidade relativa, humidade relativa, índices de instabilidade, altura geopotencial e o vento usando a linguagem de programação Python. Os mapas foram desenhados em intervalos de 06 a 06 horas entre os dias 22 a 25 de Março de 2024 e sincronizados com cartas sinópticas e períodos de pico de chuva.

Foi descrita a posição, o deslocamento e a intensidade dos sistemas sinópticos que influenciaram as actividades extremas no sul de Moçambique. Tendo em conta a análise dos dados observados e de reanálise, as características desses sistemas foram analisadas e comparadas com os padrões já estabelecidos na literatura científica.

A estimativa da instabilidade atmosférica, baseou-se nos índices de instabilidade (índice-K e CAPE), cujas especificações são descritas abaixo:

- a) **O índice K** - é uma medida do potencial de instabilidade baseado na taxa vertical de variação de temperatura, no conteúdo de humidade na baixa troposfera e na extensão

vertical da camada húmida (Luciana et al., 2015). Quanto maior o valor do índice K, maior será a probabilidade da ocorrência das trovoadas (Luciana et al., 2015). Elas apresentaram os seus valores conforme a Tabela 2.

Tabela 2: Valores de referências do índice K (Luciana et all., 2015)

Índice K (unidade)	Condições Associadas
20-25	Pouco favorável a formação de tempestades
26-29	50% De probabilidade de formação de tempestades esparsas
30-35	80% De probabilidade de formação de tempestades severas
>36	100% De probabilidade de formação de tempestades severas

- b) CAPE (Convective Available Potential Energy)) - indica a quantidade de energia "armazenada" na atmosfera que, se libertada, pode alimentar tempestades, granizo, ventos fortes e outros fenómenos meteorológicos severos (Toledo, 2017).

Tabela 3: Valores de referências do CAPE. (Fonte: Toledo, 2017).

Valores do CAPE (J/Kg)	Características da Instabilidade
< 1000	Fraca
$1000 \leq \text{CAPE} < 2500$	Moderada
$2500 \leq \text{CAPE} < 4000$	Forte
$\text{CAPE} \geq 4000$	Extrema

Adicionalmente, usou-se os dados de precipitação observada nas diversas redes de estações meteorológicas do país (região sul) para validar as análises dos sistemas sinóticos e avaliar a correspondência entre os padrões atmosféricos identificados. A precipitação foi quantificada como a acumulada no período de 08:00 horas do dia anterior até 08:00 horas do dia seguinte, neste caso a precipitação do dia 24 corresponde a 08 horas do dia 24 08 horas do dia 25.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análise dos gráficos da Precipitação registada nas Províncias Maputo, Gaza e Inhambane

Nesta secção apresenta-se a precipitação observada no período de análise, na região sul de Moçambique durante os dias 22, 23, 24 e 25 de Março de 2024, mencionados nos gráficos abaixo respectivamente.

Na província de Maputo (fig. 12), durante os dias 23 e 24 de Março de 2024, a precipitação acumulada nas estações foi de aproximadamente 270mm na estação de Map/obser, aproximadamente a 285mm na estação de Map/Mav, aproximadamente a 130mm na estação de Changalane e aproximadamente a 20mm na estação de Mapulanguene. A precipitação máxima observada foi aproximadamente 160mm em 24 horas na estação Map/obser no dia 24.

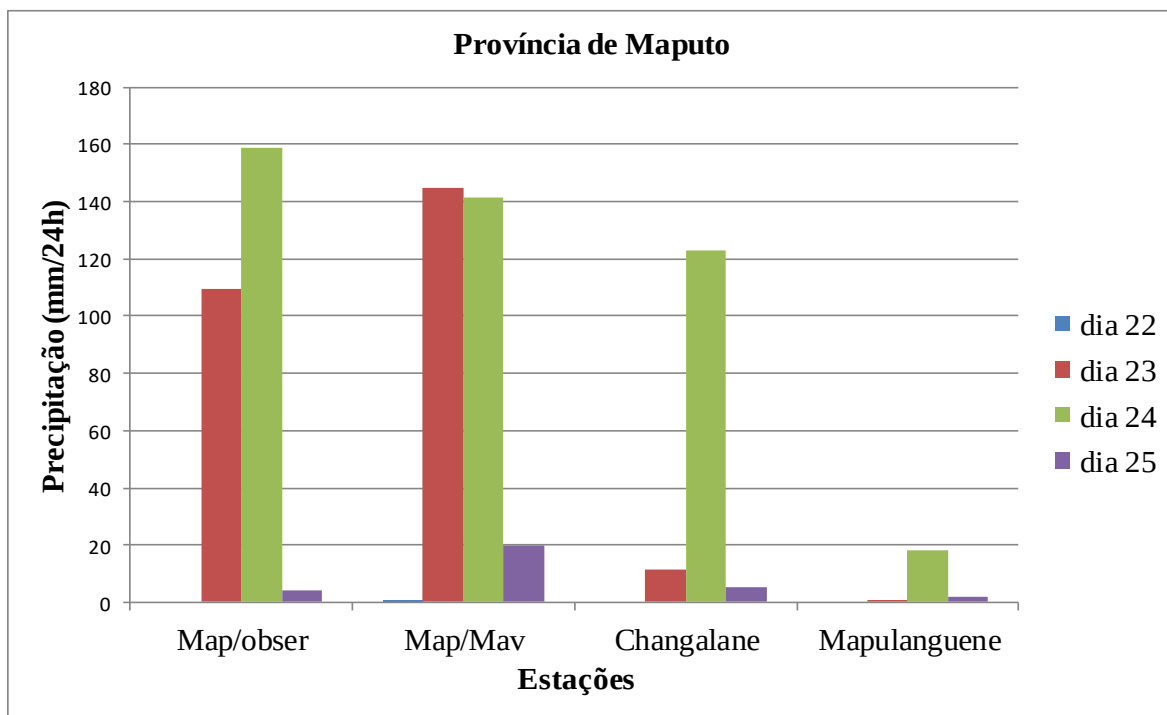


Figura 12: Precipitação registada em Maputo Cidade e Maputo Província.

Na província de Gaza (fig. 13), durante os dias 23 e 24 de Março de 2024 a precipitação acumulada nas estações foi de aproximadamente 130mm nas estações de Aeroporto/FJN, Mandlakazi e Macia, aproximadamente a 145mm na estação de Limpopo e aproximadamente a

200mm na estação de Xai-Xai. A precipitação máxima observada em uma estação foi de aproximadamente 145mm na estação de Limpopo em 24 horas no dia 23.

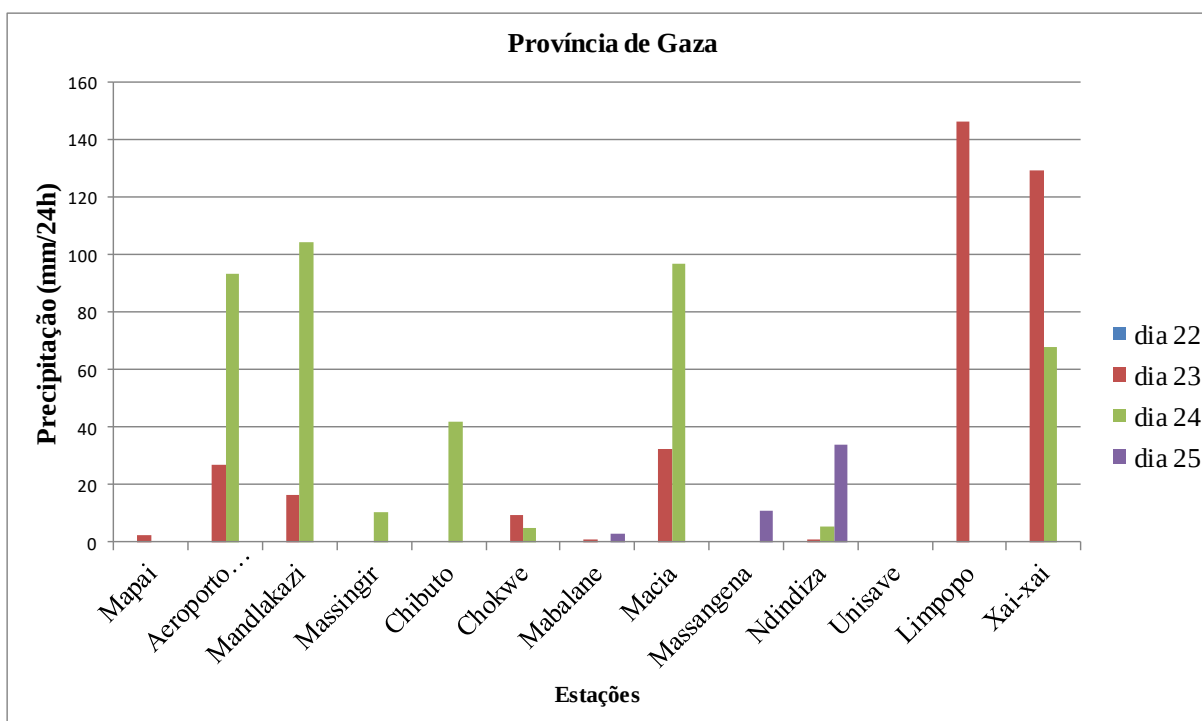


Figura 13: Precipitação registada na província de Gaza.

Na província de Inhambane (fig. 14), durante os dias 23 e 24 de Março de 2024 a precipitação acumulada nas estações foi de aproximadamente 250mm na estação de Panda. A precipitação máxima observada em uma estação foi de aproximadamente 200mm na estação de Panda em 24 horas no dia 24.

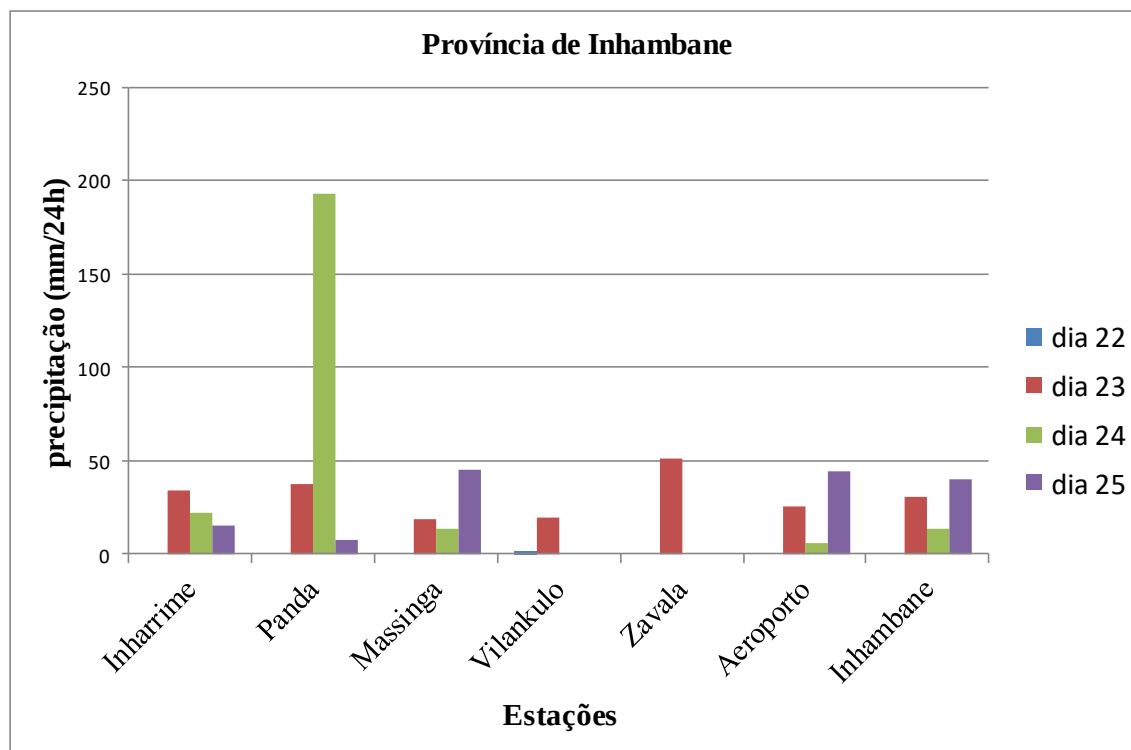


Figura 14: Precipitação registada na província de Inhambane.

4.2. Análise comparativa das posições dos centros de pressões

Primeiro fez-se uma análise comparativa dos mapas meteorológicos e as cartas sinópticas marcadas através de observações reais pelo SAWS. A secção apresenta as análises dos campos de pressão entre os dias 22 a 25 de Março de 2024 pelas 00:00 UTC usando cartas sinópticas de superfície obtidas do serviço meteorológico da África do Sul e os mapas meteorológicos gerados no python através de dados do ERA5 para nível médio de pressão (MSLP) ambos foram sincronizados no intervalo de 24 horas.

Na fig. 15, observa-se a evolução de sistema de baixa pressão ao sul de África, a alta do índico (AI) ao sul de Madagáscar e a alta do atlântico (AA) a sul do Atlântico e da presença do cavado do canal de Moçambique em diferentes momentos.

No dia 22, nos esquemas (a) e (e) os sistemas de altas pressões encontram-se bem definidos. Entre os sistemas de alta pressão observa-se um sistema de baixa pressão e o cavado do canal de Moçambique em formação. No dia 23, nos esquemas (c) e (f), a AI encontra-se ligeiramente

deslocada para o norte e a AA deslocada mais a oeste permitindo a intensificação da baixa pressão mais a sul de África

No dia 24, nos esquemas (c) e (g), o sistema de baixa pressão intensifica-se e é quase estacionária sobre o sudoeste da África do Sul que posteriormente alinha-se com um sistema frontal frio (esquemas d e h) que forma uma zona de convergência de ar quente proveniente das regiões equatoriais e o ar húmido proveniente do oceano Atlântico transportada pela baixa pressão presente a sudoeste da África do Sul associada com a frente fria.

A análise comparativa dessas duas fontes de dados mostra a mesma tendência no deslocamento dos sistemas de altas e baixas pressões, evidenciando uma boa correspondência entre as observações e os dados de reanálise ERA5. Essa concordância indica que os dados do ERA5 fornecem uma simulação consistente da evolução dos sistemas meteorológicos, tornando-se uma ferramenta confiável para caracterizar essas informações no presente estudo.

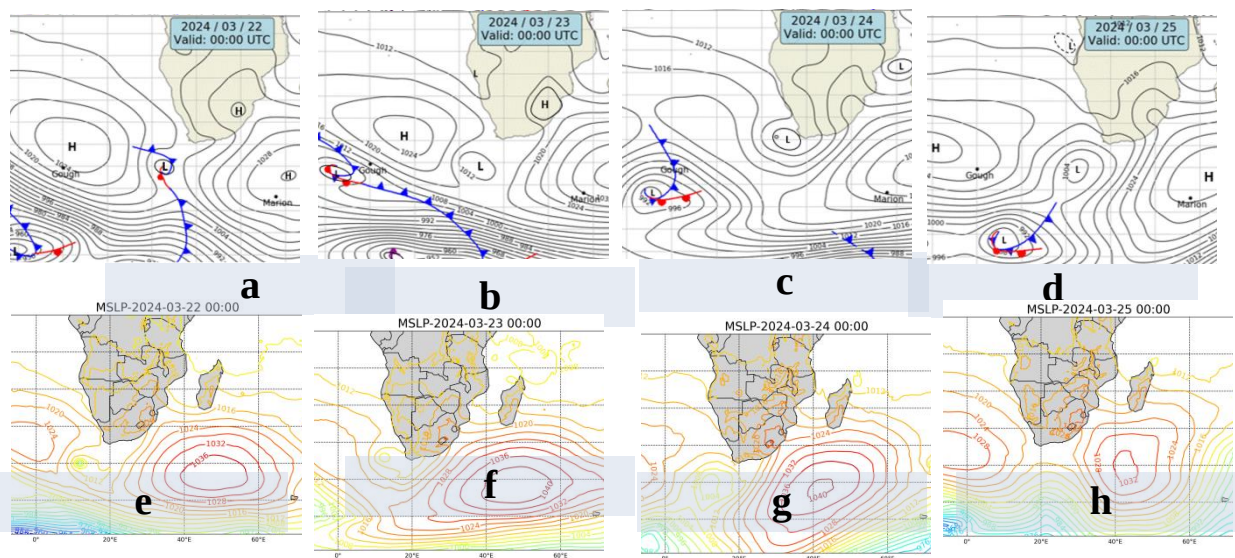


Figura 15: Análise dos mapas meteorológicos gerados no python e as cartas sinópticas.

4.3. Análise dos Campos de Ventos em Diferentes Níveis de Pressão

Nesta secção fez-se análise dos campos do vento nos níveis de 850, 700, 500, e 200hpa e é sobreposto nos mapas a pressão no nível médio de mar entre os dias 22 a 25 de Março de 2024 às 00:00UTC.

Nas figuras 16 e 17, observa-se o fluxo predominante de oeste (corrente de jacto subtropical) entre 10° a 30° S, o que poderá ter influenciado diversos sistemas meteorológicos. Entre 20°- 40° E, o cavado do nível superior aparece e associado a áreas de variação de ventos que intensificam o movimento ascendente nos níveis inferiores, reforçando a actividade convectiva. Essa configuração evidencia um sistema verticalmente consistente, com circulação ciclónica em todos os níveis e forte potencial para induzir precipitações intensas, relacionadas ao transporte de humidade do oceano para o interior do continente.

Na figura 18, observa-se o cavado do canal de Moçambique (MCT), com ventos convergentes e circulação ciclónica sobre o canal de Moçambique, contribuindo para a ascendência do ar. Verifica-se que os ventos de leste sofrem uma deflexão para o sul devido o terreno de Madagáscar e o MCT forte que impede a passagem directa do fluxo de humidade para o continente vindo do oceano. Essa deflexão dos ventos de leste para o sul, contribuem na distribuição da humidade relativa mais ao sul de África. Na figura 19, nota-se um MCT fraco, devido a passagem directa do fluxo de humidade oriundo do oceano através da advecção leste dos ventos. O MCT fraco com interacção com a AI, impulsionaram a precipitação intensa observada no sul de Moçambique entre os dias 22 a 25 de Março de 2024.

200 hpa: Intensidade do Vento-2024-03-23 00:00

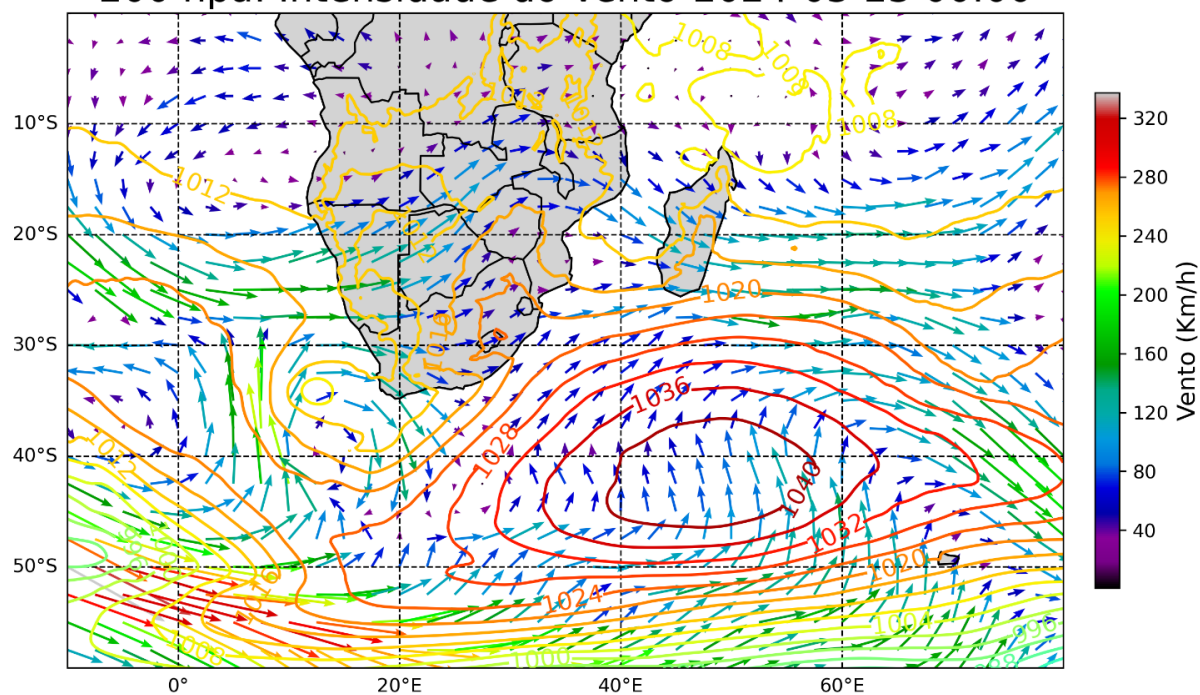


Figura 16: Intensidade do vento em 200 hPa no dia 23 de Março de 2024.

200 hpa: Intensidade do Vento-2024-03-24 00:00

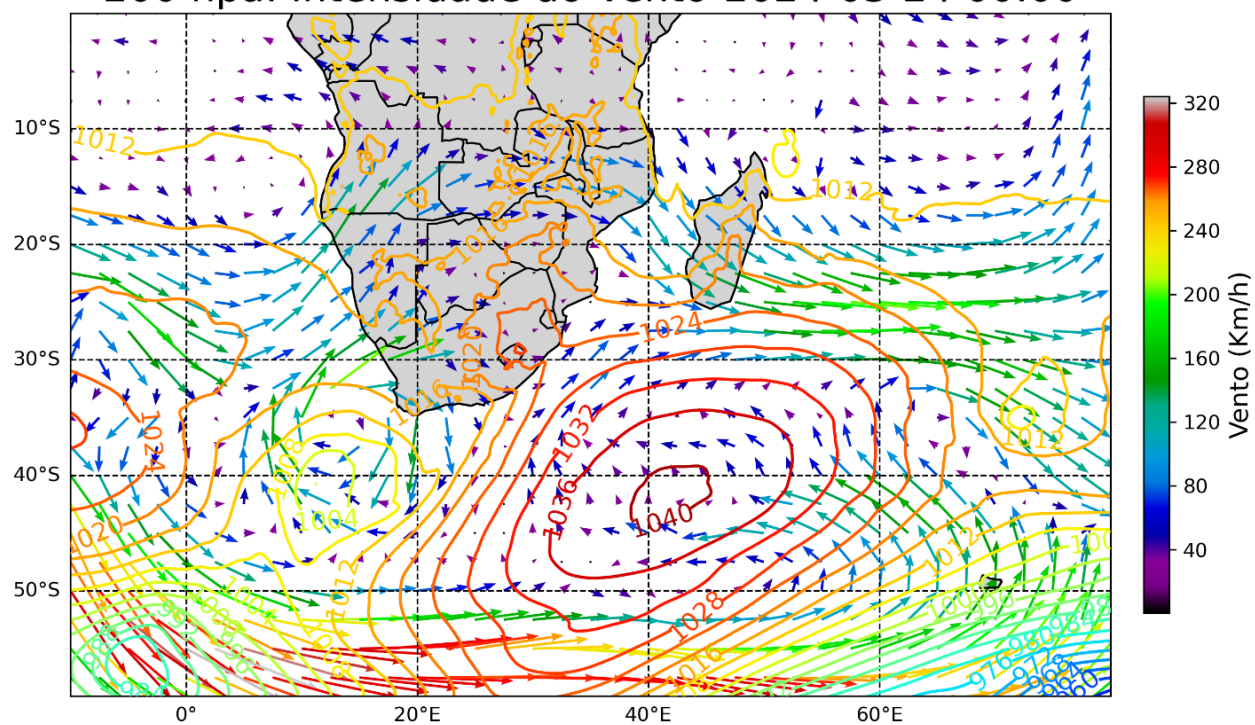


Figura 17: Intensidade do vento em 200 hPa no dia 24 de Março de 2024.

850 hpa: Intensidade do Vento-2024-03-23 00:00

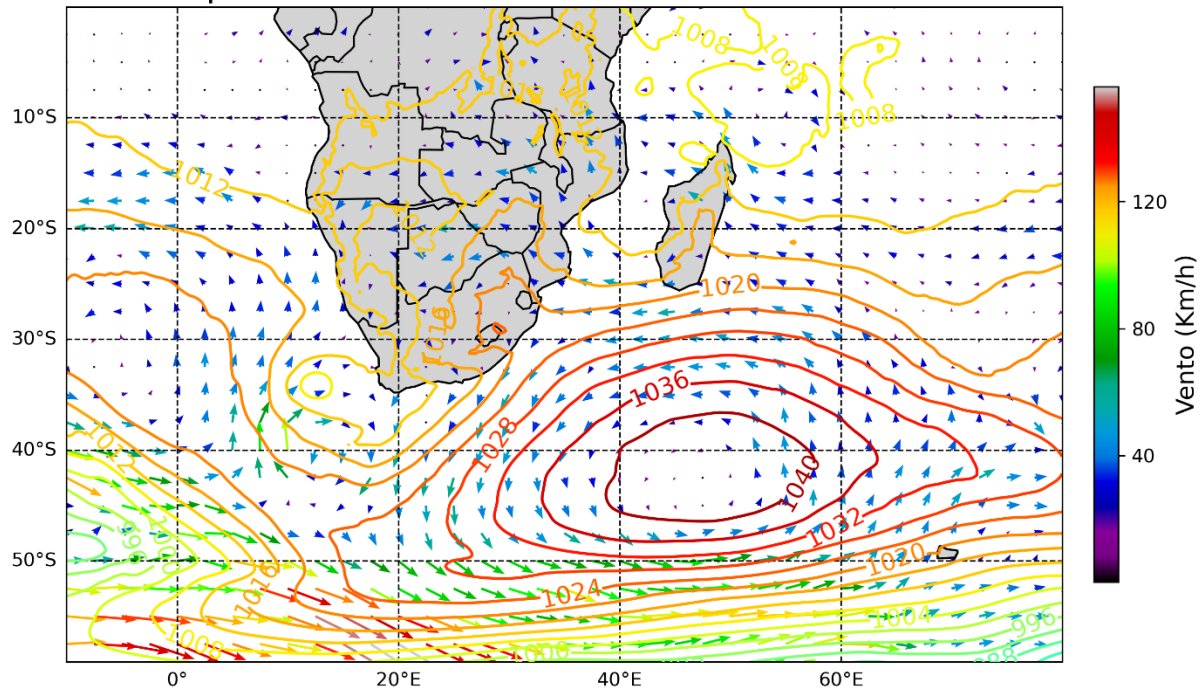


Figura 18: Intensidade do vento em 850 hPa no dia 23 de Março de 2024.

850 hpa: Intensidade do Vento-2024-03-24 00:00

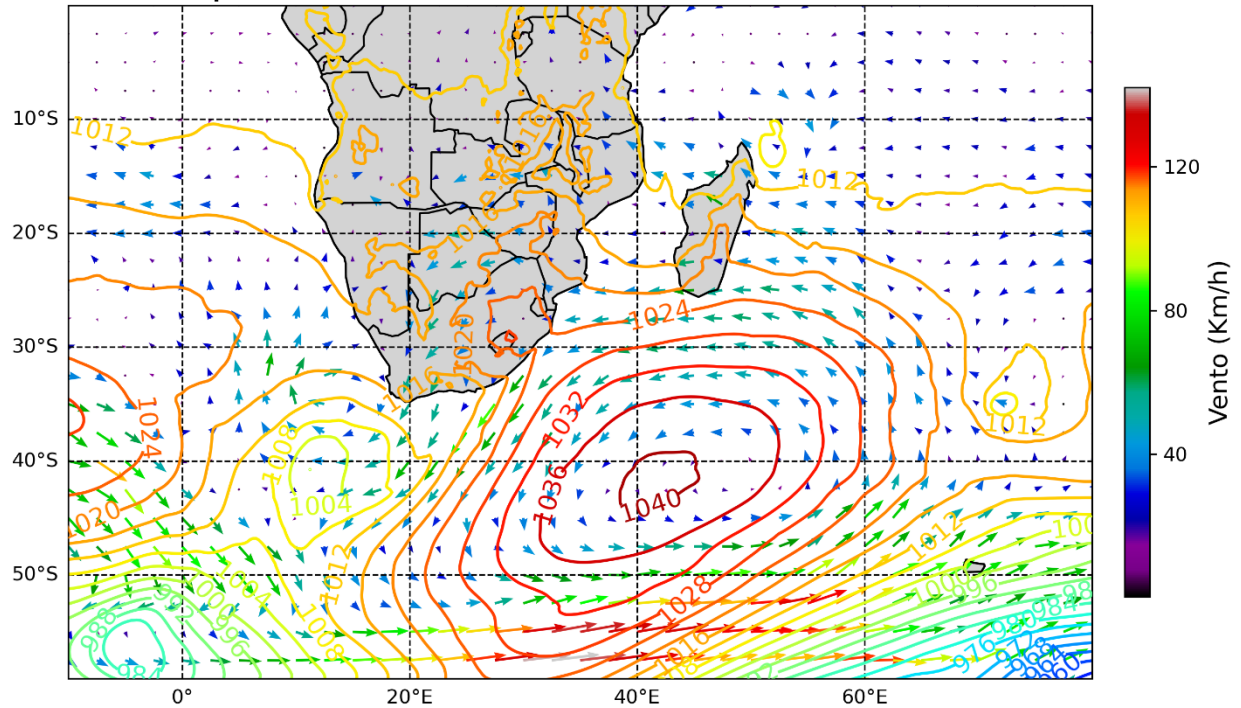


Figura 19: Intensidade do vento em 850 hPa no dia 24 de Março de 2024.

4.4. Análise da Altura Geopotencial

As figuras 20 e 21 mostram a altura geopotencial entre os dias 23 e 24 de Março de 2024, no nível 200 hPa, pelas 00 UTC.

A análise das imagens (figuras 20 e 21) destaca-se a presença e a intensificação de um COL ao sul da África que se desprende da onda de oeste tornando-se totalmente isolada, favorecendo tempestades e precipitações intensas sobre regiões de influências.

Na figura 22, destaca-se o sistema de alta pressão ao sul de Madagáscar, O que favorece a subsidência e a divergência do ar em níveis médios (500 hPa) do ar e a advecção da humidade do oceano para o continente e um Cut Off Low. Sistemas de alta pressão em níveis médios, como em 500 hPa, podem bloquear a progressão de um COL, fazendo com que este permaneça quase estacionário por vários dias. O que pode prolongar a actuação do COL sobre uma mesma área, aumentando o potencial de precipitações intensas e persistentes.

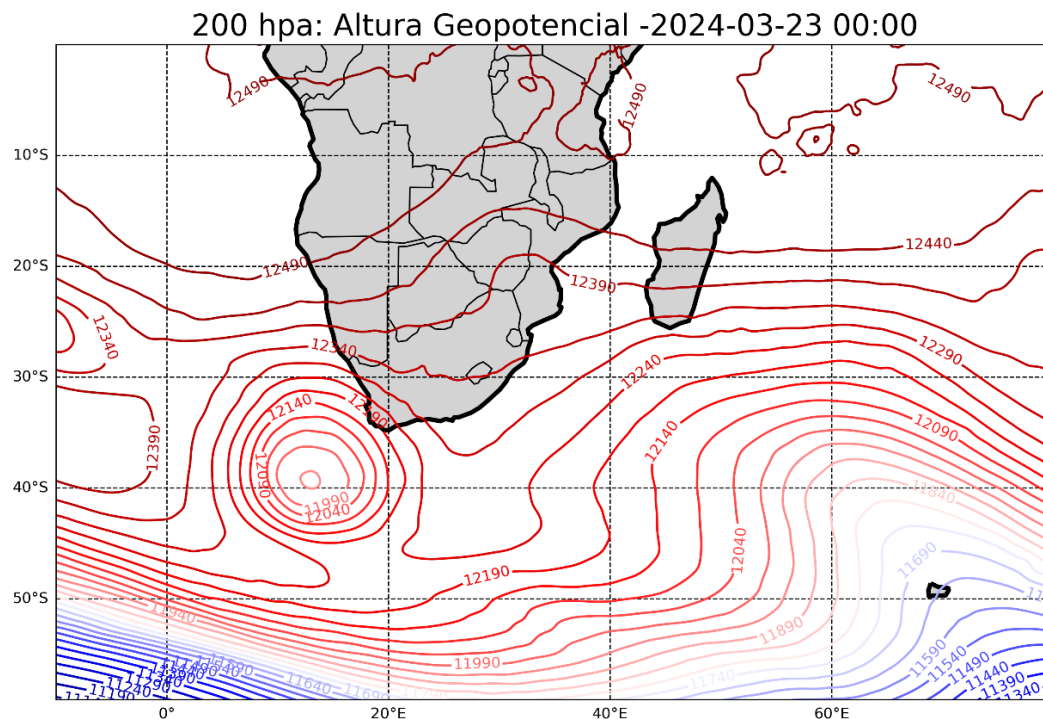


Figura 20: Análise da altura geopotencial em 200 hPa no dia 23 de Março de 2024

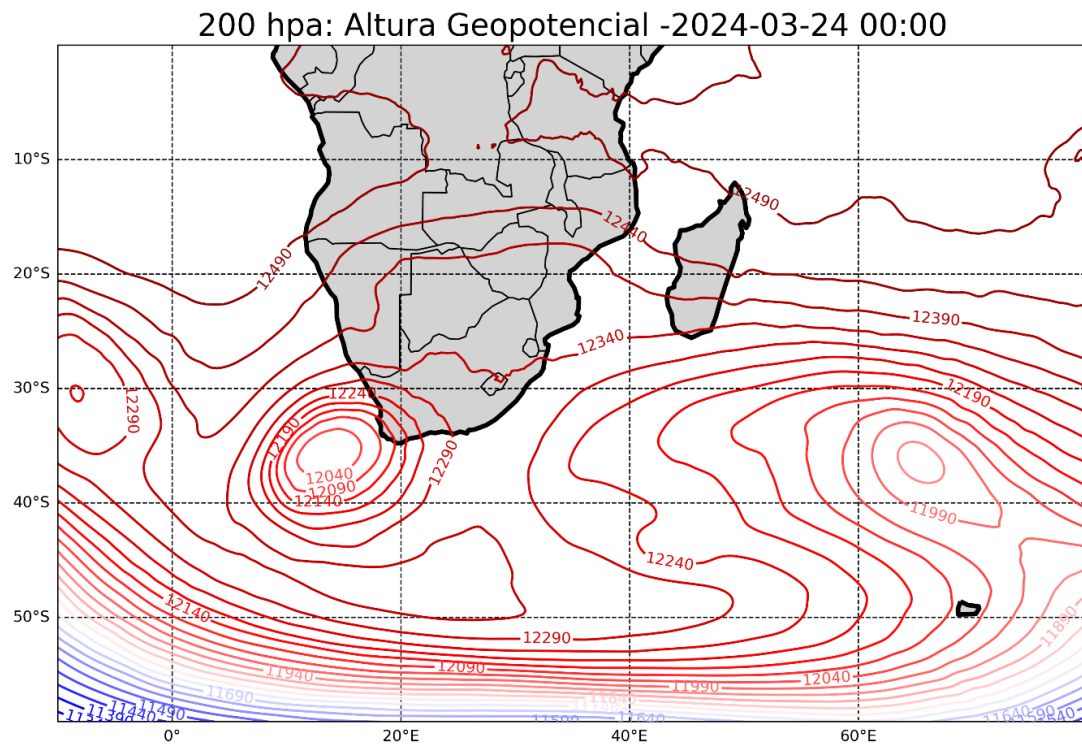


Figura 21: Análise da altura geopotencial em 200 hPa no dia 24 de Março de 2024.

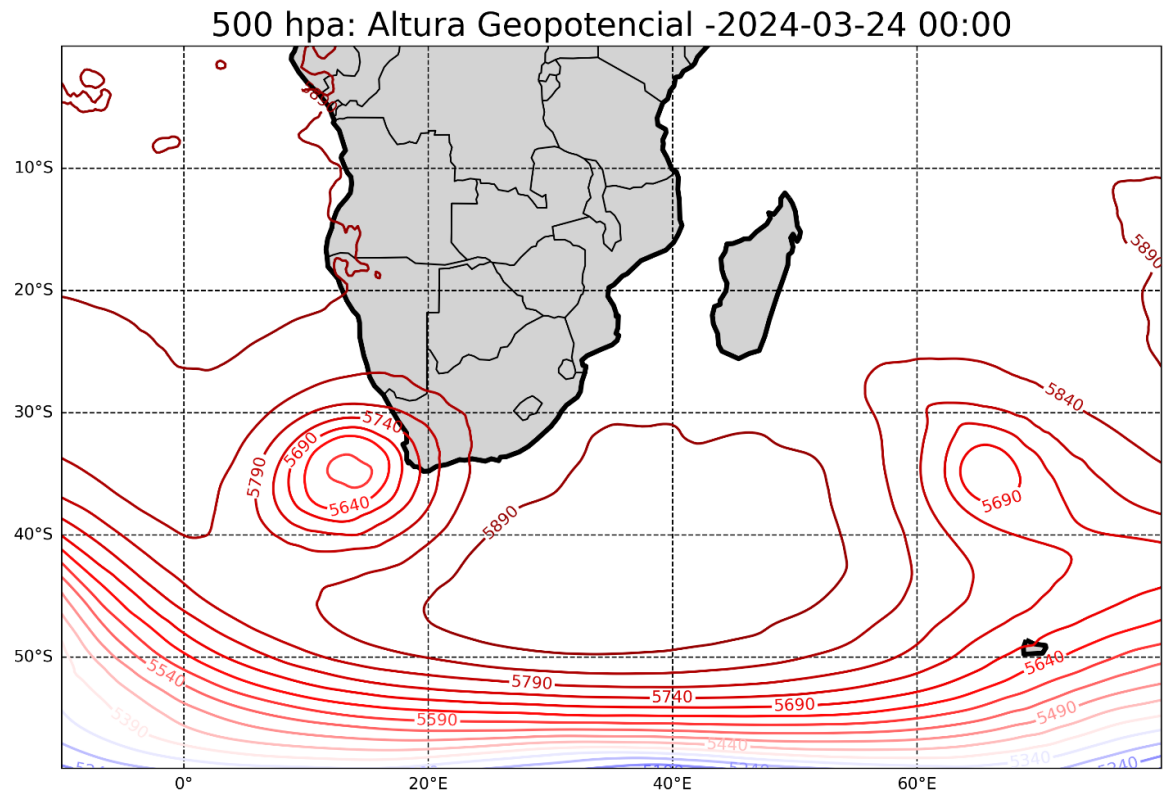


Figura 22: Análise da altura geopotencial em 500 hPa no dia 24 de Março de 2024.

4.5. Análise Vorticidade Relativa e da Humidade Relativa.

Nesta secção apresenta-se os mapas computadorizados da humidade relativa e da vorticidade relativa representadas por cores vermelhas (positiva) e azul (negativa). Para o hemisfério sul, a vorticidade relativa positiva (vermelha) descreve uma rotação anti-horário (anticiclónico) e a vorticidade relativa negativa (azul) descreve uma rotação horária (cyclónica). Ressaltar que os valores da vorticidade relativa foram multiplicados por 10^3 por apresentar valores muito menores. A vorticidade é uma medida da rotação do ar em uma determinada região da atmosfera e fundamental na formação e evolução de sistemas meteorológicos. A influência da vorticidade no estado de tempo está relacionada principalmente à sua capacidade de induzir movimentos verticais no ar, o que afecta a formação de nuvens e precipitação.

Nas figuras 23 e 24, observa-se uma circulação horária, que descreve vorticidade relativa negativa (azul) no sul de África bem estruturada e intensa com valores de vorticidade entre $(-0.3000 \text{ a } -0.1105) \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$. Sobre o canal de Moçambique e a região Sul de Moçambique destaca-se áreas com vorticidade ciclónica (cor azul), que indica convergência e a ascendência do ar na superfície para níveis superiores. A presença da vorticidade ciclónica em altos níveis da atmosfera aumenta a instabilidade, favorecendo o desenvolvimento de tempestades. Essas tempestades podem resultar em eventos extremos, como precipitações intensas.

Na figura 25, quase toda região Sul de Moçambique está sob influência de vorticidade ciclónica com valores entre $(-0.1474 \text{ a } -0.0632) \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$. No canal de Moçambique destaca-se regiões de vorticidade relativa negativas e positivas. Na figura 26, destaca-se a província de Maputo com vórtices ciclónicos em baixos níveis (850 hPa) e com áreas de vórtices negativos e positivos sobre o canal de Moçambique. Essas sucessões de áreas com vórtices negativos e positivos descrevem pontos de ascendência do ar facilitando a formação de nuvens e precipitação e descendências (subsistência) do ar dificultando a formação de nuvens e precipitação.

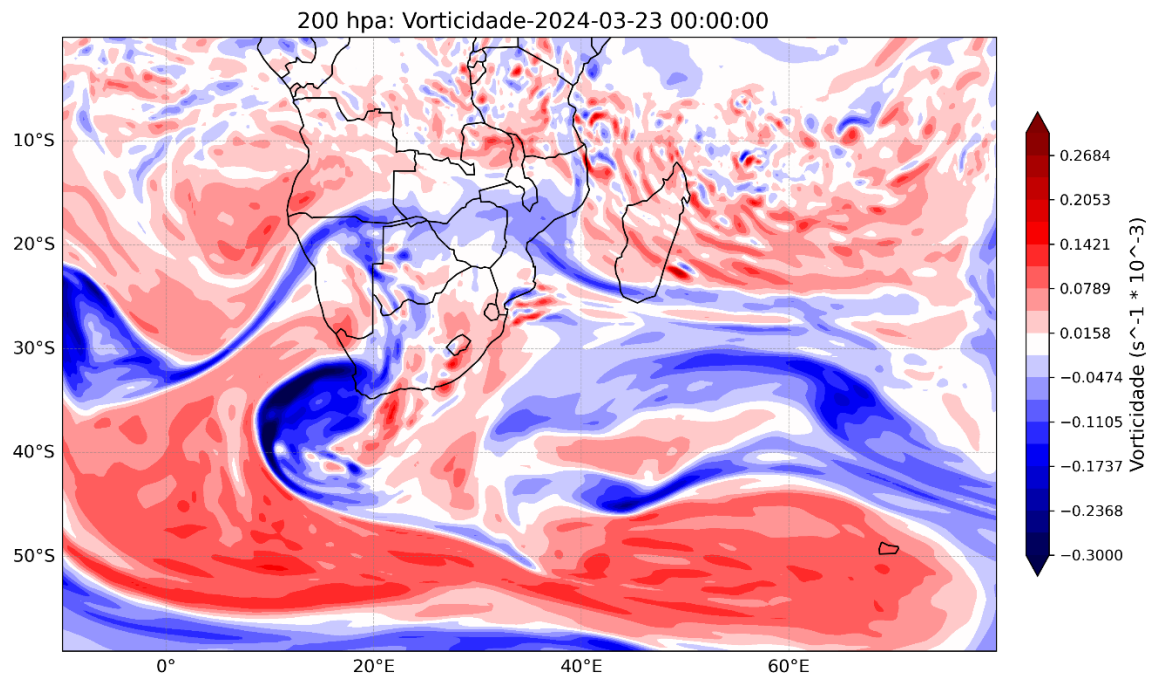


Figura 23: Análise da altura vorticidade em 200 hPa no dia 23 de Março de 2024

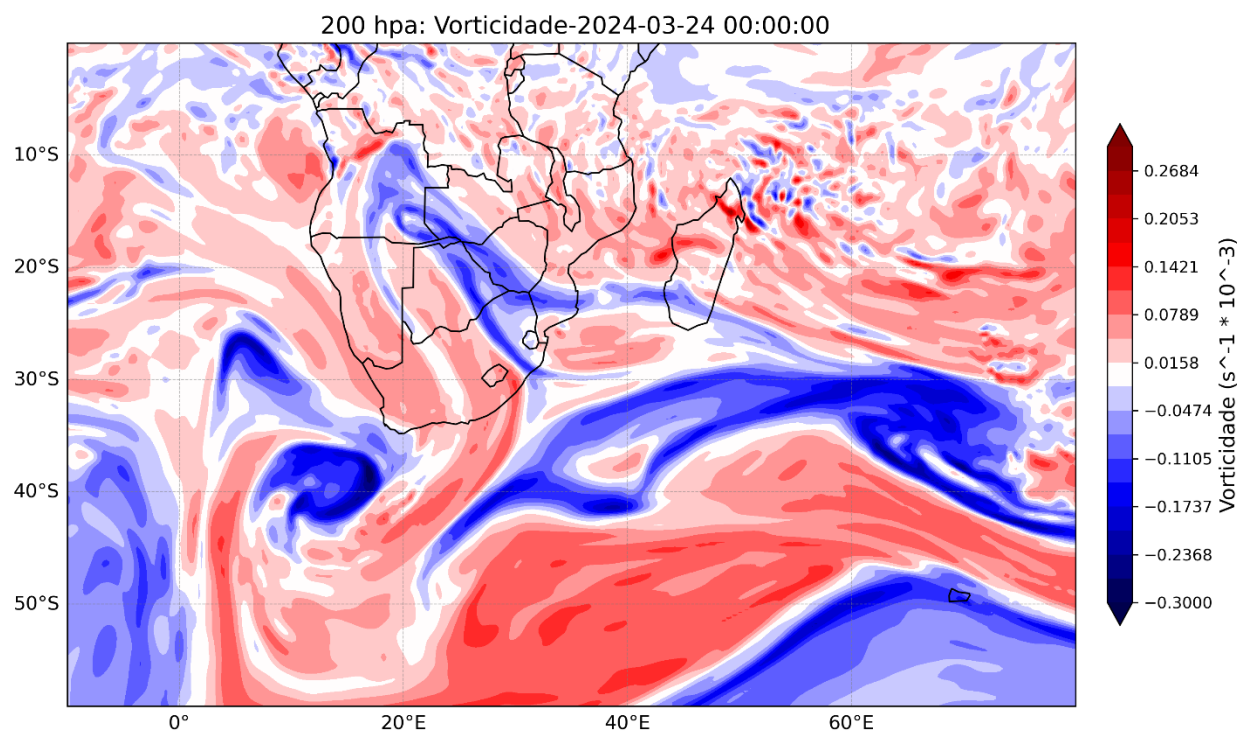


Figura 24: Análise da altura vorticidade em 200 hPa no dia 24 de Março de 2024

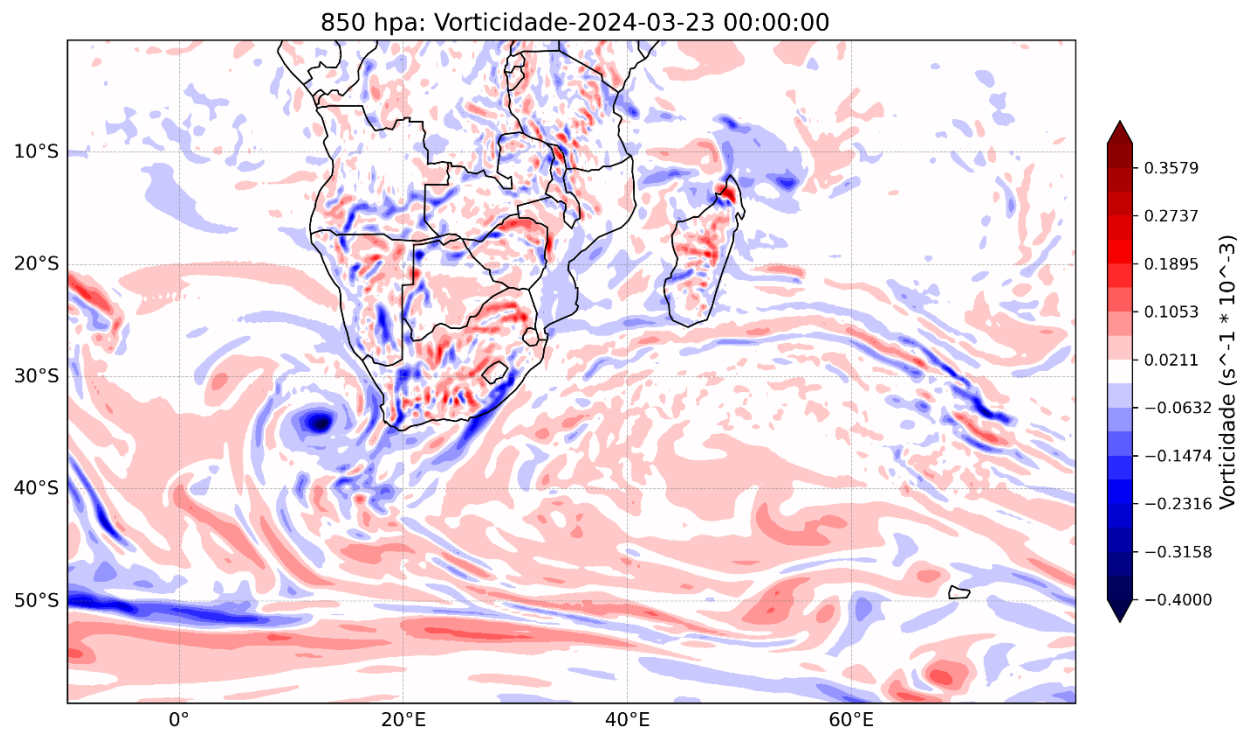


Figura 25: Análise da altura vorticidade em 850 hPa no dia 23 de Março de 2024

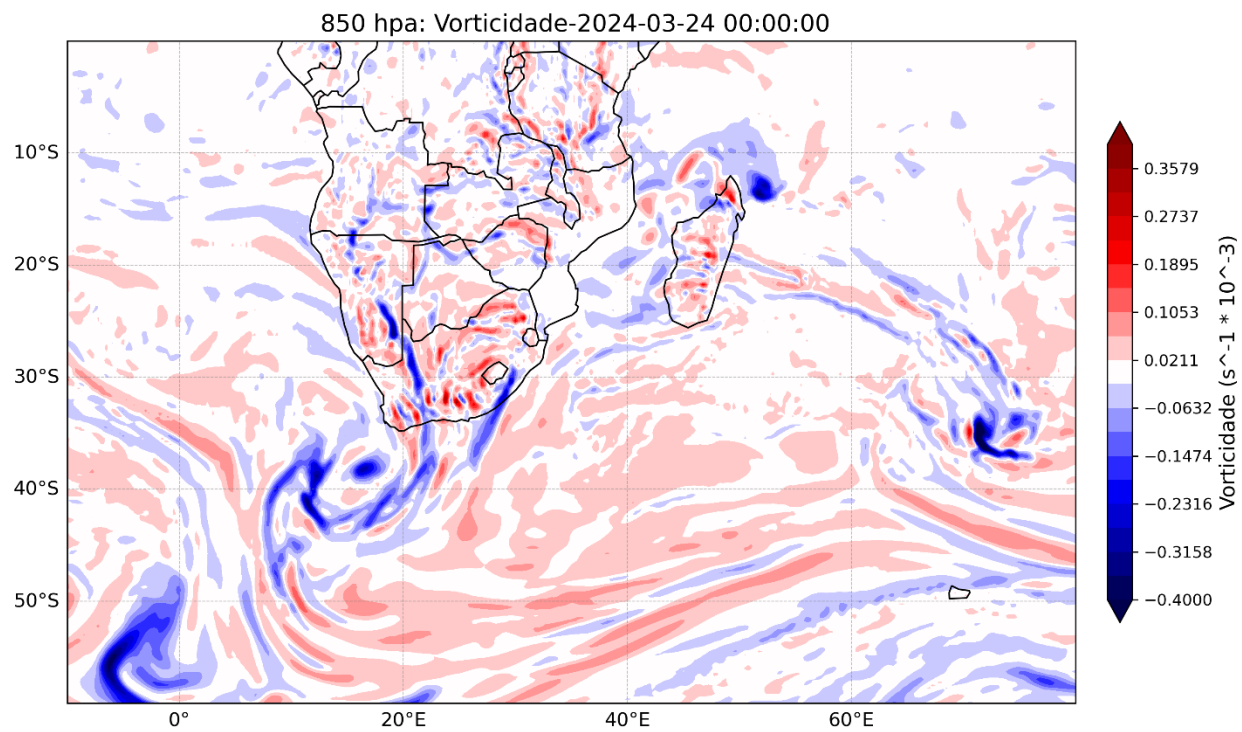


Figura 26: Análise da altura vorticidade em 850 hPa no dia 24 de Março de 2024

A humidade relativa do ar tem um papel vital na formação de nuvens e na ocorrência da precipitação. Quanto maior a humidade relativa, maior a quantidade de vapor de água disponível na atmosfera, o que favorece os processos de condensação e, conseqüentemente, a formação de precipitação.

Na figura 27, observa-se valores altos de humidade relativa (acima dos 80%) em níveis superiores (200 hPa) sobre a zona Sul de Moçambique e regiões adjacentes do canal de Moçambique. Alta humidade na alta troposfera, exerce influência significativa na sustentação e desenvolvimento vertical das nuvens convectivas. Favorecendo a formação de nuvens do tipo cumulonimbus, que são responsáveis por precipitações intensas. Na figura 28, no Sul de Moçambique destaca-se valores baixos da humidade relativa (menor que 60 %) no interior do continente e na costa destaca-se valores altas de humidade relativa (superior que 80 %). A baixa humidade relativa em níveis superiores (200 hPa), pode inibir o desenvolvimento de nuvens convectivas profundas e reduzir a eficiência da precipitação. Esse nível da atmosfera é indispensável para a sustentação da convecção profunda, e a presença de ar seco nessa altitude tem efeitos directos na formação da precipitação, especialmente em regiões tropicais e subtropicais.

Na figura 29, as províncias de Maputo e Gaza nos níveis inferiores da troposfera (850 hPa) pode se observar valores muito elevados da humidade relativa (superior que 80%). Na figura 30, pode se verificar valores elevados da humidade relativa (80 a 100 %) em toda região sul de Moçambique e regiões adjacentes em baixos níveis. Níveis elevados da HR, especialmente nas camadas mais baixas da troposfera, aumentam significativamente a probabilidade de ocorrência de precipitação

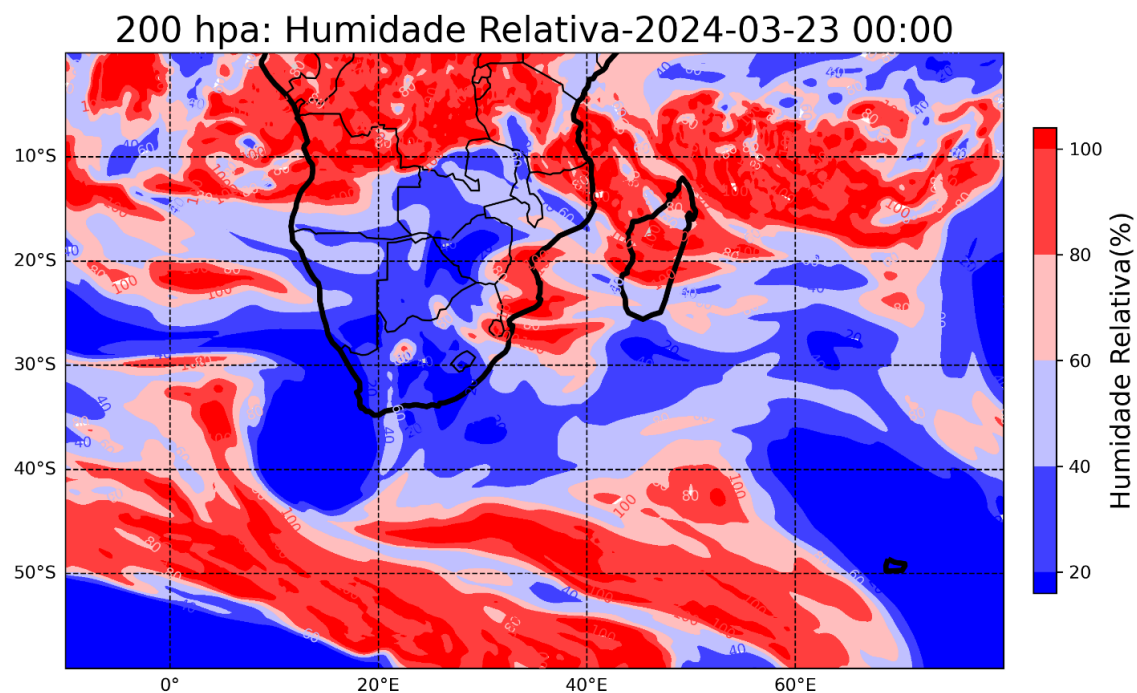


Figura 27: Análise da humidade relativa em 200 hPa no dia 23 de Março de 2024.

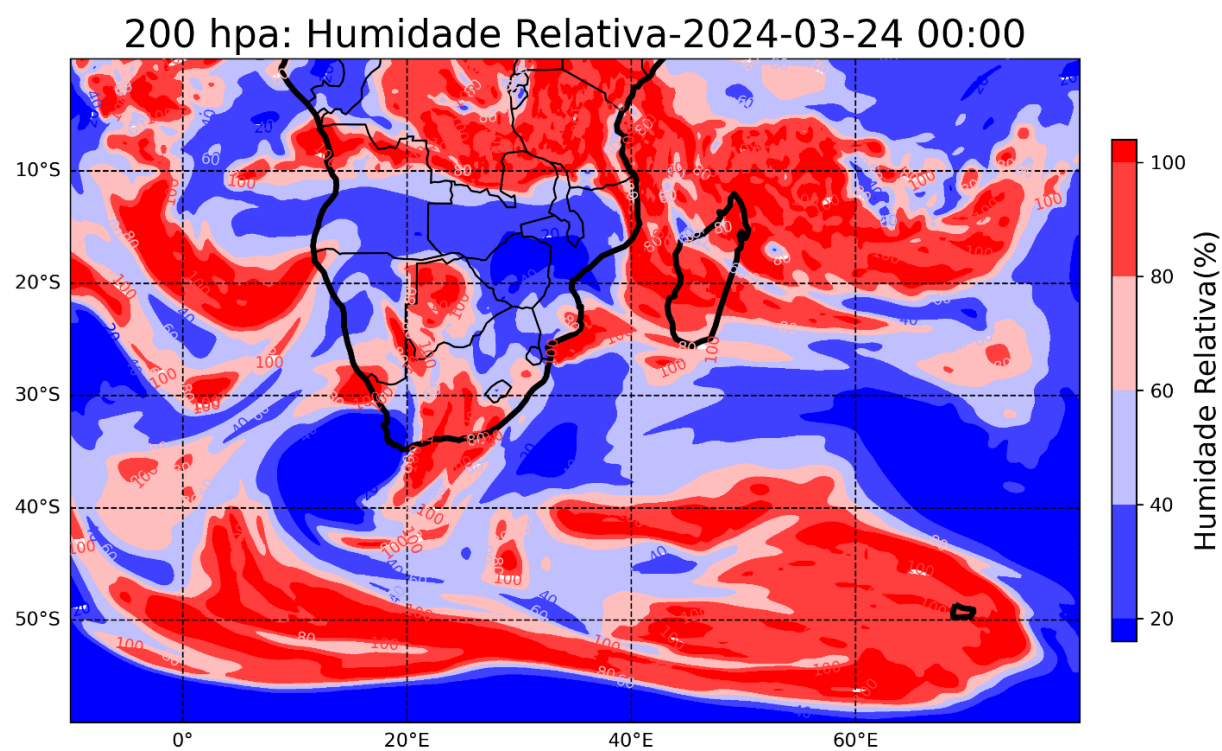


Figura 28: Análise da humidade relativa em 200 hPa no dia 24 de Março de 2024.

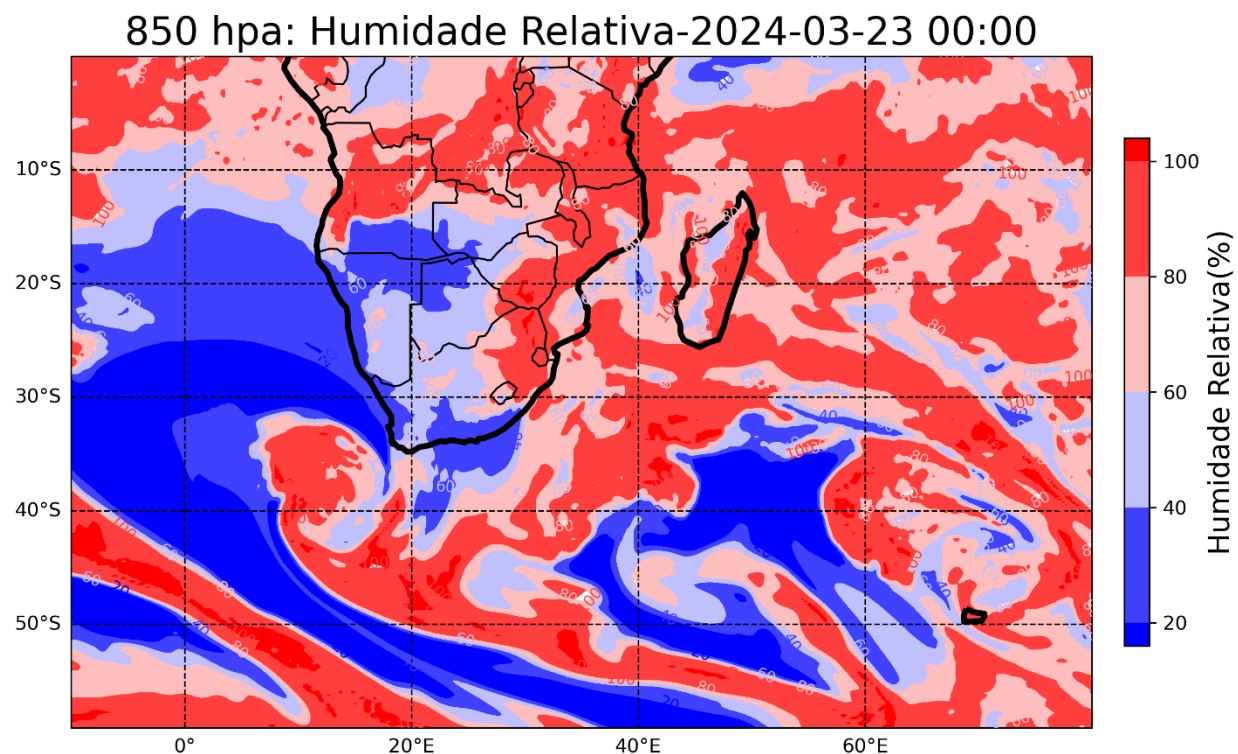


Figura 29: Análise da humidade relativa em 850 hPa no dia 23 de Março de 2024.

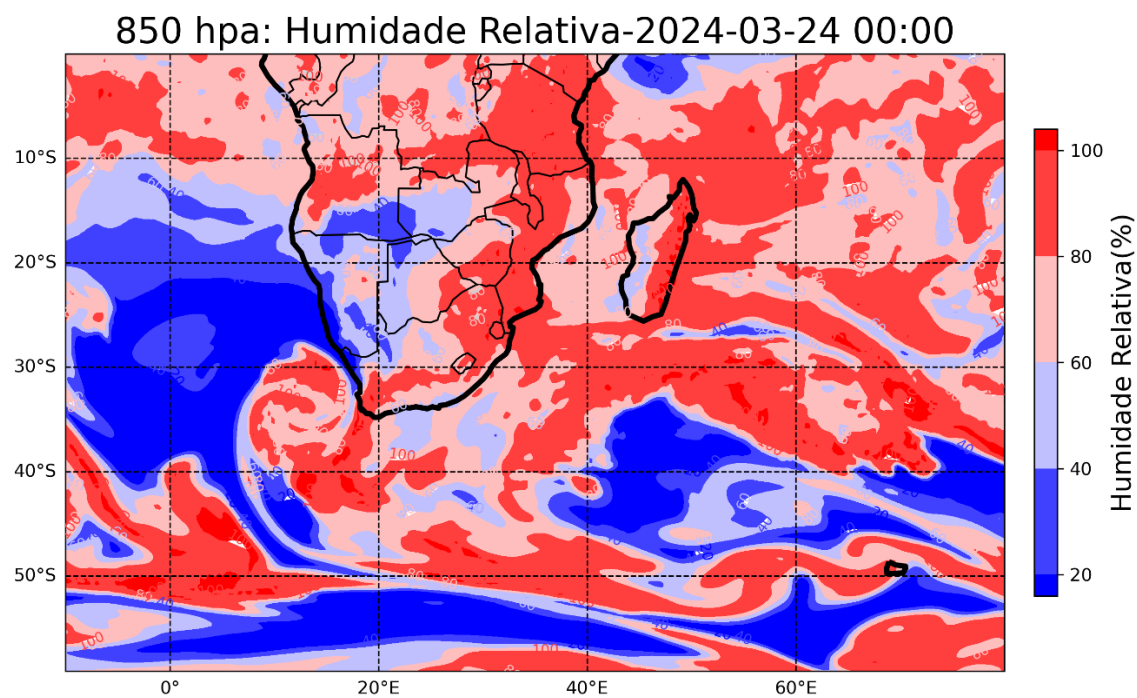


Figura 30: Análise da humidade relativa em 200 hPa no dia 24 de Março de 2024.

4.6. Análise da Divergência do Vento

Nesta secção apresenta-se os mapas computadorizados da divergência do vento. Os valores positivos da divergência (cor vermelha) indica a subsidência do ar e estabilidade atmosférica (movimentos descendente) descrevendo regiões de alta pressão e valores negativos da divergência (cor Azul) indica ascendência do ar instabilidade atmosférica (movimentos convergentes ou convectivos) descrevendo áreas de baixa pressão. Os valores da divergência foram multiplicados por 10^3 por serem valores muito menores.

A divergência do ar na atmosfera é um factor dinâmico essencial na formação e desenvolvimento de sistemas de tempo. As figuras 31, 32, 33 e 34, mostram padrões alternados da divergência (positivo e negativos) sugerindo regiões de convergência e divergência do ar. A divergência em altos níveis da troposfera (em 200 hPa) está frequentemente associada à subida de ar em níveis mais baixos, o que favorece a formação de nuvens e, conseqüentemente, a precipitação.

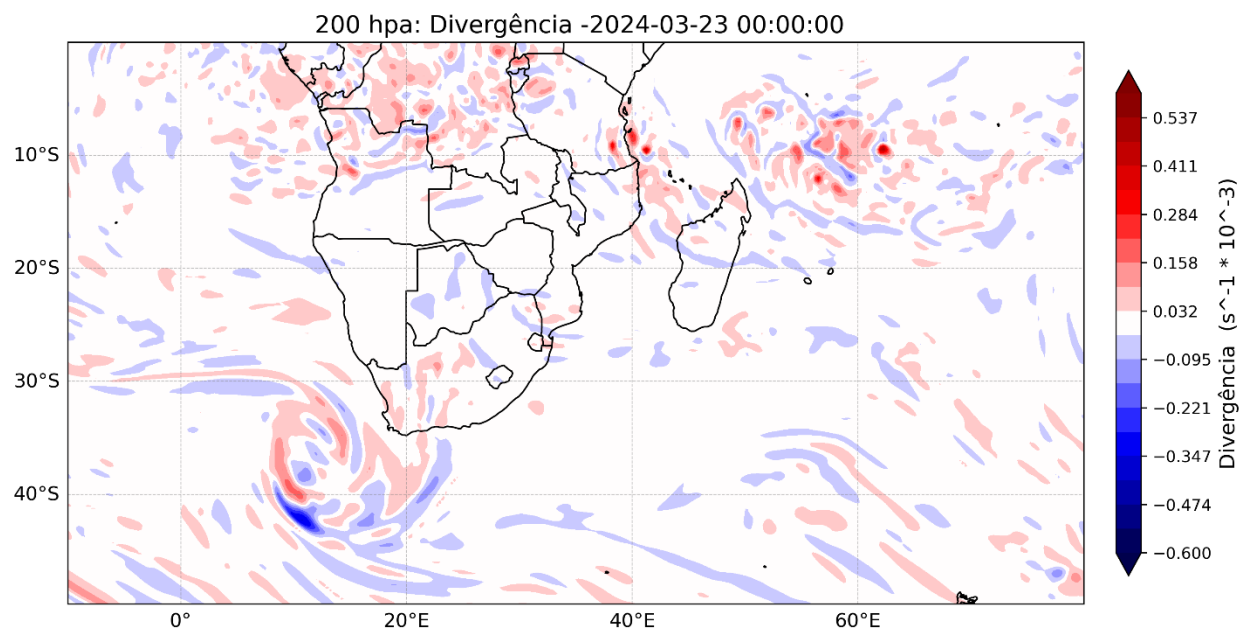


Figura 31: Análise da divergência do vento em 200 hPa no dia 23 de Março de 2024

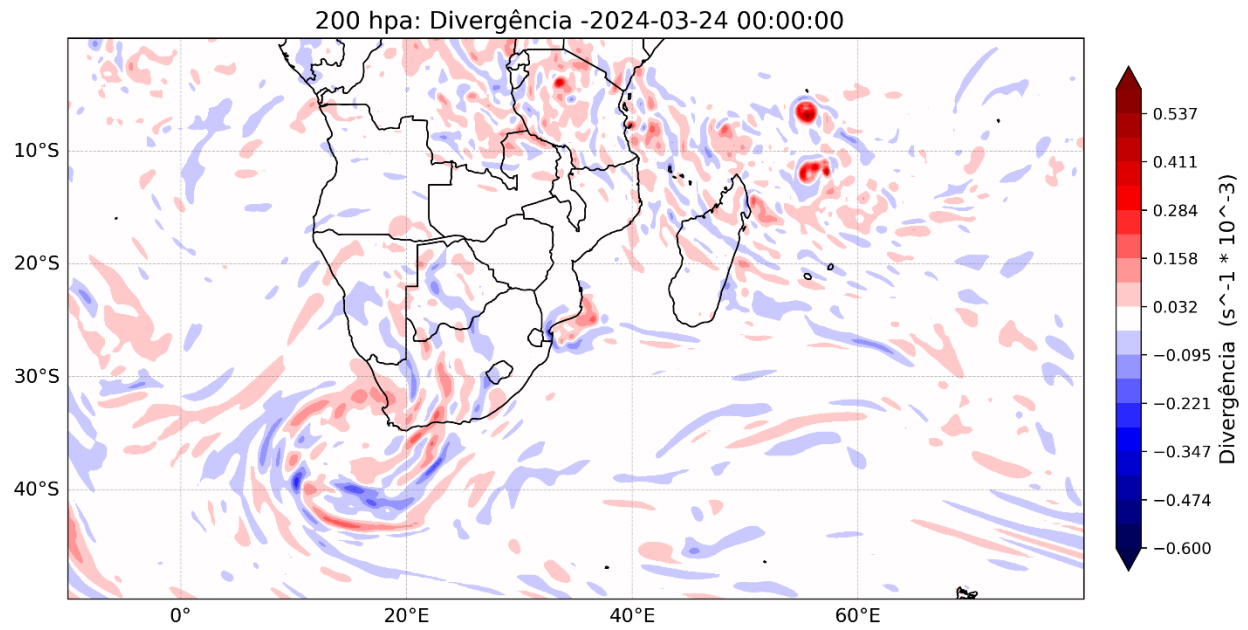


Figura 32: Análise da divergência do vento em 200 hPa no dia 24 de Março de 2024

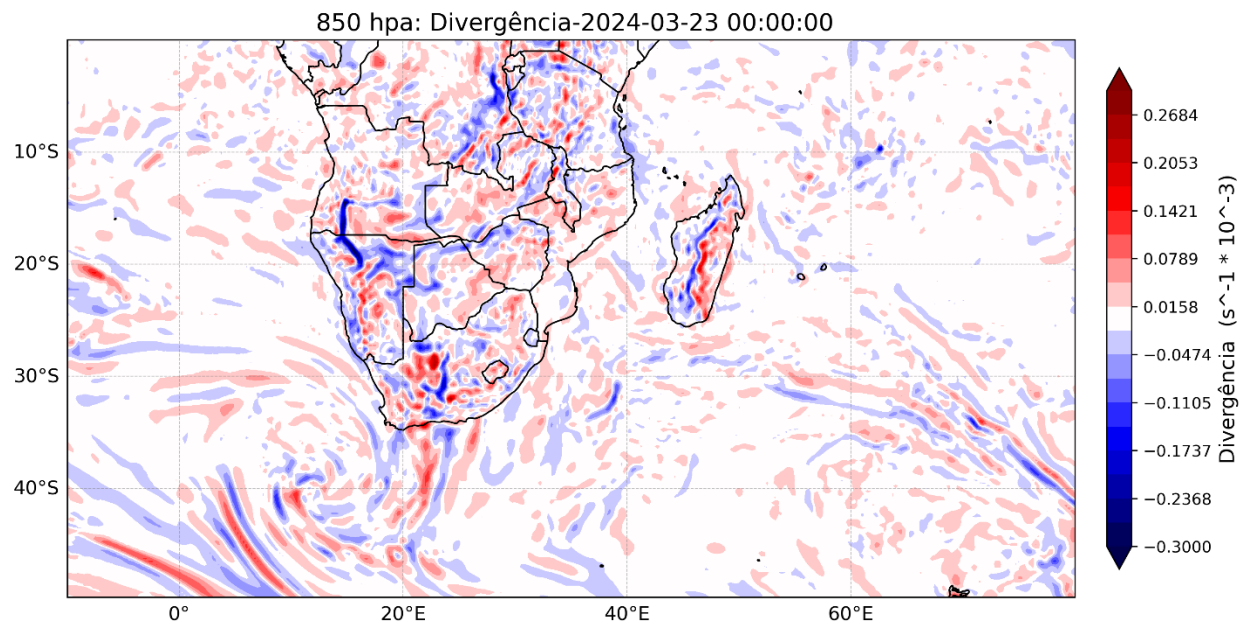


Figura 33: Análise da divergência do vento em 850 hPa no dia 23 de Março de 2024.

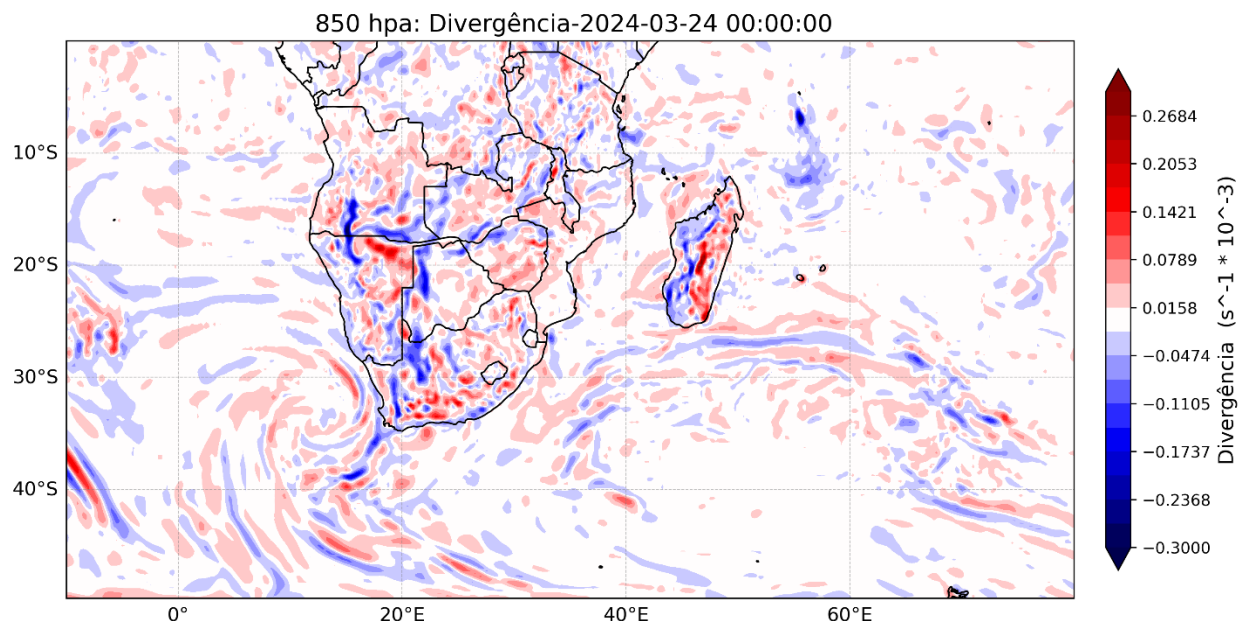


Figura 34: Análise da divergência do vento em 850 hPa no dia 24 de Março de 2024.

4.7. Análise dos Índices de Instabilidade

Nesta secção fez a análise dos índices de estabilidade, nomeadamente: CAPE e índice K com o objectivo de identificar regiões de maior e menor instabilidade atmosférica e com probabilidade de ocorrência de tempestades.

A advecção do CAPE do oceano para o continente é um processo atmosférico importante que pode intensificar significativamente a convecção e a precipitação, especialmente em regiões tropicais e costeiras. Esse transporte de energia potencial convectiva, quando combinado com outros factores como convergência de humidade e forçantes dinâmicas, aumenta a instabilidade atmosférica sobre áreas continentais, favorecendo a ocorrência de precipitação intensa.

A figura 35 mostra valores do CAPE maiores que 1500 J/kg*K no canal de Moçambique mais a Oeste de Madagáscar. Na figura 36 pode se observar uma intensificação do CAPE no canal de Moçambique atingindo 4000 J/kg*K. Na figura 37 observa-se que o valor do CAPE na costa é superior que 1500 e inferior a 3500 J/kg*K. Figura 38 pode-se observar na província de Inhambane e no canal de Moçambique valores superiores a 1500 J/kg*K. Essa variação do CAPE descreve a intensificação da instabilidade atmosférica.

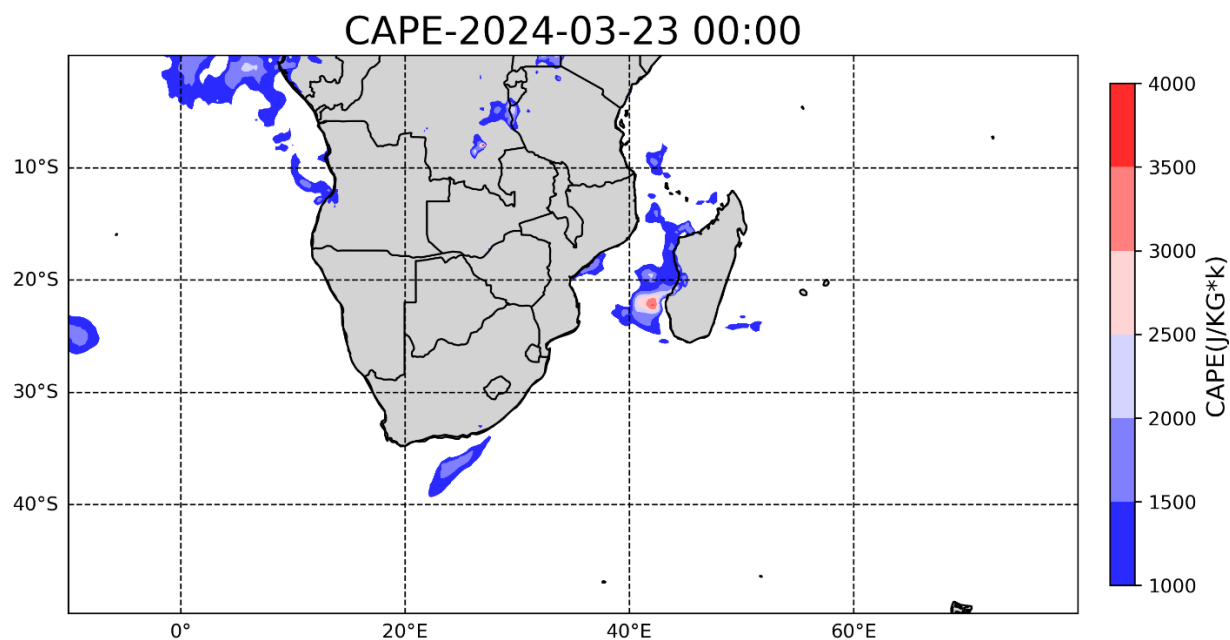


Figura 35: Análise do CAPE no dia 23 de Março de 2024

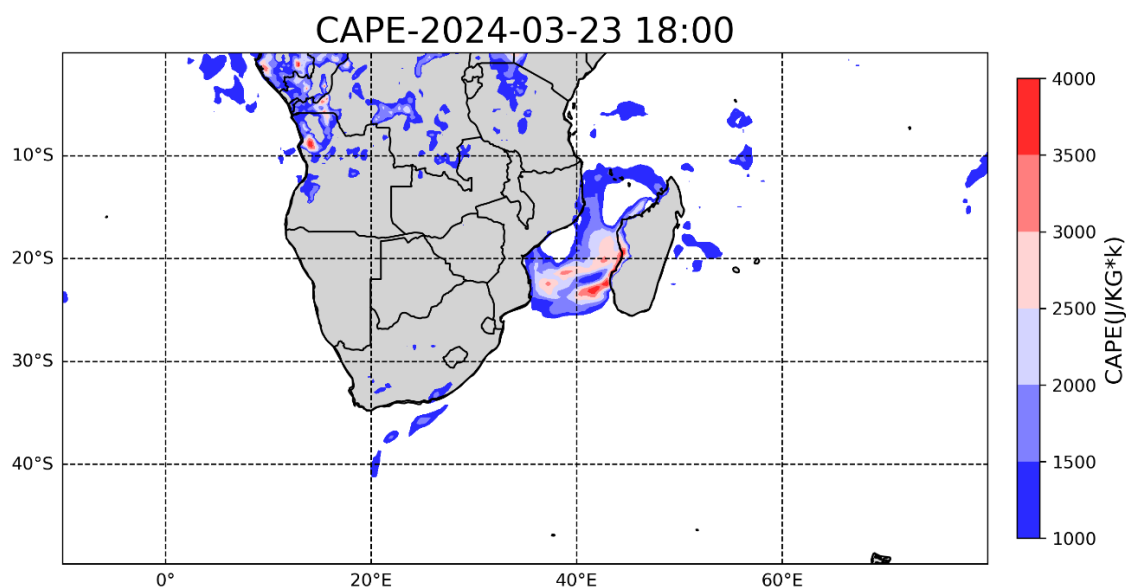


Figura 36: Análise do CAPE no dia 23 de Março de 2024

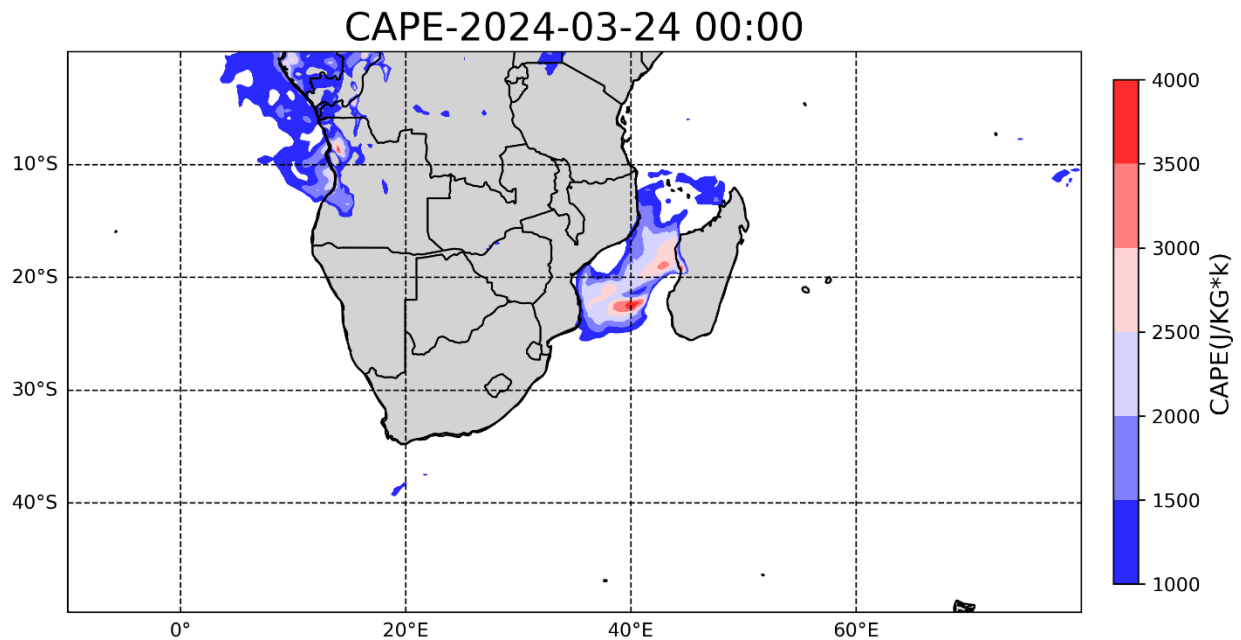


Figura 37: Análise do CAPE no dia 24 de Março de 2024

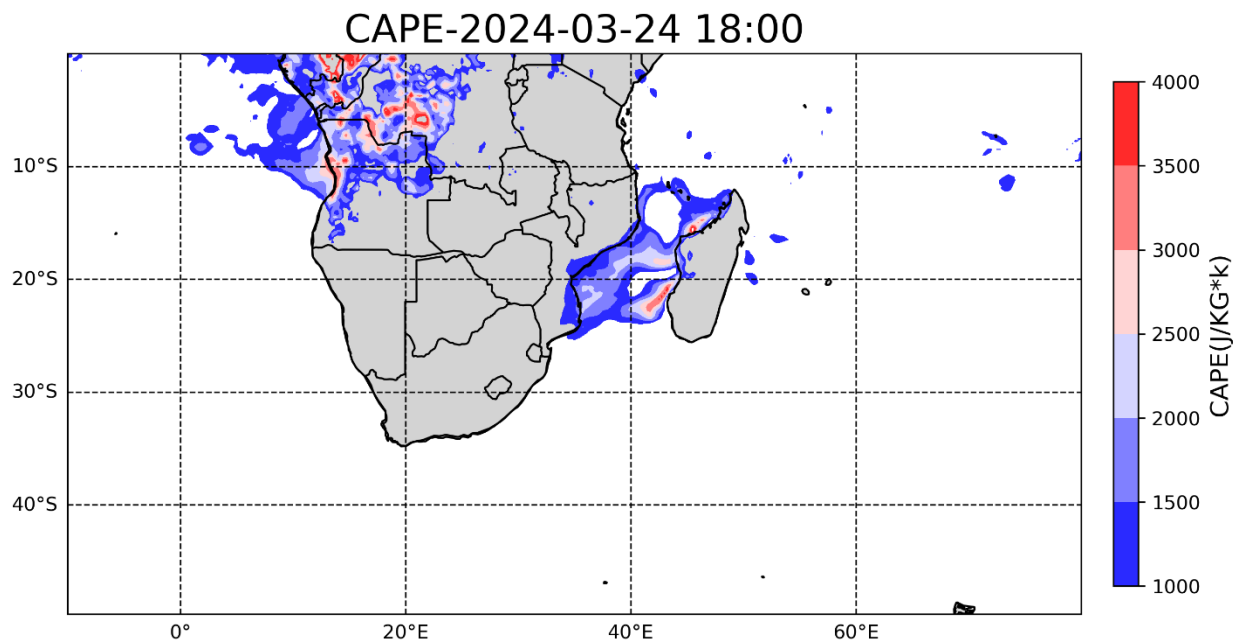


Figura 38: Análise do CAPE no dia 24 de Março de 2024

Na figura 39, nas províncias de Maputo e Gaza pode se observar valores do Índice-K que variam de 30 a 35 °C, o que indica 80 % de probabilidade de formação de tempestade (tabela 2). Na figura 40, observa-se um aumento significativo no valor do índice-K (30 a 35 °C) sobre o canal

de Moçambique e na zona sul do país sugerindo instabilidade atmosférica profundo suspensa a formação de tempestades. Na figura 41, no dia 24 (00:00 UTC) toda região Sul do país apresenta valores do índice-K superiores a 30 °C e observa-se áreas com valores superiores a 35°C sugerindo 100% de probabilidade de formação de tempestade.

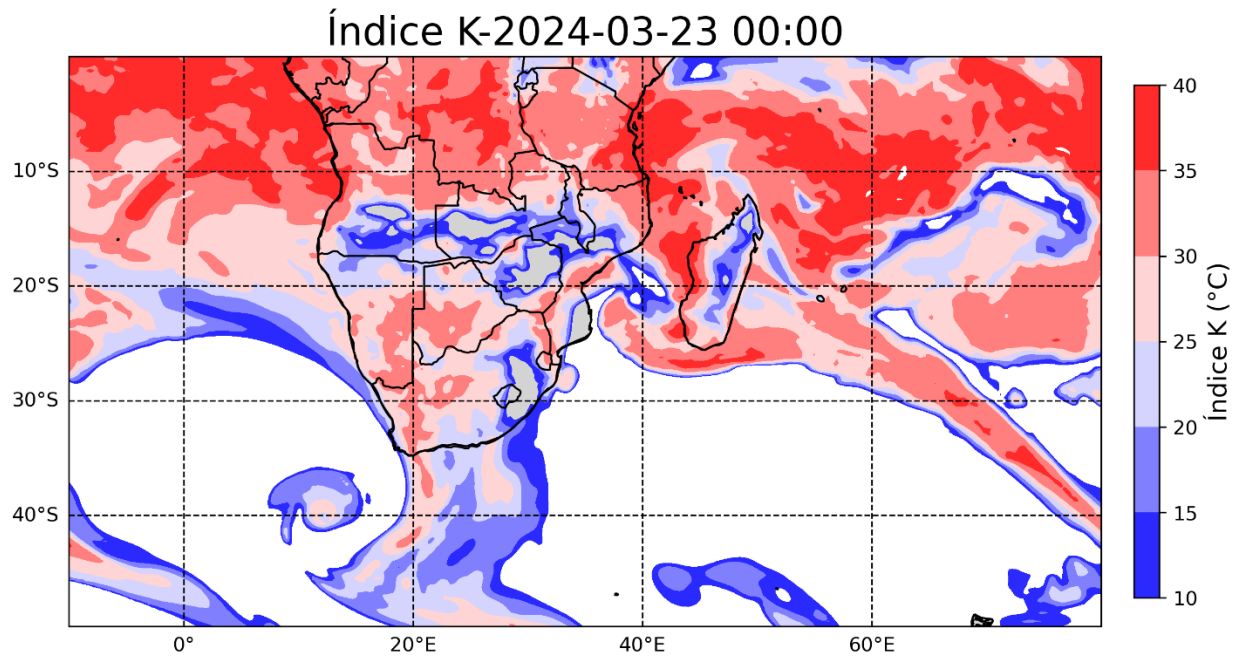


Figura 39: Análise do CAPE no dia 23 de Março de 2024

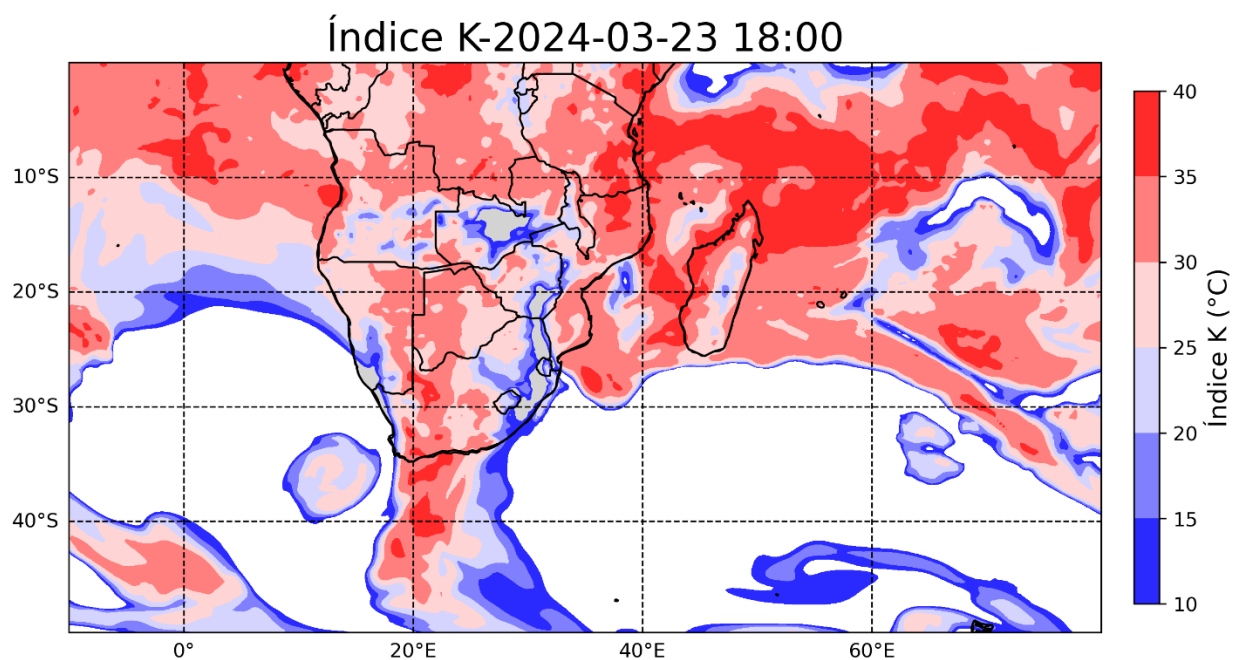


Figura 40: Análise do CAPE no dia 23 de Março de 2024

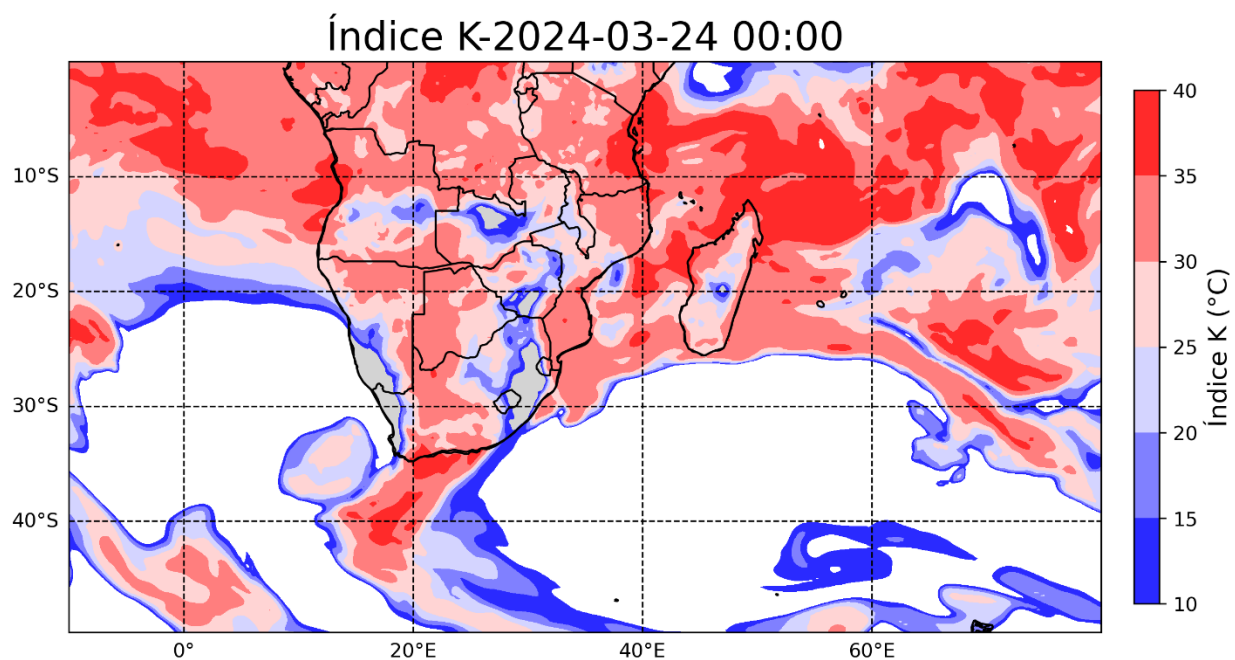


Figura 41: Análise do CAPE no dia 24 de Março de 2024

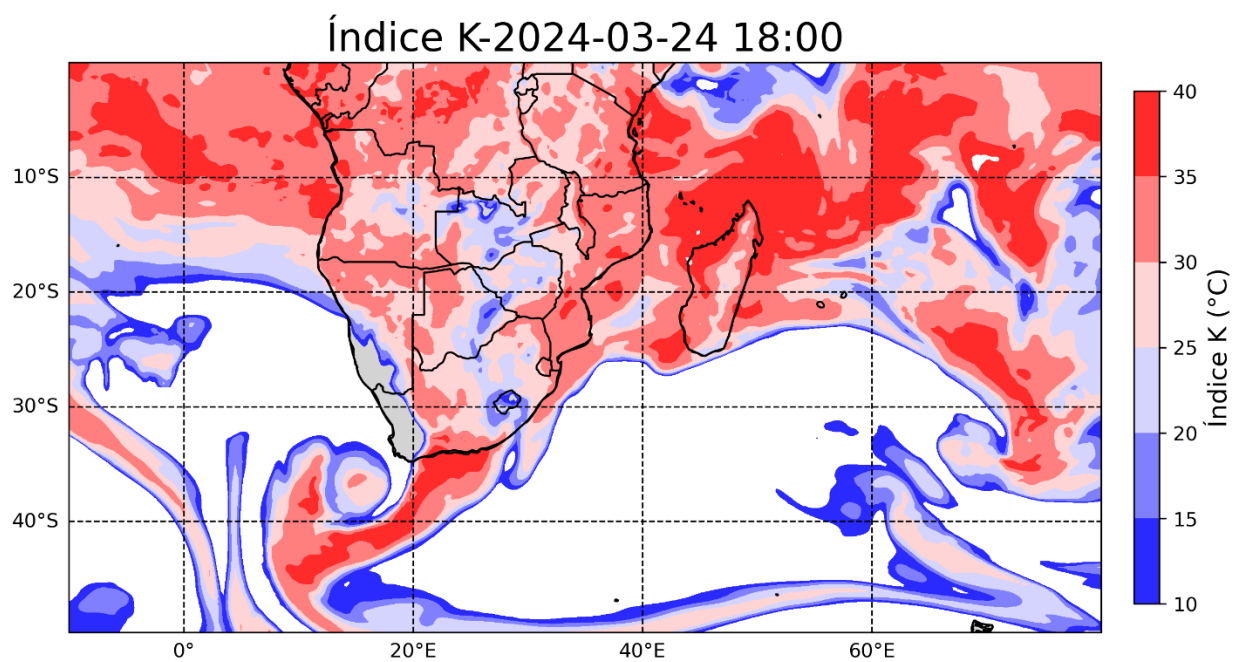


Figura 42: Análise do CAPE no dia 24 de Março de 2024

CAPÍTULO 5: CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1. Conclusão

Depois da visualização dos dados das variáveis em estudo e posteriormente feita as suas análises, pode-se chegar as seguintes conclusões:

- ❖ O presente trabalho sugere que os sistemas meteorológicos actuaes nos dias 23 e 24 de Março de 2024, nomeadamente o cut-off low, o cavado sobre o canal de Moçambique, a alta do Índico, o cavado em níveis superiores, bem como as correntes de jacto, foram os principais factores determinantes para a ocorrência de precipitação intensa registada nesse período. Esses sistemas actuaram em conjunto, promovendo a convergência de humidade, a instabilidade atmosférica e o forçamento dinâmico desses sistemas explicam a magnitude e a duração das precipitações observadas.
- ❖ A combinação da intensificação e deslocamento do Cut-Off Low com o fortalecimento da alta pressão ao sul de Madagáscar sugere uma interacção dinâmica entre esses sistemas. O COL, ao se aprofundar e isolar em 500 hPa e 200 hPa, pode ter reforçado a instabilidade sobre o sul da África, enquanto a alta pressão em níveis médios e superiores influenciou o padrão dos ventos e a divergência atmosférica na região. Essa interacção pode ter impactado a trajectória do COL, bem como afectado padrões de precipitação e ventos no sudoeste do Oceano Índico.
- ❖ Nos dias 23 e 24 foram registadas precipitações elevadas, sendo a estação de Panda em Inhambane com maior precipitação registada (192.6mm/24h) no dia 24 e a menor precipitação registada (0.2 mm/24h) foi na estação de Maputo Mavalane no dia 22.

5.2. Recomendações

- Recomenda-se que estudo de género sejam feitas para melhor compressão dos sistemas sinópticas responsáveis por quantidades elevadas de precipitação.
- Recomenda-se ao INAM a criação de um arquivo online de cartas de superfície;
- Recomenda-se o uso de dados do ERA5, Fornecido pelo *Centro Europeu de Previsões Meteorológicas de Médio Prazo (ECMWF)*, para a descrição e análise detalhada de sistemas meteorológicos, como os observados em 23 e 24 de Março de 2024, devido à precisão e resolução temporal e espacial desses dados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

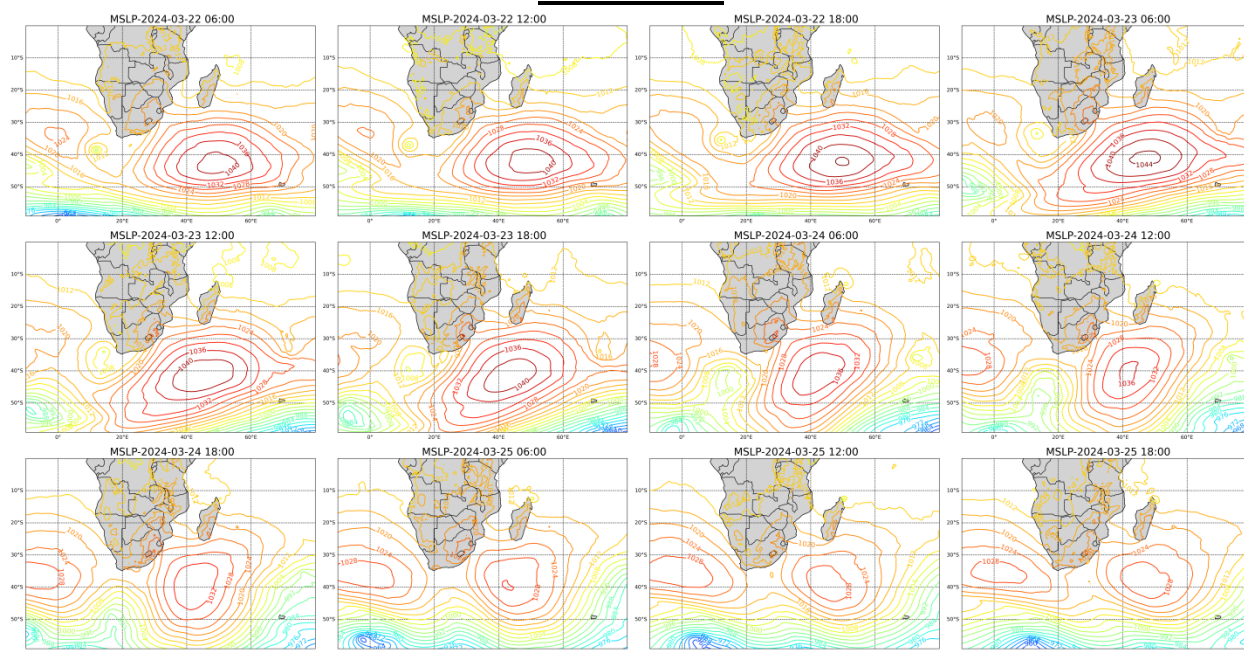
1. Ahrens., C. D., & Henson, R. (2018). *Meteorology Today: An Introduction to Weather, Climate, and the Environment*. 12^a Edição.
2. Andrews, D. G., Holton , J. R., & Leovy, C. B. (1897). *Middles Atmosphere Dinamics*.
3. Ayoade, J. (2003). *Introdução à Climatologia para os Trópicos* . Lisboa: Escola Editora.
4. Barimalala, R., Blayme, R. C., Desbiolles, F., & Reason, C. J. (2020). *Variability in the Mozambique Channel Trough and Impacts on Southeast African Rainfall*. South Africa: American Meteorological Society.
5. Barimalala, R., James, R., Munday, C., & Reason, C. J. (2022). *Representation of the Mozambique channel trough and its link to southern African rainfall in CMIP6 models*. Climate Dynamics.
6. Chongue, L. A., & Nishii, K. (2024). *The Mozambique Channel Trough Variability and its Influence on Regional Precipitation Variability in Mozambique in Austral Summer*. SOLA.
7. Curtarelli, M. P. (2012). *Estudo de influencia das frentes frias sobre a circulacao e os processos de estratificacao e mistura no reservatorio Itumbiara*. Brazil: INPE.
8. Galvin, J. F. (2016). *An Introduction to the Meteorology and Climate of the Tropics*.
9. Howard, E., Washington, R., & Hodges, K. I. (2019). *Tropical Lows in Southern Africa: Tracks, Rainfall Contributions, and the Role of ENSO*.
10. INAM. (2009). *Emissao de Avisos e Alertas*. Maputo.
11. INGD. (2009). *Estudo Sobre Impactos das Alteracoes Climaticas no Risco das Calamidades em Mocambique*.

12. Leal Coutinho, M. D., Gan, M. A., & Rao, V. B. (2010). Método objetivo de identificação dos vórtices ciclônicos de altos níveis na região Tropical Sul: validação. Brazil.
13. Lynch, A. H., & Cassano, J. J. (2006). Applied Atmospheric Dynamics.
14. Manhique, A. J., Reason, C. J., Silinto, B., Zucula, J., Raiva, I., Congolo, F., & Mavume, A. F. (2015). Extreme rainfall and floods in southern Africa in January 2013 and associated circulation patterns. Nat Hazards.
15. Mosca, J., & Lasse, N. (2023). INUNDAÇÕES EM MOÇAMBIQUE: O FACTOR HUMANO COMO AGRAVANTE. Observatorio do meio rural.
16. Nav. (24 de Outubro de 2024). Obtido de Aviation Meteorology Reference: <https://avmet.navcanada.ca/en/trough.aspx>
17. Nzango, C. (2018). Les barrages de l'Oubangui: de l'impact hydraulique actuel à la prospective environnementale.
18. OCHA. (28 de Marco de 2024). MOZAMBIQUE – Maputo heavy rains and Tropical Storm Filipo. Maputo/Matola, Mocambique.
19. OCHA. (10 de Novembro de 2024). OCHA Services and related platforms. Obtido de <https://www.unocha.org/mozambique>
20. Peixote, J. P. (1973). Hidrologia Dinâmica. Lisboa.
21. Peter, W. (2020). Dynamics of the Tropical Atmosphere and oceans. India: Hoboken.
22. Pinheiro, H. (2025). Baixas desprendidas (cut-off lows): o que sabemos sobre esses sistemas e sua influência no tempo e clima?
23. Pinheiro, H. R., Hodges, K. I., & Gan, M. A. (2019). Sensitivity of identifying cut-off lows in the Southern Hemisphere using multiple criteria: implications for numbers, seasonality and intensity.

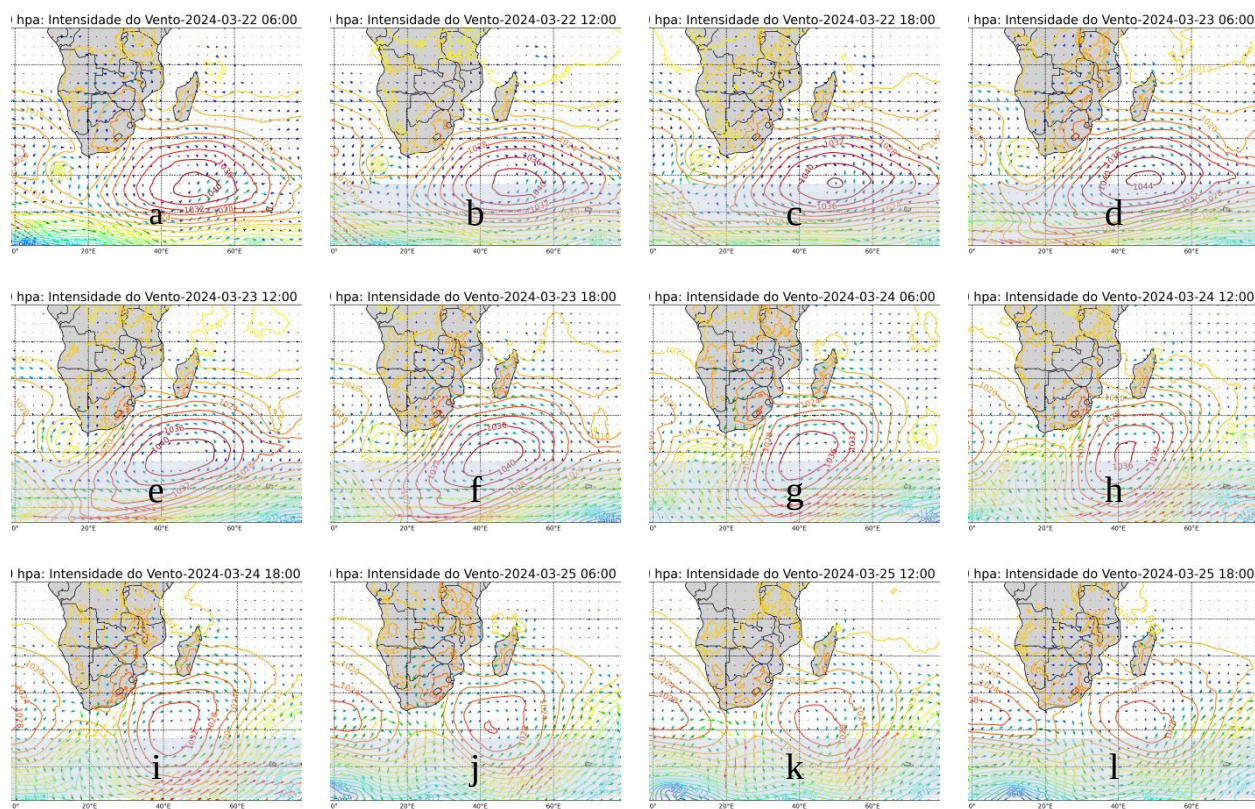
24. Reason, C. J., Rydberg, L., Fauchereaub, N., & Manhique, A. J. (2009). ENSO and Indian Ocean sea surface temperatures and their relationships with tropical temperate troughs over Mozambique and the Southwest Indian Ocean. INTERNATIONAL JOURNAL OF CLIMATOLOGY.
25. Reboita, M. S. (2010). Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica. Revista Brasileira de Meteorologia.
26. Rojas, O., & Amade, J. (1996). Estudo Agroclimático da Precipitação e Sua Aplicação na Segurança Alimentar. Maputo.
27. SIC. (24 de Março de 2024). Obtido em 11 de Abril de 2024, de SIC Noticias: <https://sicnoticias.pt/mundo/2024-03-24-Chuva-intensa-deixa-bairros-de-Maputo-alagados-c1532bd3>
28. Tique, A. T. (2015). Análise da Climatologia Dinâmica da Variabilidade da Precipitação na Região Sudeste da África. São Paulo.
29. Toledo, D. R. (2017). Ambiente atmosférico associado ao tornado ocorrido na cidade de Indaiatuba/SP no dia 24 de maio de 2005. Pelotas.
30. Torres, F. T., & Machado, P. J. (2008). Introducao a Climatologia. Geographica.
31. TSHEHLA, C. E. (2008). CLIMATOLOGY OF AIR MASS TRANSPORT TO CAPE POINT. Durban: School of Environmental Sciences.
32. Uele, D. I., Lyra, G. B., & de Oliveira Júnior, J. F. (2017). Variabilidade Espacial e Intranual das Chuvas na Região Sul de Moçambique, África Austral. Brazil: Revista Brasileira de Meteorologia.
33. Unicef. (19 de Abril de 2019). Unicef para cada criança. Obtido de <https://www.unicef.org/mozambique/historias/cyclone-gombe-impacto-das-mudan%C3%A7as-clim%C3%A1ticas-nas-mulheres-e-raparigas-em-mo%C3%A7ambique>

34. Xulu, N. G., Chikoore, H., Bopape, M.-J. M., & Nethengwe, N. S. (2020). Climatology of the Mascarene High and Its Influence on Weather and Climate over Southern Africa. climate.
35. Xulu, N. G., Chikoore, H., Bopape, M.-J. M., Ndarana, h., Muofhe, T. P., Mbokodo, I. L., . . . Mdoka, M. L. (2023). Baixas de corte sobre a África do Sul: uma revisão. África do Sul: Climate.

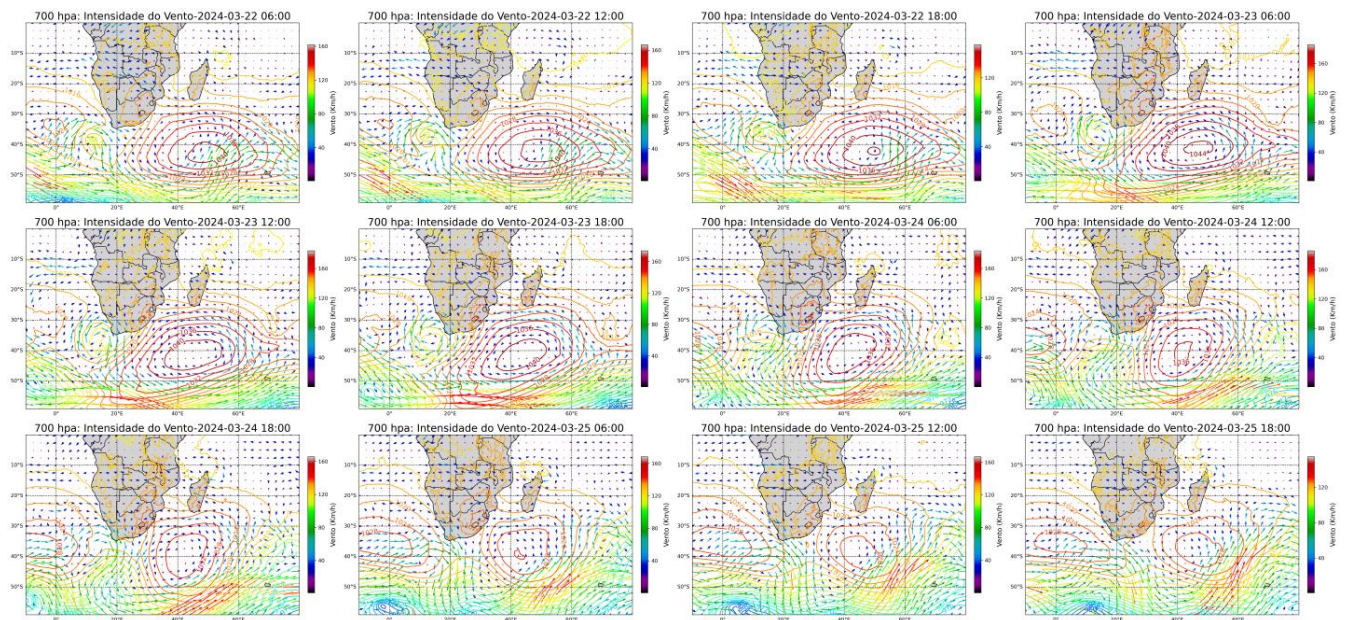
APÊNDICES



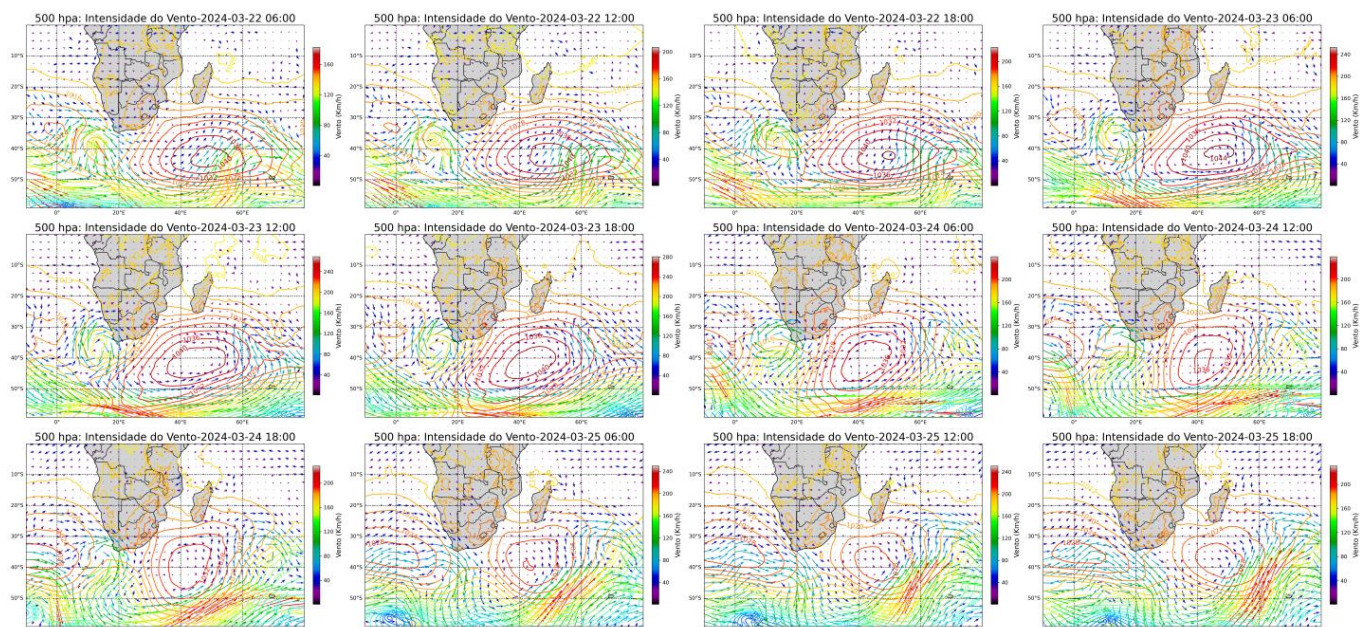
Apêndice 1: Campos de pressão do nível médio do mar entre os dias 22, 23 e 24.



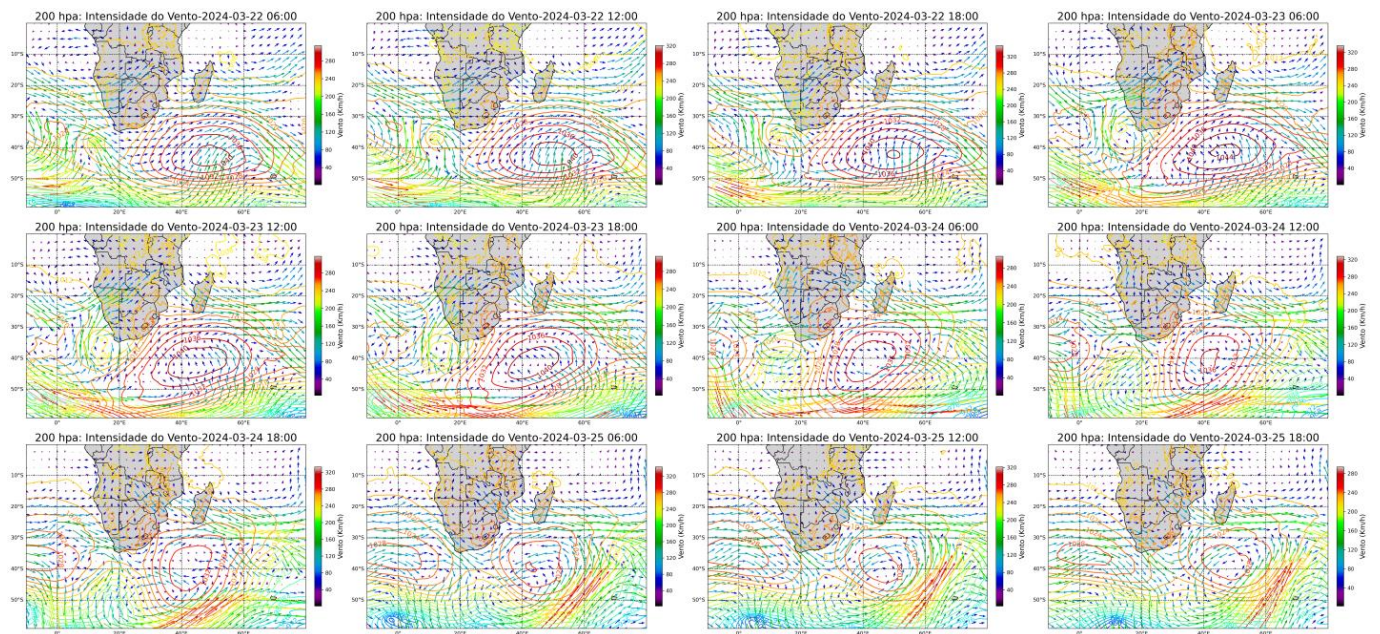
Apêndice 2: Análise dos campos do vento em 850 hpa entre os dias 22, 23 e 24.



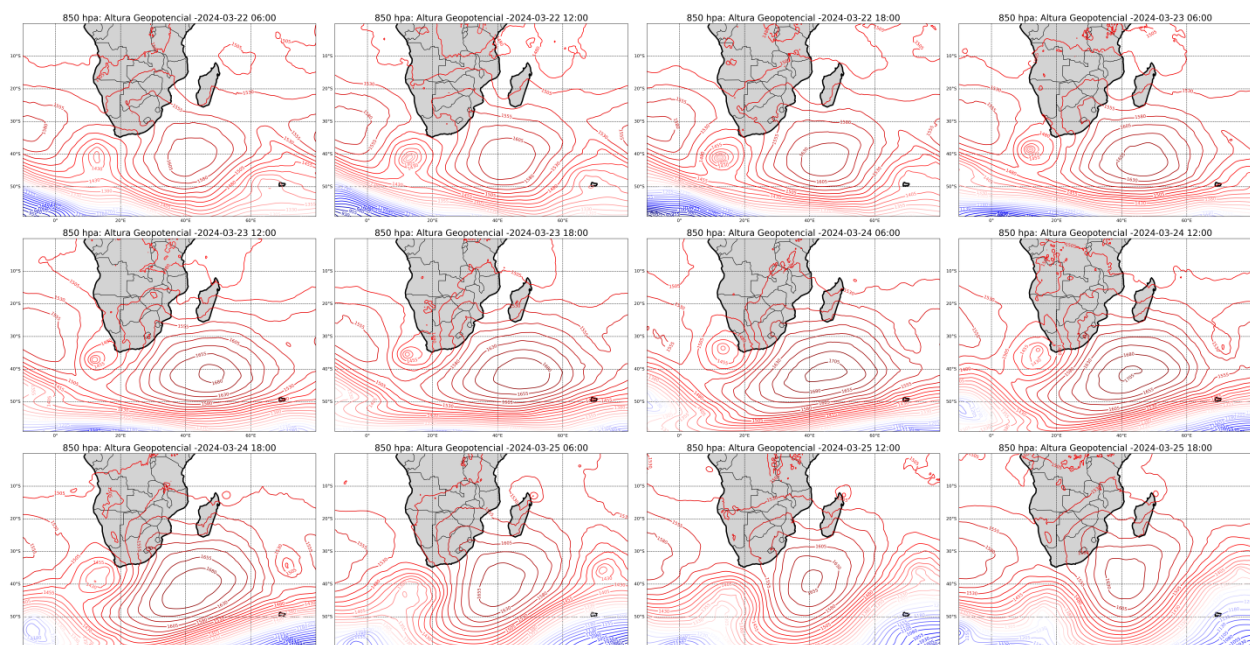
Apêndice 3: Análise dos campos do vento em 700 hpa entre os dias 22, 23 e 24.



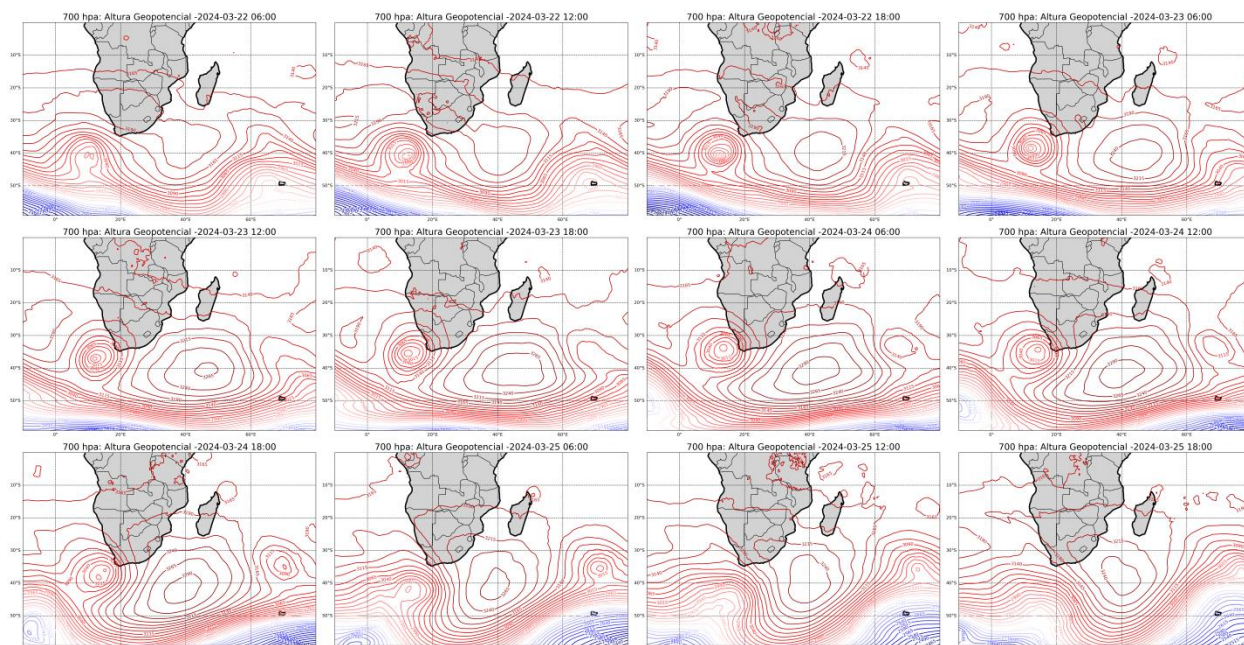
Apêndice 4: Análise dos campos do vento em 500 hpa entre os dias 22, 23 e 24.



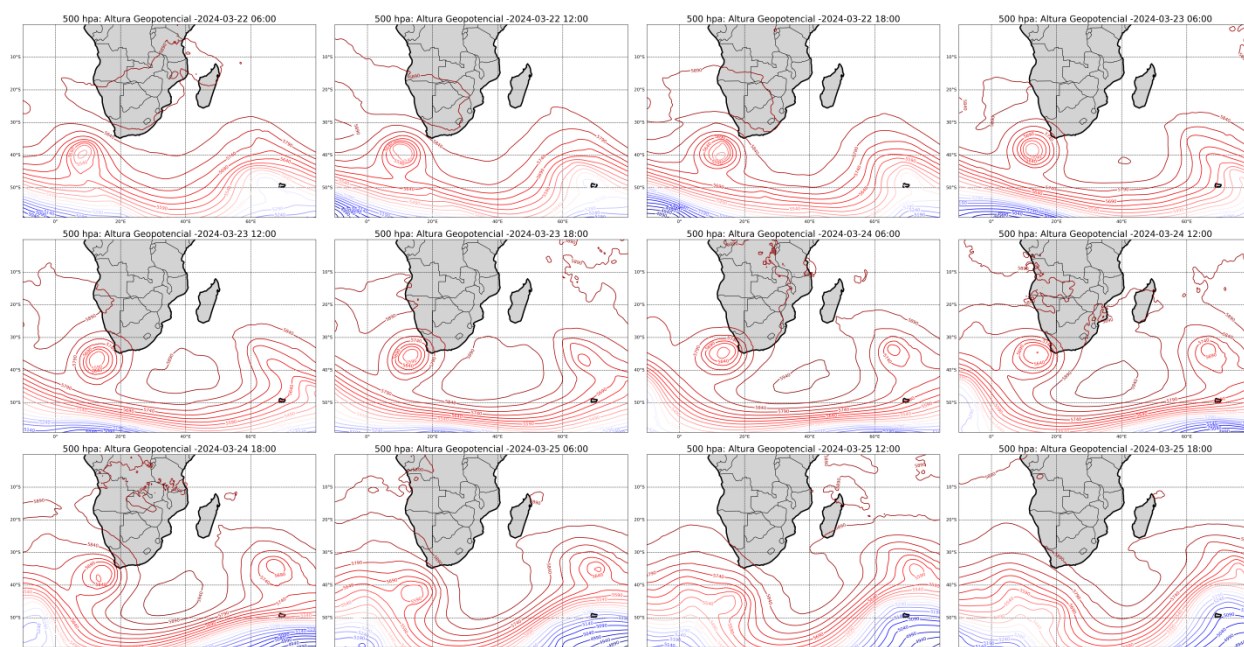
Apêndice 5: Análise dos campos do vento em 200 hpa entre os dias 22, 23 e 24.



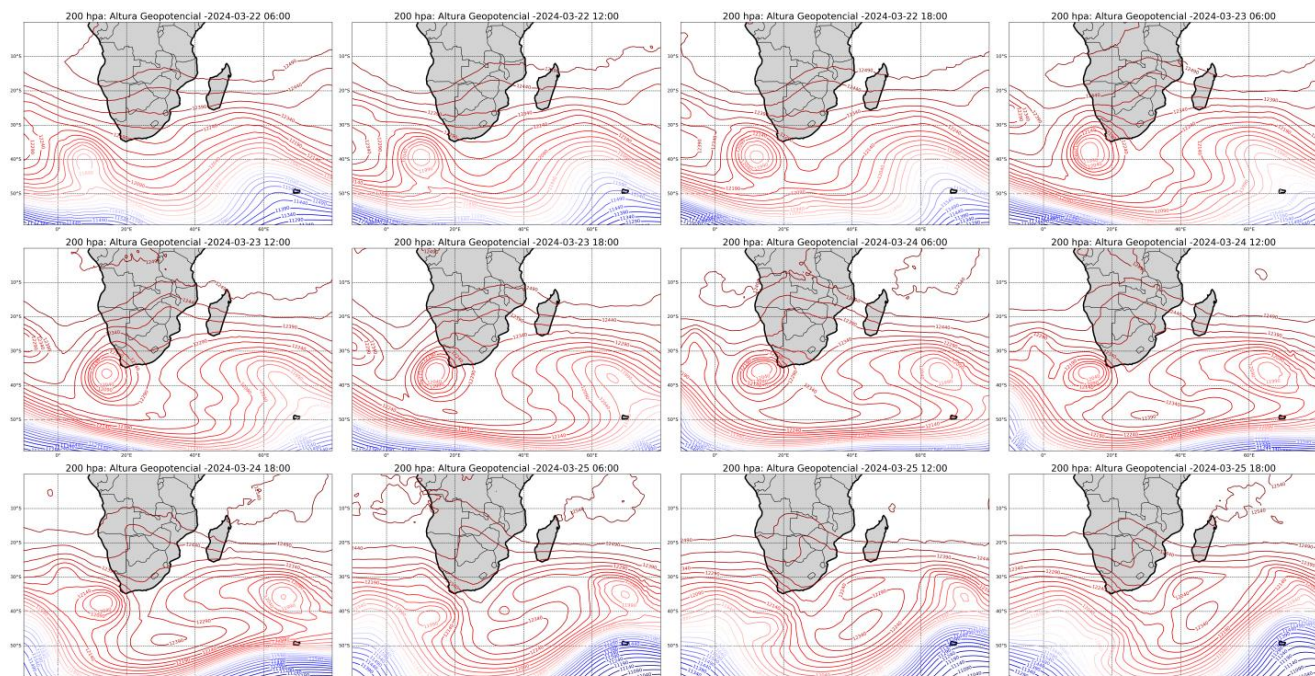
Apêndice 6: Análise da altura geopotencial entre os dias 22, 23 e 24.



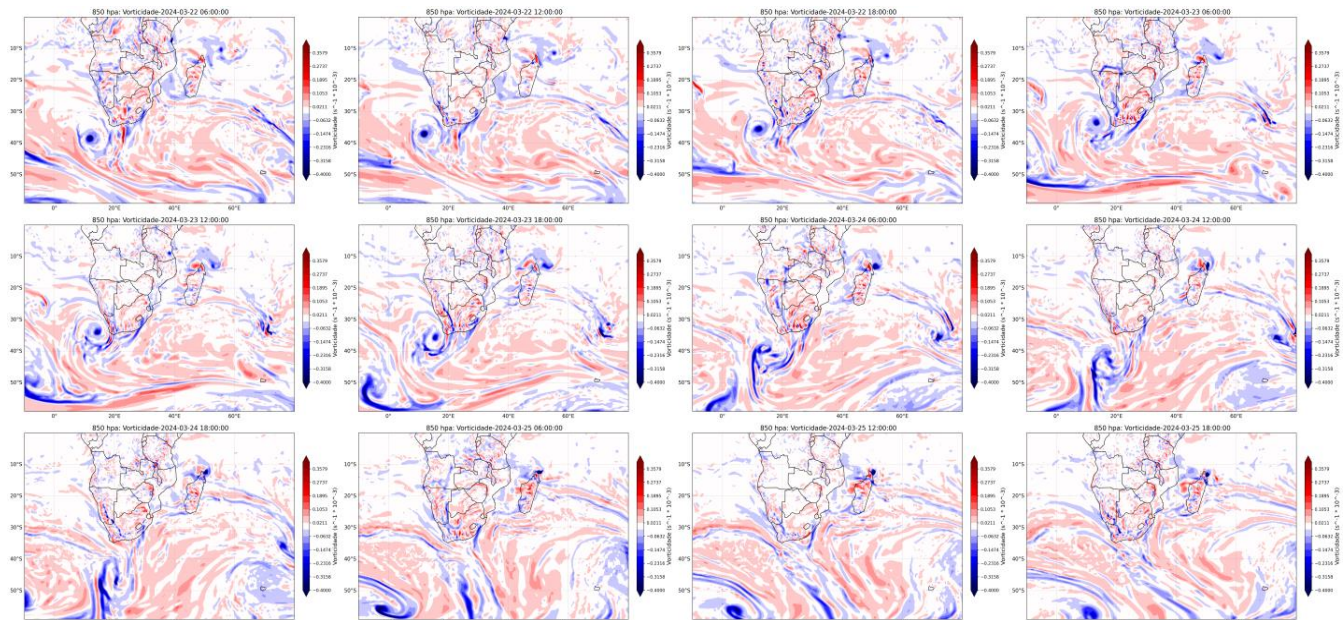
Apêndice 7: Análise da altura geopotencial entre os dias 22, 23 e 24.



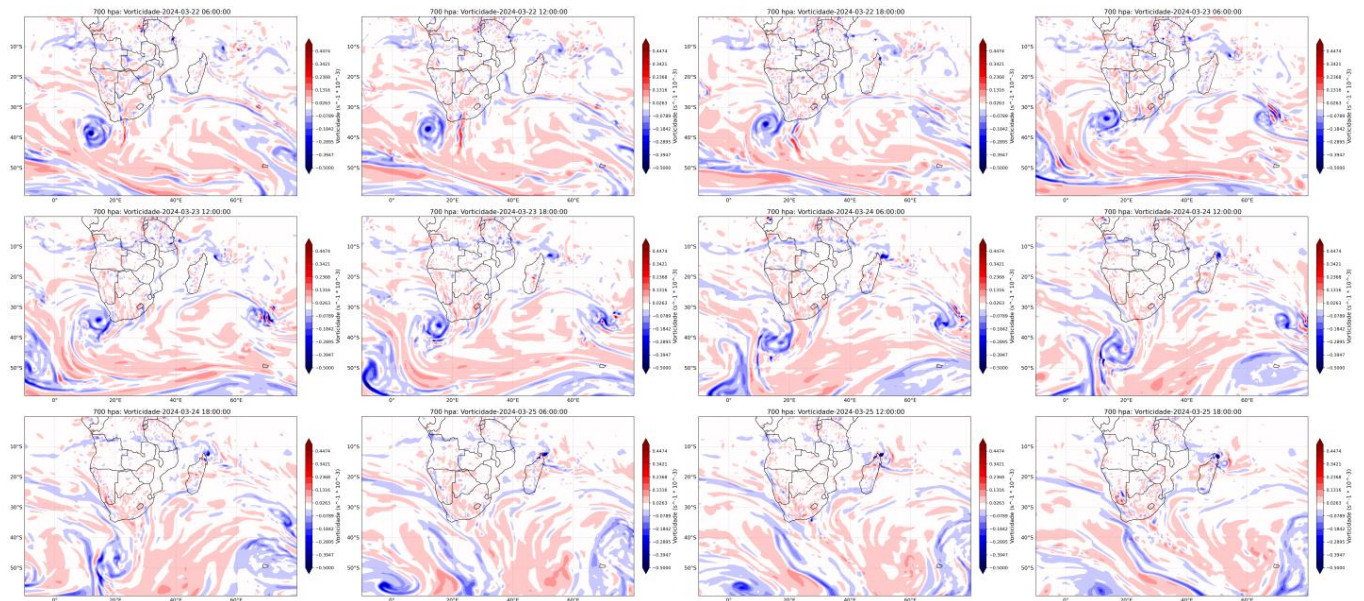
Apêndice 8: Análise da altura geopotencial entre os dias 22, 23 e 24.



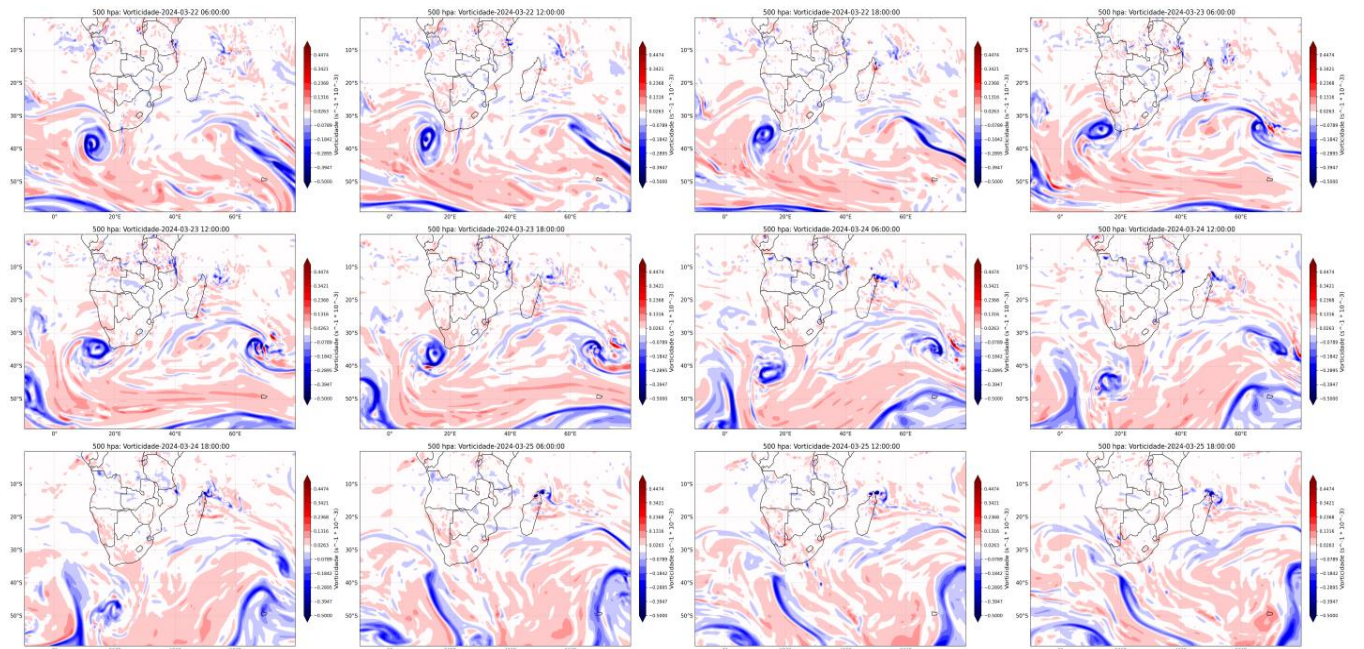
Apêndice 9: Análise da altura geopotencial entre os dias 22, 23 e 24.



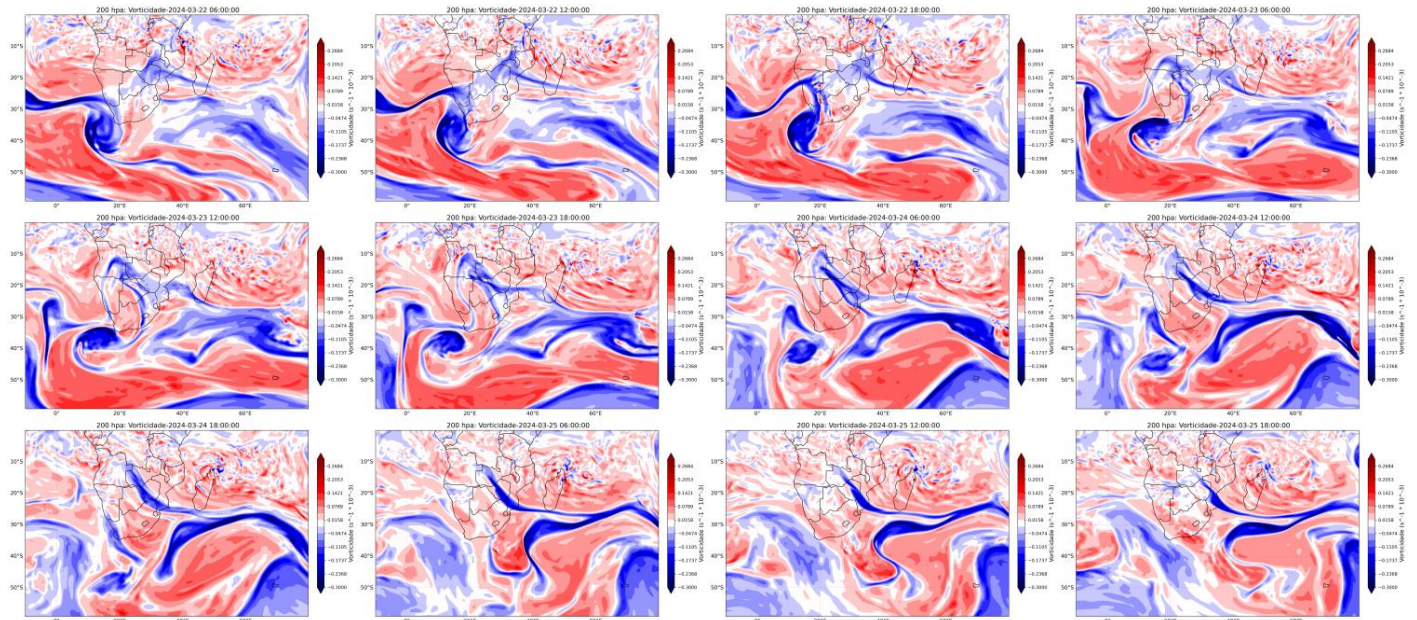
Apêndice 10: Análise da vorticidade relativa entre os dias 22, 23 e 24.



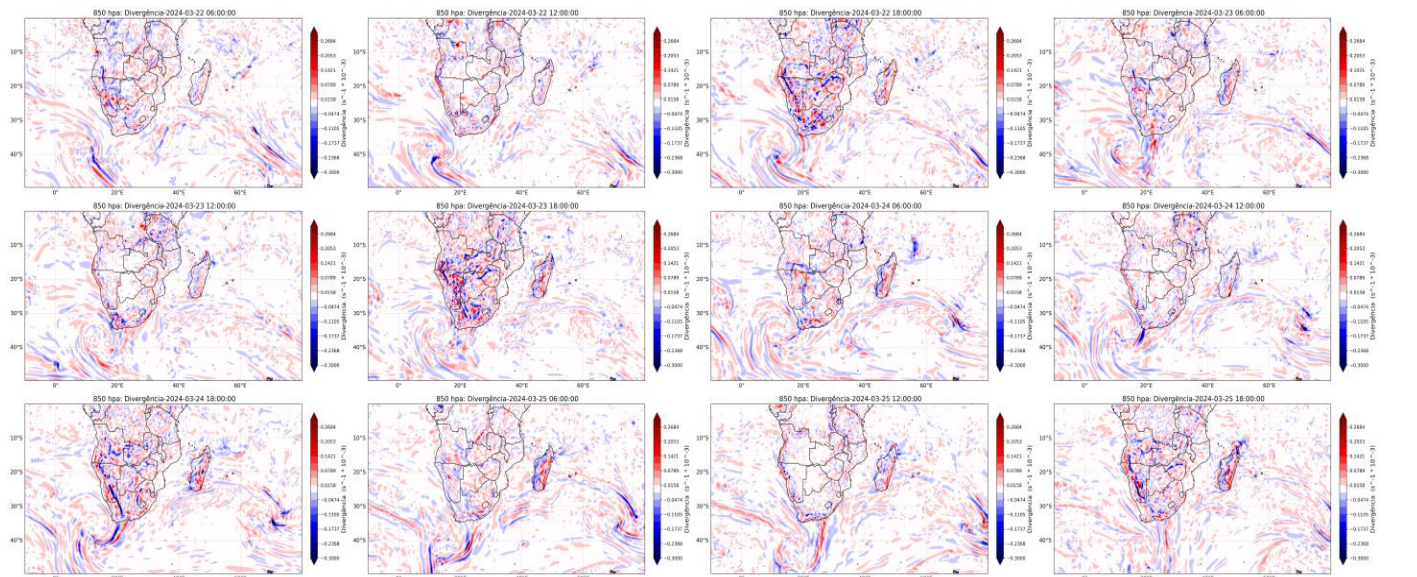
Apêndice 11: Análise da vorticidade relativa entre os dias 22, 23 e 24.



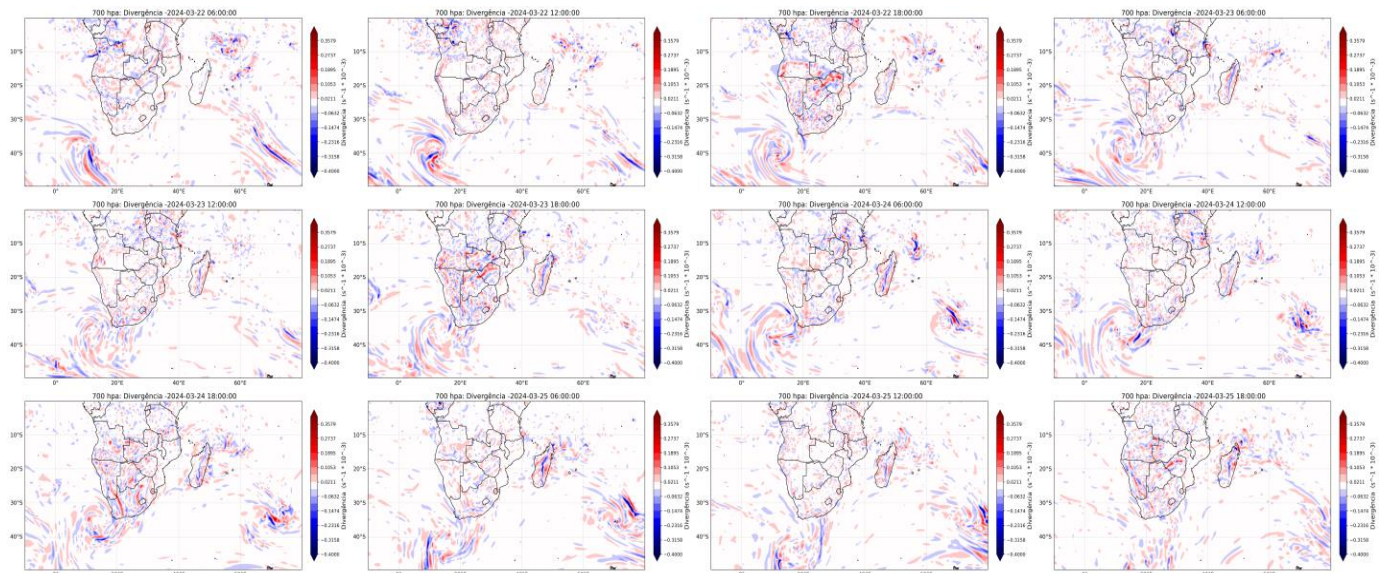
Apêndice 12: Análise da vorticidade relativa entre os dias 22, 23 e 24.



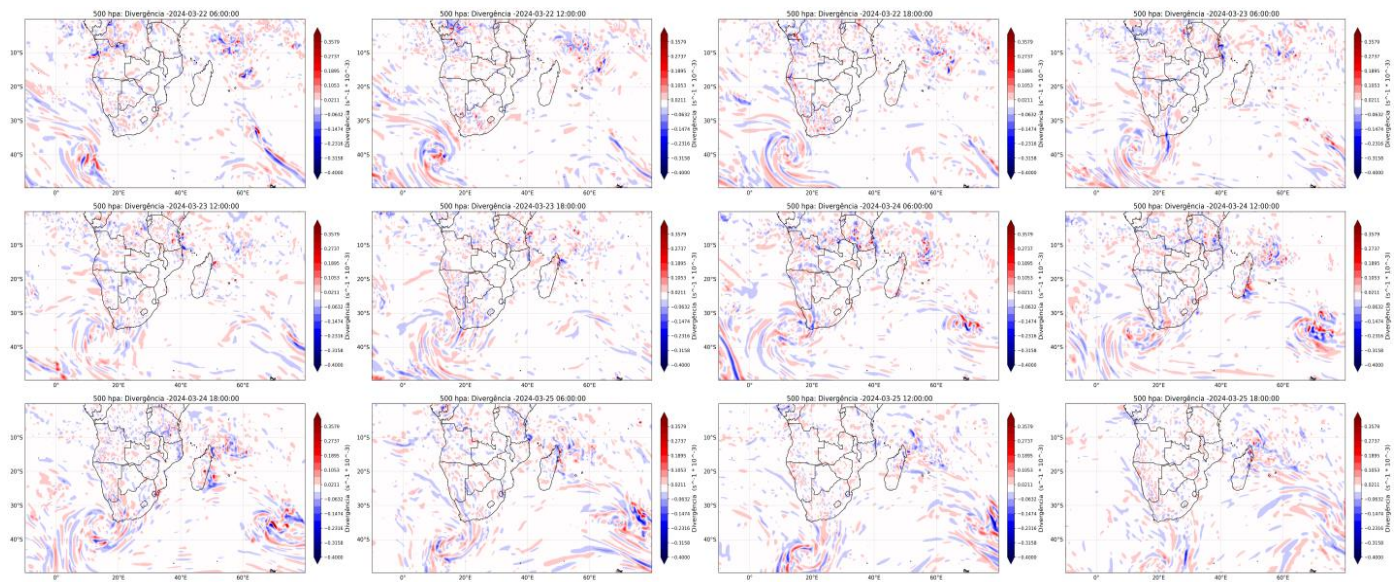
Apêndice 13: Análise da vorticidade relativa entre os dias 22, 23 e 24.



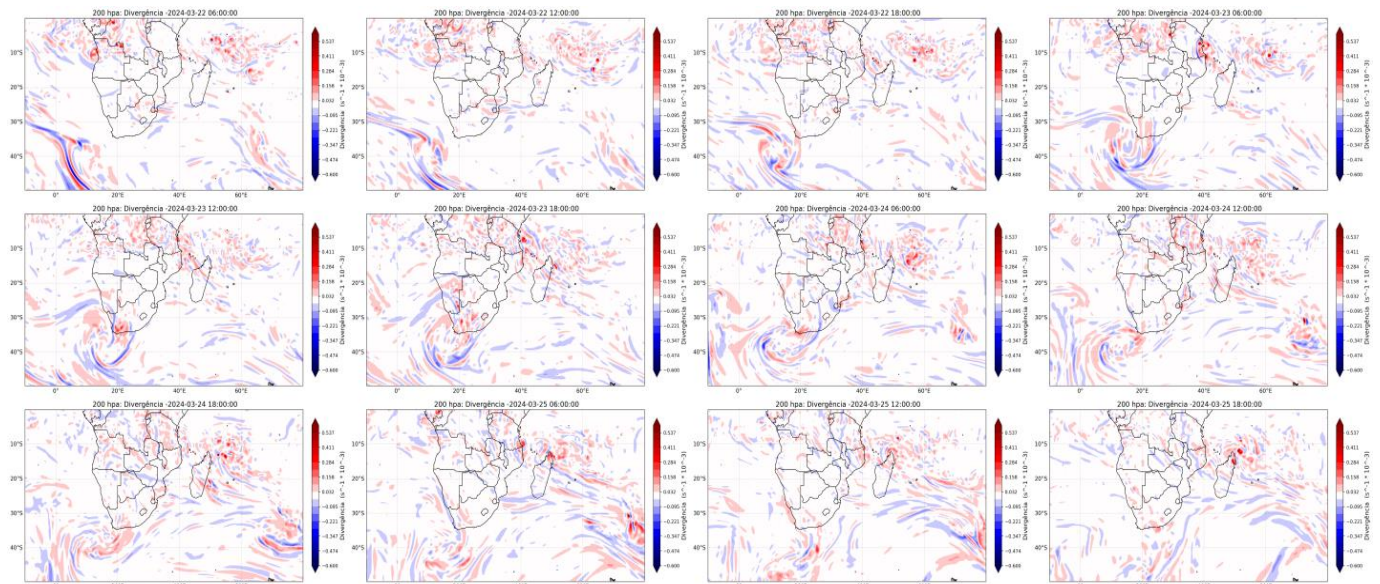
Apêndice 14: Análise da divergência entre os dias 22, 23 e 24.



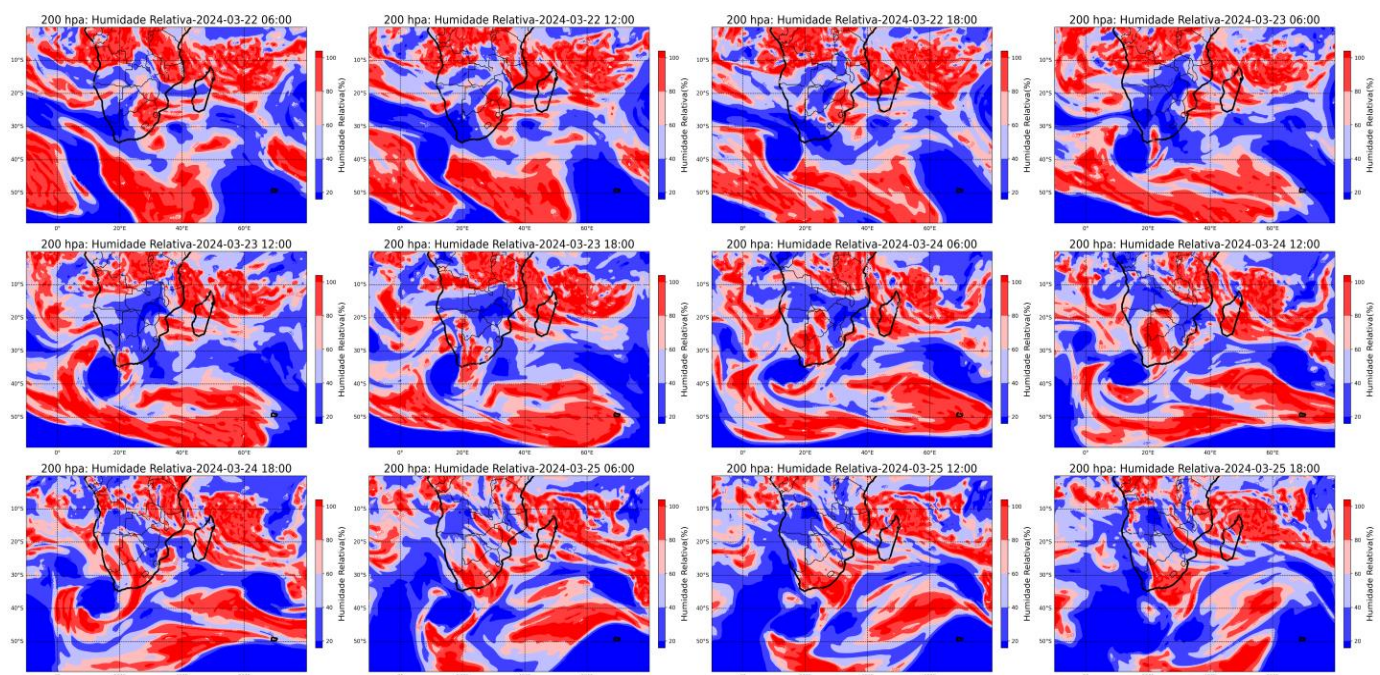
Apêndice 15: Análise da divergência entre os dias 22, 23 e 24.



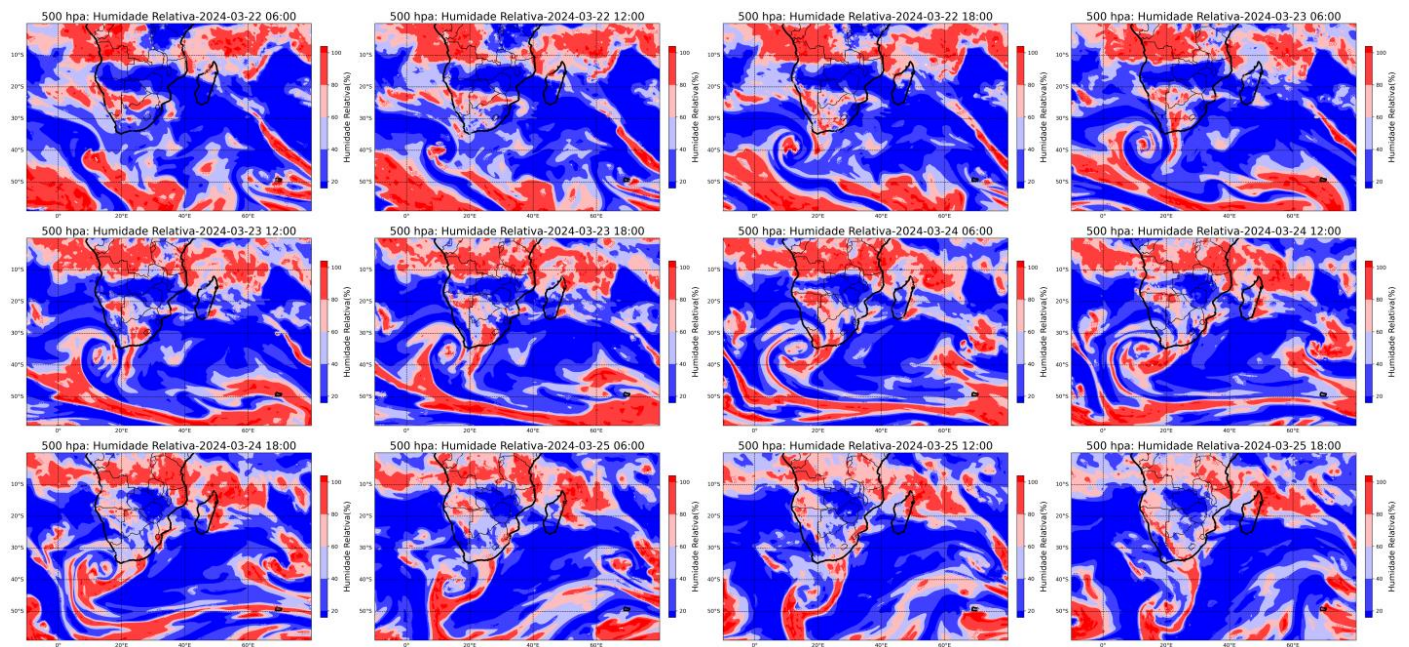
Apêndice 16: Análise da divergência entre os dias 22, 23 e 24.



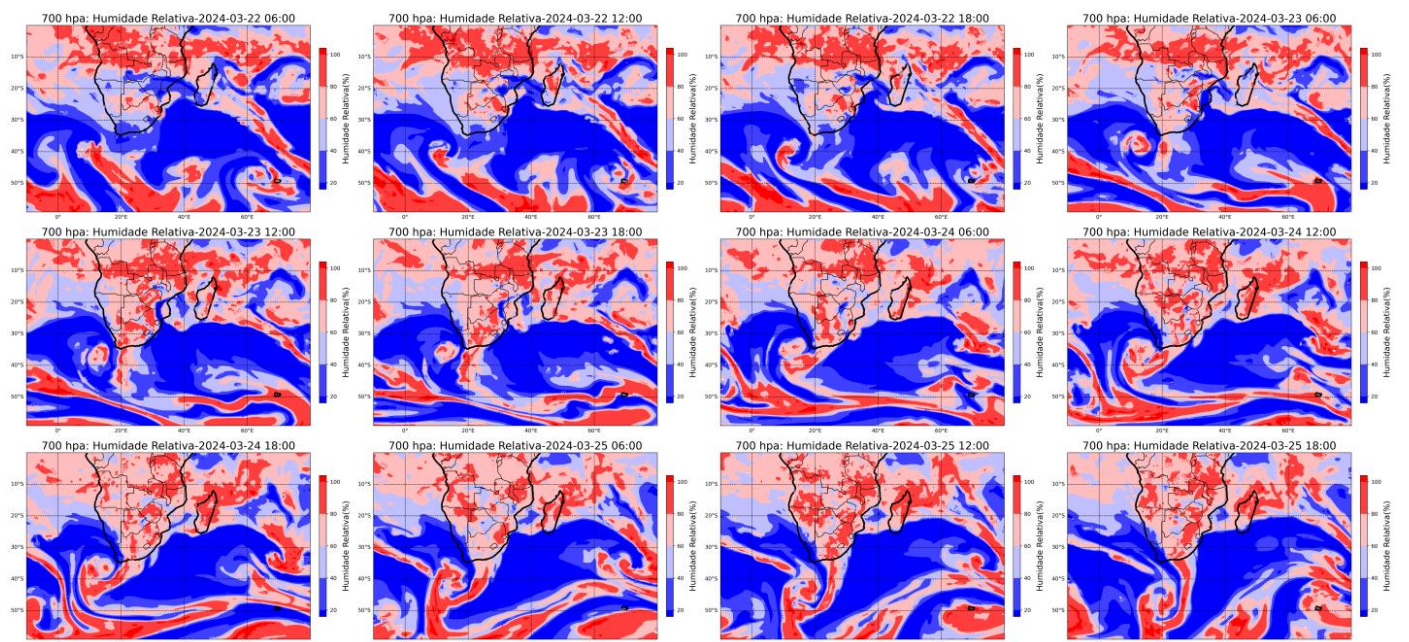
Apêndice 17: Análise da divergência entre os dias 22, 23 e 24.



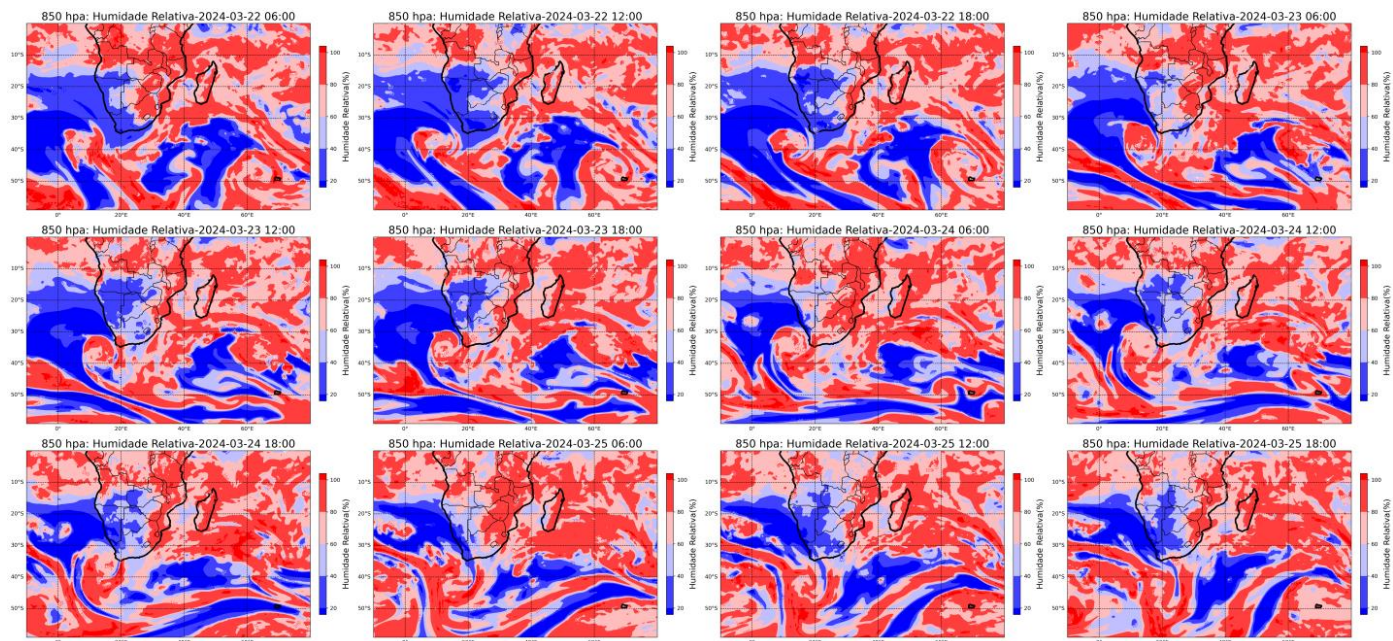
Apêndice 18: Análise da humidade relativa entre os dias 22, 23 e 24.



Apêndice 19: Análise da humidade relativa entre os dias 22, 23 e 24.



Apêndice 20: Análise da humidade relativa entre os dias 22, 23 e 24.



Apêndice 21: Análise da humidade relativa entre os dias 22, 23 e 24.