



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
INSTITUTO DE RECURSOS NATURAIS
PROGRAMA DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS**

**EVOLUÇÃO DA ESTRUTURA TÉRMICA DE UM
CICLONE EM TRANSIÇÃO EXTRATROPICAL: CASO
TALIM**

MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO

Lorena Bezerra da Rocha

Itajubá, MG, Brasil

2019

EVOLUÇÃO DA ESTRUTURA TÉRMICA DE UM CICLONE EM TRANSIÇÃO EXTRATROPICAL: CASO TALIM

por

Lorena Bezerra da Rocha

Monografia apresentada à comissão examinadora Programa de Graduação em Ciências Atmosféricas da Universidade Federal Itajubá (UNIFEI, MG), como requisito parcial para obtenção do grau de
Bacharel em Ciências Atmosféricas.

Orientadora: Dra. Michelle Simões Reboita

Itajubá, MG, Brasil

2019

**Universidade Federal de Itajubá
Instituto de Recursos Naturais
Programa de Graduação em Ciências Atmosféricas**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Monografia

**EVOLUÇÃO DA ESTRUTURA TÉRMICA DE UM CICLONE EM
TRANSIÇÃO EXTRATROPICAL: CASO TALIM**

elaborada por

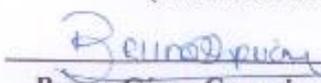
Lorena Bezerra da Rocha

Como requisito parcial para a obtenção do grau de
Bacharel em Ciências Atmosféricas

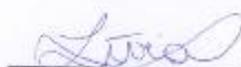
Comissão Examinadora:



Michelle Simões Reboita, Dr^a. (UNIFEI)
(Presidente/Orientadora)



Bruno César Capucin, Bel Met. (UNIFEI)



Livia Márcia Mosso Dutra, MSc. Met. (USP)

Itajubá, 07 de outubro de 2019.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Neilson e Raquel, pela dedicação, incentivo e apoio incondicional durante toda a minha vida, que todos os dias me motivam a continuar evoluindo. Nem todas as palavras do mundo conseguem descrever o quanto eu sou feliz por ter pais como vocês. Sem essa perseverança, eu não teria chegado aqui.

À toda minha família, que de algum modo, estiveram presentes e torceram por mim a cada instante da vida. Principalmente, à minha avó Lirete e tia Neri que me encorajaram a todo momento no meio acadêmico, fazendo com que essa jornada fosse mais leve.

A todos os professores do curso de Ciências Atmosféricas pelos conhecimentos transmitidos nessa jornada. Em especial, à minha orientadora Michelle Simões Reboita por todos os ensinamentos, atenção, paciência e incentivo durante esse período. E também, à professora Sâmia Regina Garcia Calheiros pelas palavras de apoio e conselhos.

Aos colegas de graduação, que viraram amigos com o tempo e compartilharam comigo momentos felizes, especialmente Aline, Bianca, Bruna, Carol, Fabiana, Jefferson, Rani, Rayan e Renan pelo companheirismo e ajuda nos momentos difíceis.

Aos amigos da vida, Alice, Caino, Caroline, Filipe, Gabra, Leo, Marcus, Nickole, Pedro, Taynah, Theo, Ursula e Vale que incentivaram e me apoiaram incondicionalmente durante esses quatro anos, me dando forças para seguir.

Por fim, sou grata a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação.

Aos meus pais.

“Faça a coisa assustadora primeiro e se assuste mais tarde”

Lemony Snicket

RESUMO

Monografia de Graduação
Programa de Graduação em Ciências Atmosféricas
Universidade Federal de Itajubá, MG, Brasil

ESTRUTURA TÉRMICA DE UM CICLONE EM TRANSIÇÃO EXTRATROPICAL: CASO TALIM

AUTORA: LORENA BEZERRA DA ROCHA
ORIENTADORA: DRA. MICHELLE SIMÕES REBOITA
Local e Data da Defesa: Itajubá, 07 de outubro de 2019.

Até a década de 1950, a comunidade científica classificava os ciclones em apenas dois tipos: tropicais e extratropicais, devido às características de gênese e local de atuação. Com o desenvolvimento da metodologia *Cyclone Phase Space* (CPS) por Hart, no início da década de 2000, ficou evidente que não há apenas os dois tipos mencionados, mas que existe *continuum*, de forma que os ciclones podem evoluir de um tipo a outro, existindo também um tipo intermediário, conhecido como ciclone híbrido ou subtropical. Diante desse contexto, o objetivo do estudo é documentar os estágios de evolução do ciclone Talim que ocorreu entre os dias 10 e 21 de setembro de 2017 e que teve gênese como tropical e decaiu como extratropical no oceano Pacífico Norte, o que é chamada de transição extratropical. Na primeira etapa do estudo, as fases do ciclone foram definidas com o CPS e, na sequência, foi realizada a descrição sinótica da evolução do sistema com base nos dados da reanálise ERA5, do projeto OAFlex e de satélite (GridSat-B1 e TRMM-3B42). O Talim teve gênese como uma tempestade tropical no oeste do Pacífico Norte e atingiu a sua máxima intensidade, que foi a categoria 3 da escala Saffir-Simpson, no dia 13 de setembro. O sistema apresentou quatro fases: a de ciclone tropical que começou no dia 10 de setembro às 12 Z, devido a uma anomalia positiva da Temperatura da Superfície do Mar, intenso fluxo de calor latente do oceano para a atmosfera e, também, o surgimento de uma onda em 700 hPa; a fase de transição extratropical começou no dia 15 de setembro às 00 Z, com características de sistema híbrido, e o término da transição ocorreu em 17 de setembro às 12 Z, quando o sistema já atingia a estrutura de um ciclone extratropical com núcleo frio, surgimento de sistemas frontais devido aos maiores gradientes horizontais de temperatura no continente; a fase de ciclone extratropical se estende de 17 de setembro às 18 Z a 19 de setembro às 00 Z, que é caracterizada pelo sistema apresentar um padrão mais assimétrico na nebulosidade e nas linhas de pressão; o estágio de decaimento do sistema inicia em 19 de setembro às 06 Z.

Palavras-chave: *Cyclone Phase Space*. Escala Saffir-Simpson. Ciclones. Transição Extratropical.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Trajetória do Talim baseada na classificação da mínima pressão central de acordo com a escala Saffir-Simpson..... 12
- Figura 2 – Diagramas dos parâmetros B (a), -VTL e -VTU (b) calculados para o tufão Talim, em que a forma de quadrado representa o CT; os triângulos representam a TE; os círculos, CE e os losangos representam a fase de oclusão/decaimento do sistema. 14
- Figura 3 – Esquematisação do ciclone Talim, ocorrido entre os estágios dos dias 14 a 21 de setembro de 2017, previamente definidos pela metodologia do CPS. No painel superior tem-se imagens no canal visível do satélite Himawari-8. No painel central tem-se a circulação atmosférica a 10 m de altura obtida da análise do Global Forecast System (GFS) no visualizador earth.nullschool. No painel inferior há o campo de pressão atmosférica a nível do mar (hPa; linhas pretas), espessura da camada 500/1000 hPa (m; linhas pontilhadas vermelhas) e intensidade do vento a 250 hPa ($m s^{-1}$; preenchido). Fase de CT em 00Z14SET2017 (a-b-c); fase de ciclone híbrido (TE) em 00Z17SET2017 (d-e-f); fase de CE em 00Z19SET2017 (g-h-i) e sistema em decaimento em 00Z21SET2017 (j-k-l)..... 16
- Figura 4 – Campos sinóticos para a análise do tufão Talim. O painel superior é a pressão atmosférica ao nível do mar (hPa; linhas em preto), espessura da camada 500-1000 hPa (m; linhas pontilhadas em vermelho) e intensidade do vento em 250 hPa ($m s^{-1}$; preenchido), nos estágios de CE e decaimento os sistemas frontais estão indicados. O painel central mostra o cisalhamento vertical do vento 250-850 hPa ($m s^{-1}$; preenchido) e o fluxo diário de calor latente ($W m^{-2}$; linhas em preto). O terceiro painel é a advecção de temperatura do ar em 850 hPa ($^{\circ}C s^{-1}$; preenchido) e altura geopotencial em 500 hPa (m; linhas em preto). Estágio de ciclogênese em 12Z10SET2017 (a-b-c); fase de CT em 06Z14SET2017 (d-e-f); fase de transição em 12Z17SEP2017 (g-h-i); fase de CE em 12Z18SET2017 (j-k-l) e sistema em decaimento em 00Z21SET2017 (m-n-o).20
- Figura 5 – Padrão de nebulosidade e precipitação para análise do tufão Talim. O painel superior é a anomalia diária de TSM ($^{\circ}C$; preenchido) e componentes do vento a 700 hPa ($m s^{-1}$; vetor). No painel central há temperatura de brilho do canal infravermelho ($^{\circ}C$; preenchido) e pressão atmosférica ao nível do mar (hPa; linhas em preto). O painel inferior é a precipitação do sistema ($mm h^{-1}$; preenchido) e componentes do vento a 10 m ($m s^{-1}$; vetor). O corte nas imagens de satélite acontece, pois só existem dados até 70° , enquanto o corte da precipitação ocorre em 50° . Estágio de ciclogênese em 12Z10SET2017 (a-b-c); fase de CT em 06Z14SET2017 (d-e-f); fase de transição em 12Z17SEP2017 (g-h-i); fase de CE em 12Z18SET2017 (j-k-l) e sistema em decaimento em 00Z21SET2017 (m-n-o).21
- Figura 6 – Perfis verticais para a análise do tufão Talim. O painel superior é a intensidade do vento meridional ($m s^{-1}$; preenchido e contorno) centrada no ciclone. O painel central é o perfil vertical de vorticidade relativa ciclônica ($\times 10^5 s^{-1}$; preenchido), apenas com valores positivos já que é HN. O painel inferior mostra o desvio zonal de temperatura ($^{\circ}C$; preenchido) e o desvio zonal de altura geopotencial (m; linhas em preto). Estágio de ciclogênese em 12Z10SET2017 (a-b-c); fase de CT em 06Z14SET2017 (d-e-f); fase de transição em 12Z17SET2017 (g-h-i); fase de CE em 12Z18SET2017 (j-k-l) e sistema em decaimento em 00Z21SET2017 (m-n-o).....22

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Descrição dos dados utilizados.....	6
Tabela 2 – Critérios utilizados para a identificação dos estágios do ciclone pela metodologia do CPS de acordo com Gozzo et al. (2014) e Evans e Hart (2003).....	8
Tabela 3 – Informações básicas do ciclone Talim a cada horário sinótico do seu ciclo de vida: hora, data, latitude e longitude central do sistema, pressão central, máxima intensidade do vento a 10 m, B, -VTL, -VTU e categoria do sistema baseada na escala Saffir-Simpson de acordo com a mínima pressão central e no CPS.....	10
Tabela 4 – Escala Saffir-Simpson.....	11

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

AHI	—	<i>Advanced Himawari Imager</i>
AMJ	—	Agência Meteorológica do Japão
CE	—	Ciclone Extratropical
CS	—	Ciclone Subtropical
CT	—	Ciclone Tropical
CDR	—	<i>Climate Data Record</i>
CPS	—	<i>Cyclone Phase Space</i>
DT	—	Depressão Tropical
ECMWF	—	<i>European Centre for Medium-Range Weather Forecasts</i>
GFS	—	<i>Global Forecast System</i>
HN	—	Hemisfério Norte
HS	—	Hemisfério Sul
JTWC	—	<i>Joint Typhoon Warning Center</i>
NHC	—	<i>National Hurricane Center</i>
NOAA	—	<i>National Oceanic and Atmospheric Administration</i>
OAFUX	—	<i>Objectively Analyzed air-sea Heat Fluxes</i>
PAR	—	<i>Philippine Area of Responsibility</i>
TSM	—	Temperatura da Superfície do Mar
TT	—	Tempestade Tropical
TE	—	Transição Extratropical
TRMM	—	<i>Tropical Rainfall Measuring Mission</i>
TMPA	—	<i>Tropical Rainfall Measuring Mission Multi-Satellite Precipitation Analysis</i>

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	VIII
LISTA DE TABELAS	IX
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS	X
1. INTRODUÇÃO	1
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	5
2.1 Dados	5
2.2 Diagrama de Fase.....	6
2.3 Análise Sinótica	8
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	9
3.1 Características básicas do tufão Talim	9
3.2 Fases do Talim	12
3.3 Análise Sinótica	16
3.3.1 Ciclogênese (TT; 12Z10SET2017).....	17
3.3.2 Maturidade (CAT3; 06Z14SET2017).....	18
3.3.3 Transição (CS; 12Z17SET2017)	18
3.3.4 Extratropical (12Z18SET2017).....	19
3.3.5 Decaimento (00Z21SET2017)	19
4. CONCLUSÃO	23
REFERÊNCIAS	24

1. INTRODUÇÃO

Desde o início do século XX, os ciclones são estudados na meteorologia, visto que a ocorrência desses sistemas pode causar grandes danos à população, em decorrência dos ventos fortes, elevados totais de precipitação e inundações em regiões costeiras.

Os ciclones são definidos como sistemas atmosféricos com centro de baixa pressão e giro horário no Hemisfério Sul (HS) e anti-horário no Hemisfério Norte (HN) (PETTERSEN, 1956). Até a década de 1950, a comunidade científica os classificava em apenas dois tipos: tropicais e extratropicais, em virtude das suas características e área de atuação. Os ciclones tropicais (CTs) formam-se sobre os oceanos tropicais e subtropicais, possuem ventos mais intensos em baixos níveis da atmosfera, núcleo quente e nebulosidade com aparência simétrica (EVANS et al., 2017). O processo de gênese de um CT é dado pela interação de uma anomalia de vorticidade relativa ciclônica em superfície com a evaporação dos oceanos e, conseqüente, liberação de calor latente de parcelas úmidas de ar que ascendem na atmosfera e condensam. Como essas parcelas, ao ascender, divergem, acabam reduzindo o peso na coluna atmosférica, contribuindo, assim, para a diminuição da pressão em superfície (GRAY, 1968). De acordo com o *National Hurricane Center* (NHC, s/d), CTs que atingem ventos superiores a 119 km h^{-1} (32 m s^{-1}) são denominados de furacão na bacia do Atlântico Norte e Pacífico Leste, e de tufão no Pacífico Oeste. Ao encontrarem áreas que não são fontes de energia térmica, como águas mais frias e regiões continentais, os CTs enfraquecem ou entram em transição extratropical (TE) como discutido por Zarzycki et al. (2017).

Os ciclones extratropicais (CEs), ao contrário dos CTs, possuem núcleo frio e sua nebulosidade é assimétrica. Esses sistemas se formam em latitudes médias, devido à presença de gradientes horizontais de temperatura em superfície (baroclinia) e, também, de ondas no escoamento em médios e altos níveis da atmosfera. Segundo Bjerknes (1919) e Bjerknes e Solberg (1922), a formação dos CEs está associada à Teoria da Frente Polar, que seria o resultado da interação de massas de ar polar e tropical, sendo possível dizer que esses ciclones são associados a sistemas frontais.

Na década de 2000, com o desenvolvimento da metodologia *Cyclone Phase Space* (CPS) por Hart (2003), percebeu-se que os ciclones não possuíam apenas duas categorias. O ciclo de vida de um ciclone é um “*continuum*”. Podem ter gênese

como extratropical, passar por um estágio intermediário (chamado de híbrido ou subtropical) e chegar ao estágio de CT. Isto é, podem nascer numa categoria e decair em outra. Essas evoluções dos ciclones são claramente descritas no CPS, que é uma metodologia para descrever a estrutura dinâmica e termodinâmica dos ciclones ao longo do seu tempo de vida (HART, 2003; GAN e SELUCHI, 2009). O CPS utiliza parâmetros como a diferença de espessura da camada 600-900 hPa e o vento térmico na baixa troposfera (600-900 hPa) e na alta troposfera (300-600 hPa). Com relação aos ciclones subtropicais, esses podem ter gênese como híbrido, ou ser o estágio de um ciclone tropical (extratropical) em transição extratropical (tropical). Tais ciclones possuem características de sistemas extratropicais e tropicais, como núcleo frio em altos níveis e quente em superfície, respectivamente (EVANS e GUISHARD, 2009). Para uma descrição detalhada dos três tipos de ciclones, recomendam-se os estudos de Reboita et al. (2017a-b), enquanto para uma revisão da literatura de ciclones subtropicais (CSs), o trabalho de da Rocha et al. (2019).

De acordo com Jones et al. (2003), alguns CTs que se deslocam para latitudes mais altas, perdem suas características tropicais e evoluem para um CE, caracterizando uma TE, que pode ser descrita em termos da interação do ciclone com um ambiente baroclínico (HARR e ELSBERRY, 2000). Evans e Hart (2003) examinaram a evolução e estrutura térmica de 61 ciclones tropicais em TE ocorridos no Atlântico Norte no período de 1979 a 1993. Os autores desenvolveram definições para o início e fim das transições no CPS. Assim, tem-se que o início da TE ocorre quando a tempestade se torna assimétrica, sendo medida pela espessura entre os níveis de 600-900 hPa; já o fim da transição é identificado por um dado valor do vento térmico sobre a mesma camada. Desta maneira, definiram, empiricamente, limiares desses parâmetros para a classificação do início e conclusão de uma TE (detalhes na seção 2.2).

Além do método do CPS, existem outros dois métodos para a identificação de TE: campo de altura geopotencial em 500 hPa (DEMIRCI et al., 2007), em que o tempo da TE é registrado quando o sistema aparece como uma onda aberta; e análise da evolução da frontogênese de um ciclone (HARR e ELSBERRY, 2000). Kofron et al. (2010) revisaram as metodologias dos autores previamente citados (frontogênese, altura geopotencial em 500 hPa e CPS) através do estudo de 82 ciclones tropicais, que mudaram suas trajetórias, no Atlântico Norte e no oeste do Pacífico Norte. Ao

investigar a trajetória, e definir o momento exato de TE, concluíram que todos os métodos possuem desvantagem ao fornecer informações quando ocorre a TE dos ciclones analisados. Porém, mostraram que o CPS representou 76% dos casos de TE.

Jones et al. (2003) elaboraram um composto de *stormtracks* dos CTs que sofreram TE no período de 1970 a 1999, e afirmaram que o maior número de eventos de TEs ocorreu no setor oeste do Pacífico Norte. Já a bacia do Atlântico Norte contém a maior porcentagem de CTs que podem atingir a fase de TE. Considerando o oceano Pacífico Norte, a frequência dos CTs por ano em sua porção oeste é bem maior do que em outras bacias oceânicas (KITABATAKE, 2011), além de ser um ambiente em que se desenvolvem ciclones muito intensos.

Com períodos distintos, alguns estudos fizeram uma síntese de ocorrências de TEs de CTs em diferentes bacias oceânicas no globo, e em média, 46% dos CTs transicionam para CE no Atlântico Norte (HART e EVANS, 2001), 27% no oeste do Pacífico Norte (KLEIN et al., 2000) e 10% no setor a oeste da Austrália (FOLEY e HANSTRUM, 1994).

O estudo de CTs com TE é de extrema importância, visto que ainda podem causar grandes prejuízos e fatalidades quando atingem o continente. Um exemplo disso foi a TE do furacão Sandy, que ocorreu em 2012 e afetou o leste dos Estados Unidos. Sua transição foi caracterizada por uma tempestade violenta em *New Jersey* até *Rhode Island*, em decorrência do forte gradiente de pressão no lado norte do ciclone (GALARNEAU et al., 2013).

Um caso de TE facilmente identificado em imagens de satélite foi o ocorrido entre os dias 10 e 21 de setembro de 2017, sobre o oeste do Pacífico Norte. Esse sistema foi denominado de tufão Talim, nome internacional dado pela Agência Meteorológica do Japão (AMJ), e Lannie, nome local concedido pela Administração de Serviços Atmosféricos, Geofísicos e Astronômicos das Filipinas (PAGASA, em filipino), quando o sistema atingiu a *Philippine Area of Responsibility* (PAR) (MANGOSING, 2017). O Talim atingiu alguns países como Taiwan, leste da China, Filipinas e Japão, fazendo com que áreas do sudoeste do Japão tivessem vôos cancelados, interrupção do serviço ferroviário (LIVEMINT, 2017), além de ter emissões de alertas pelo Governo da China, para que mais de 200 mil pessoas evacuassem as províncias de *Fujian* e *Zhejiang* (XINHUA, 2017). Foi estimada uma

perda de mais de 750 milhões de dólares no Japão como, também, ocorrência de 5 mortes (BENFIELD, 2018).

Ao longo do seu ciclo de vida, o Talim se deslocou de um ambiente barotrópico para um baroclínico de forma que apresentou transição de sistema tropical para extratropical. Diante desse contexto, o objetivo do estudo é caracterizar a TE do ciclone com a metodologia do CPS e descrever as características sinóticas ao longo do seu ciclo de vida. Esse estudo justifica-se pelo fato do tufão Talim poder ser considerado um bom exemplo meteorológico do processo de TE, servindo de modelo conceitual para previsores de tempo e para estudantes da área.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Dados

Os dados para a análise sinótica, cálculo dos parâmetros do CPS e *track* do ciclone, foram obtidos da reanálise ERA5 do *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF). Na Tabela 1, há a descrição de todos os dados utilizados.

As variáveis consideradas para este estudo foram: pressão atmosférica ao nível médio do mar, componentes horizontais do vento em 27 níveis de pressão (1000 a 100 hPa) e a 10 m, além da temperatura do ar e geopotencial em 27 níveis de pressão (1000 a 100 hPa) nos horários sinóticos (00, 06, 12 e 18 Z). Ainda foram utilizados valores diários de fluxo de calor latente do projeto *Objectively Analyzed air-sea Heat Fluxes* (OAFlux), a fim de obter a contribuição da liberação de calor latente para a formação do tufão Talim. Para a análise da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) e sua influência na gênese, usou-se dados de anomalia diária e média diária de alta resolução da *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA).

Para avaliar a nebulosidade e temperatura de brilho do sistema, foram utilizados dados do canal infravermelho (próximo a 11 μm) do *Gridded Satellite* (GridSat-B1), que fornece registro de alta qualidade de medições globais de satélites geoestacionários para o *Climate Data Record* (CDR) e são disponibilizados pela NOAA (Tabela 1). Para a precipitação, utilizou-se a versão 7 do produto, *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) *Multi-satellite Precipitation Analysis* (TMPA). Também foram utilizadas imagens com cores reais do satélite geoestacionário, Himawari-8, produzida através da combinação de três canais do visível do sensor *Advanced Himawari Imager* (AHI) (MURATA et al., 2018).

Tabela 1 – Descrição dos dados utilizados.

Dados	Resolução espacial	Resolução temporal	Referência
ERA5 (https://www.ecmwf.int/en/forecasts/datasets/reanalysis-datasets/era5)	0,25° x 0,25°	6 horas	Hersbach e Dee (2016)
OAFIux (http://oafliux.whoj.edu/data.html)	0,5° x 0,5°	1 dia	Yu et al. (2008)
GridSat-B1 (https://www.ncdc.noaa.gov/gridsat/)	0,07° x 0,07°	6 horas	Knapp et al. (2014)
TRMM-3B42 v7 (https://disc2.gesdisc.eosdis.nasa.gov/data/TRMM_L3/TRMM_3B42/)	0,25° x 0,25°	6 horas	Huffman et al. (2007)
Himawari-8 (https://seg-web.nict.go.jp/wfdb_osndisk/shareDirDownload/bDw2maKV?lang=en)	0,01° x 0,01°	10 minutos	Bessho et al. (2016)
NOAA OISST v2 (https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.noaa.oisst.v2.highres.html#detail)	0,25° x 0,25°	1 dia	Reynolds et al. (2007)

2.2 Diagrama de Fase

Para analisar a evolução da estrutura térmica do Talim foi usada a metodologia do CPS (HART, 2003). Entretanto, antes da aplicação da metodologia, deve-se obter o *track* do ciclone, isto é, a posição (latitude e longitude) do sistema em cada tempo do seu ciclo de vida. No presente estudo, a posição do ciclone foi obtida através de mínimos de pressão central. Com essa informação e usando dados de altura geopotencial e componentes horizontais do vento, foram calculados os três parâmetros do CPS.

O primeiro parâmetro é o de simetria térmica, B, e é determinado na camada de 600-900 hPa (ciclones tropicais são simétricos e extratropicais, assimétricos). Para isso é calculada a média da diferença de altura geopotencial, em um raio de 500 km de seu centro, entre os lados direito e esquerdo do sistema, que é definido com base em seu deslocamento:

$$B = h(\overline{Z_{600 \text{ hPa}} - Z_{900 \text{ hPa}} |_{\text{R}}} - \overline{Z_{600 \text{ hPa}} - Z_{900 \text{ hPa}} |_{\text{L}}}) \quad (1)$$

em que Z é a altura geopotencial dos níveis de 600 e 900 hPa, os índices R e L indicam os lados direito e esquerdo, respectivamente, da tempestade, h refere-se ao valor de +1 para o HN e -1 para o HS. Para CTs, $B < 10$, enquanto que para extratropicais, $B > 10$ (Tabela 2).

O segundo e terceiro parâmetro fornecem a diferença da estrutura do vento térmico nos ciclones, considerando os baixos (V_T^L) e altos níveis (V_T^U) da atmosfera. Para determinar esses parâmetros, é necessário calcular a perturbação da altura geopotencial do ciclone (ΔZ), dada pela Equação 2.

$$\Delta Z = Z_{MAX} - Z_{MIN} \quad (2)$$

em que Z_{MAX} é a altura geopotencial máxima em um nível de pressão dentro do raio de 500 km da tempestade e Z_{MIN} , a altura geopotencial mínima. A estrutura vertical do ciclone (núcleo frio *versus* quente) é definida pela derivada de ΔZ , aplicada para duas camadas troposféricas:

$$\left. \frac{\partial(\Delta Z)}{\partial \ln(p)} \right|_{900 \text{ hPa}}^{600 \text{ hPa}} = -|V_T^L| \quad (3)$$

$$\left. \frac{\partial(\Delta Z)}{\partial \ln(p)} \right|_{600 \text{ hPa}}^{300 \text{ hPa}} = -|V_T^U| \quad (4)$$

Na Equação 4, o limite de 300 hPa foi determinado, uma vez que níveis acima poderiam incluir a estratosfera. Num CE, o vento se intensifica com a altura, enquanto que no tropical decresce com a altura (REBOITA et al., 2017a). Assim, pelas Equações 3 e 4, no CT, $-V_T^L$ e $-V_T^U$ devem ser maiores que zero, e em sistemas extratropicais, menores que zero (Tabela 2).

No caso dos ciclones subtropicais (híbridos) cuja estrutura térmica em baixos níveis é similar à de CT e em altos níveis, de CE, Gozzo et al. (2014) determinaram os seguintes limiares: $B < 25$, $-V_T^L > -50$ e $-V_T^U < -10$ (Tabela 2).

Para caracterizar a fase de TE, que é na verdade a fase híbrida, o presente estudo segue Evans e Hart (2003), que definem como início da transição, o momento em que B passa a ser maior que 10 ($B > 10$); e sendo o fim, caracterizado por $-V_T^L < 0$, implicando em uma tempestade de núcleo frio, com ventos intensos em altos níveis.

Tabela 2 – Critérios utilizados para a identificação dos estágios do ciclone pela metodologia do CPS de acordo com Gozzo et al. (2014) e Evans e Hart (2003).

Parâmetros	Tropical	Extratropical	Subtropical	Início – TE	Fim – TE
	Evans e Hart (2003)		Gozzo et al. (2014)	Evans e Hart (2003)	
B	< 10	> 10	< 25	> 10	–
$-V_T^L$	> 0	< 0	> -50	–	< 0
$-V_T^U$	> 0	< 0	< -10	–	< 0

2.3 Análise Sinótica

Para tal estudo, utilizou-se o período de 10 a 21 de setembro de 2017, em que no dia 10 ocorreu o aparecimento da primeira isóbara fechada ao nível médio do mar, definida como ciclogênese do sistema (GAN e RAO, 1991). Desse modo, para estudar a evolução do ciclone e sua transição extratropical, cinco estágios foram considerados: gênese, maturidade (CT), fase da TE, fase de CE e decaimento do sistema. Essas datas foram definidas através da análise do CPS.

Variáveis secundárias foram calculadas, a fim de realizar uma melhor análise do ciclone, como: advecção horizontal de temperatura do ar (850 hPa), espessura da camada (500-1000 hPa), vorticidade relativa ciclônica, desvios zonais de temperatura e altura geopotencial e cisalhamento vertical do vento (250-850 hPa). Assim, para cada estágio, analisou-se os seguintes campos espaciais:

- Pressão atmosférica ao nível médio do mar, espessura da camada em 500-1000 hPa e intensidade do vento em 250 hPa acima de 30 m s^{-1} ;
- Cisalhamento vertical do vento (250-850 hPa) e fluxo diário de calor latente;
- Advecção de temperatura do ar em 850 hPa e altura geopotencial em 500 hPa;
- Anomalia diária de TSM e componentes zonal e meridional do vento em 700 hPa;
- Temperatura de brilho do topo de nuvens e pressão atmosférica ao nível médio do mar;
- Precipitação e componentes zonal e meridional do vento a 10 m;
- Perfil vertical da intensidade do vento meridional;
- Perfil vertical da vorticidade relativa ciclônica;
- Perfil vertical do desvio zonal da temperatura do ar e altura geopotencial.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Características básicas do tufão Talim

Na Tabela 3 e Figura 1 é apresentado o *tracking* do Talim. Tal tabela também mostra a pressão central e a intensidade máxima do vento a 10 m, além dos parâmetros do CPS (B , $-V_T^L$ e $-V_T^U$). A pressão central corresponde ao menor valor no sistema, já o vento máximo é identificado numa área com raio de 250 km da posição central do ciclone.

O Talim teve sua gênese no dia 10 de setembro de 2017 às 12 Z com pressão central de 1001,7 hPa e decaimento no dia 21 de setembro às 12 Z. Portanto, teve duração de 12 dias (Tabela 3). O sistema apresentou a máxima intensidade do vento a 10 m em 13 de setembro às 06 Z com $31,2 \text{ m s}^{-1}$ e, posteriormente, a sua intensidade diminuiu, devido a aproximação do sistema ao continente.

A intensidade do Talim também foi classificada com a escala Saffir-Simpson (Tabela 4; CRAIG e WOOLF, 2013), em que é medido o potencial de danos de um CT através dos dados de pressão e intensidade do vento. A escala classifica o sistema em 7 classes, as duas primeiras são depressão tropical (DT; $< 17 \text{ m s}^{-1}$) e tempestade tropical (TT; 17 a 32 m s^{-1}) com mínimo de danos possíveis, porém a classificação em furacões ou tufões começa a partir da categoria 1 (cerca de 32 m s^{-1}) com danos baixos até a categoria 5, com intensidade máxima do vento de 70 m s^{-1} e havendo estragos catastróficos.

O tufão Talim iniciou seu ciclo de vida como TT (GUTRO, 2017) e pela reanálise ERA5, chegou à pressão mínima de 952,3 hPa no dia 14 de setembro às 06 Z, atingindo a categoria 3 na escala Saffir-Simpson (Tabela 4). Ao atingir o continente, o sistema transicionou, devido ao intenso gradiente horizontal de temperatura em superfície.

Usualmente, os CTs são classificados a partir da intensidade máxima do vento, porém observou-se que os dados de vento da reanálise ERA5 subestimaram a intensidade do vento observada, visto que o Talim poderia ser classificado como TT em sua maturidade, no entanto, no relatório anual de CTs da *Joint Typhoon Warning Center* (JTWC), foi reportado que o tufão Talim atingiu máxima intensidade de 120 mph, atingindo a categoria 3 da escala Saffir-Simpson (BUSHNELL e FALVEY, 2017), o que foi observado pelos valores mínimos de pressão central.

Tabela 3 – Informações básicas do ciclone Talim a cada horário sinótico do seu ciclo de vida: hora, data, latitude e longitude central do sistema, pressão central, máxima intensidade do vento a 10 m, B, $-V_T^L$, $-V_T^U$ e categoria do sistema baseada na escala Saffir-Simpson de acordo com a mínima pressão central e no CPS.

Hora	Data	Latitude Central (°)	Longitude Central (°)	Pressão Central (hPa)	Máxima Intensidade do Vento a 10 m ($m s^{-1}$)	B	$-V_T^L$	$-V_T^U$	Categoria
12 Z	10/09	17,25	138,25	1001,7	18,0	3,55	46,92	35,08	TT
18 Z	10/09	18	137,5	996,7	20,1	3,55	55,27	45,69	TT
00 Z	11/09	18,5	135,75	999,2	19,3	9,13	60,79	32,41	TT
06 Z	11/09	19	134,75	995,0	19,5	8,6	65,71	36,04	TT
12 Z	11/09	19,75	133,5	994,9	18,7	3,56	54,83	52,78	1
18 Z	11/09	20,5	132	991,3	20,5	6,5	56,16	78,19	1
00 Z	12/09	21,25	130,75	988,4	21,4	5,12	88,19	77,60	1
06 Z	12/09	22	129,25	981,4	20,5	5,13	119,17	119,99	1
12 Z	12/09	22,5	128	975,4	22,9	6,14	128,77	157,85	2
18 Z	12/09	23,5	127,25	970,4	21,6	1,98	163,10	203,51	2
00 Z	13/09	24,25	126,25	967,3	25,7	5,75	128,01	216,12	2
06 Z	13/09	24,75	125,75	960,5	31,2	1,62	168,93	229,15	3
12 Z	13/09	25,5	125,25	956,7	28,9	1,61	199,8	283,76	3
18 Z	13/09	25,75	125	957,0	28,2	0,89	199,33	264,93	3
00 Z	14/09	26,5	124,5	955,7	29,1	-5,45	233,8	261,34	3
06 Z	14/09	27	124,5	952,3	25,3	-3,8	230,32	284,39	3
12 Z	14/09	27,25	124,5	954,3	20,1	-4,12	233,76	258,45	3
18 Z	14/09	27,75	124,25	957,7	26,2	-0,75	260,18	245,64	3
00 Z	15/09	27,75	124,75	965,2	21,7	13,22	230,46	215,42	TE
06 Z	15/09	28,25	125	961,9	26,1	12,14	258,72	223,32	TE
12 Z	15/09	28,25	125,25	966,2	12,8	14,12	221,06	214,14	TE
18 Z	15/09	28,5	125,5	967,1	15,8	15,49	211,17	216,22	TE
00 Z	16/09	28,5	126	971,5	25,3	12,3	220,41	165,14	TE
06 Z	16/09	29	127	970,4	26,2	18,52	177,12	136,79	TE
12 Z	16/09	29,25	127,5	974,4	21,2	13,12	116,14	159,57	TE
18 Z	16/09	30	128,5	974,6	22,8	17,61	126,71	135,16	TE
00 Z	17/09	30,75	130	976,4	18,2	21,79	101,59	79,22	TE
06 Z	17/09	32,25	132	976,2	16,9	32,76	43,55	8,61	TE
12 Z	17/09	34,25	134,75	979,4	9,3	49,73	1,92	-68,76	TE
18 Z	17/09	37,75	139	979,4	9,3	42,46	-35,25	-135,22	CE
00 Z	18/09	41	140	979,5	8,7	67,06	-47,53	-211,86	CE
06 Z	18/09	44,25	142,5	976,7	14,2	77,89	-59,81	-119,08	CE
12 Z	18/09	46,5	142,75	972,7	8,7	54,82	-2,15	-32,02	CE
18 Z	18/09	48,25	144,5	972,8	15,4	24,66	55,51	36,07	CE
00 Z	19/09	50,25	145	974,8	17,3	12,56	60,83	68,31	CE
06 Z	19/09	51	144,75	976,0	13,1	2,02	44,03	79,06	CE
12 Z	19/09	51,5	145	979,5	10,7	5,38	23,26	90,5	CE
18 Z	19/09	51,5	145,5	981,9	7,3	6,14	-6,08	61,86	CE
00 Z	20/09	52	146,25	984,9	11,3	7,95	-12,3	41,49	CE
06 Z	20/09	52,75	146,25	986,2	9,0	3,34	3,94	20,42	CE
12 Z	20/09	53,25	146,25	988,9	7,6	0,53	22,12	18,87	CE
18 Z	20/09	54	146,25	989,9	8,3	1,32	35,31	-15,56	CE
00 Z	21/09	54,75	146,75	991,2	9,6	4,24	26,71	-39,56	CE
06 Z	21/09	55,75	146,5	991,8	9,4	5,43	47,19	-36,46	CE
12 Z	21/09	56	146	994,4	5,8	1,97	48,45	-39,11	CE

Tabela 4 – Escala Saffir-Simpson.

Categoria	Pressão Central (mb)	Ventos mph (ms⁻¹)	Danos
Depressão Tropical (DT)	≥ 1005	≤ 38 (< 17)	–
Tempestade Tropical (TT)	1004 – 995	39 - 73 (17 - 32)	–
1	994 – 980	74 - 95 (33- 42)	Mínimo
2	979 – 965	96 - 110 (43 - 49)	Moderado
3	964 – 945	111 - 130 (50 - 58)	Vasto
4	944 – 920	131 - 155 (59 - 69)	Devastador
5	< 920	> 155 (> 69)	Catastrófico

Fonte: Adaptado de Craig e Woolf (2013) e NHC (s/d).

A Figura 1 mostra a trajetória do ciclone Talim, com a classificação através da escala Saffir-Simpson. Nota-se que o sistema surge em 17,25°N como TT, numa latitude mais tropical, e se move em direção ao polo, atingindo parte das Filipinas e Japão, até alcançar 56°N. Com a informação da pressão central (Tabela 3), o ciclone atingiu categoria 3 na latitude de 24,75° e longitude, 125,75°, em 13 de setembro às 06 Z até dia 14 de setembro às 18 Z. Após isso, o sistema atingiu o estágio de transição extratropical.

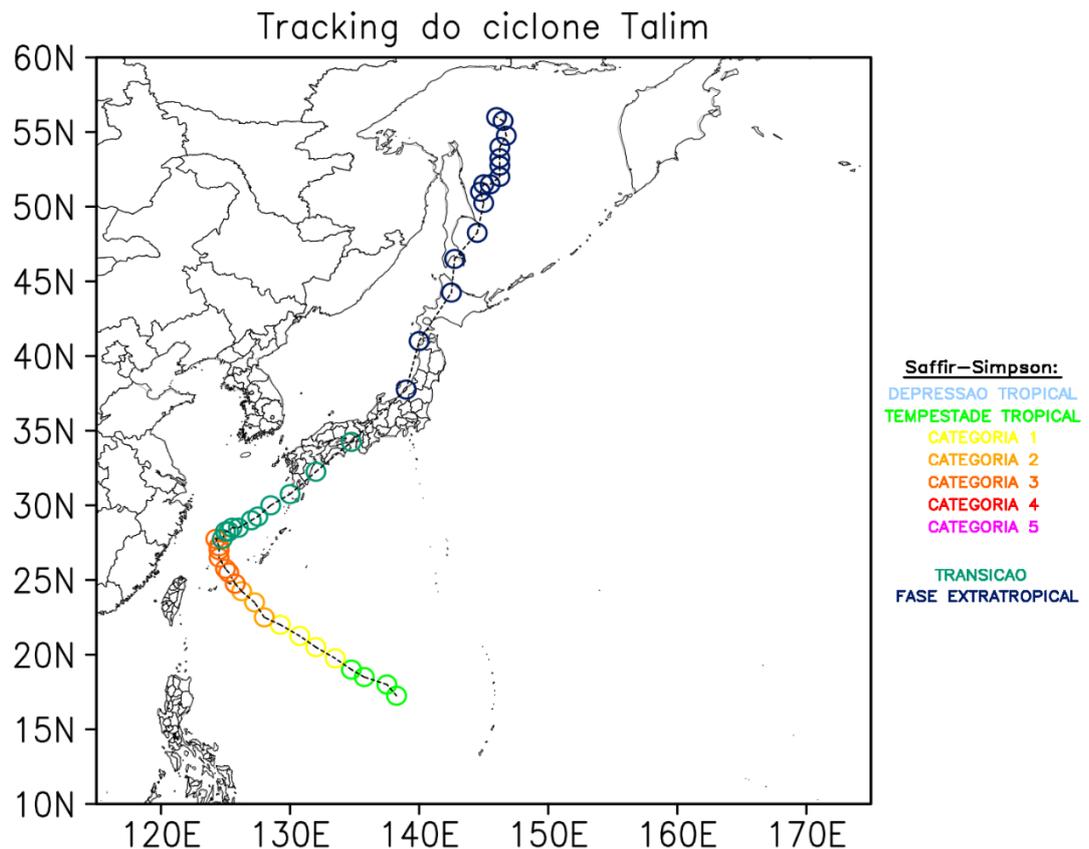


Figura 1 – Trajetória do Talim baseada na classificação da mínima pressão central de acordo com a escala Saffir-Simpson.

3.2 Fases do Talim

As fases do Talim foram definidas a partir do CPS e limiares apresentados na Tabela 2. Os valores obtidos no cálculo do CPS são mostrados na Figura 2.

O ciclone tem gênese como tropical no dia 10 de setembro às 12 Z e tem essa característica até 14 de setembro às 18 Z, visto que $B < 10$ (Figura 2a), caracterizando um sistema simétrico. De acordo com Evans e Hart (2003), os parâmetros de vento térmico devem ser positivos para indicar um núcleo quente, característica de um CT, isso é mostrado na Figura 2b.

O começo da fase de TE do Talim ocorre no dia 15 de setembro às 00 Z, quando o parâmetro de simetria (B) do ciclone está maior que 10 m (Figura 2a; Tabela 2), o que indica início de condições frontogenéticas (HARR e ELSBERRY, 2000), já que no estágio de CT, os sistemas são não-frontais. O término da transição ocorre quando o ciclone atinge a estrutura de um CE, quando seu núcleo é frio, com $-V_T^L$ e $-V_T^U$ negativos (Figura 2b), assim tem-se o final da TE em 17 de setembro às 12Z.

O estágio de CE é caracterizado pela presença de assimetria no sistema e núcleo frio, o qual inicia em 17 de setembro às 18 Z com término em 19 de setembro às 00 Z, quando o parâmetro B volta a ser menor que 10 m, assim é iniciado o estágio de decaimento do sistema (oclusão), perdurando até 21 de setembro às 12 Z. O estágio de oclusão de um CE, muitas vezes, pode ser confundido com um CT.

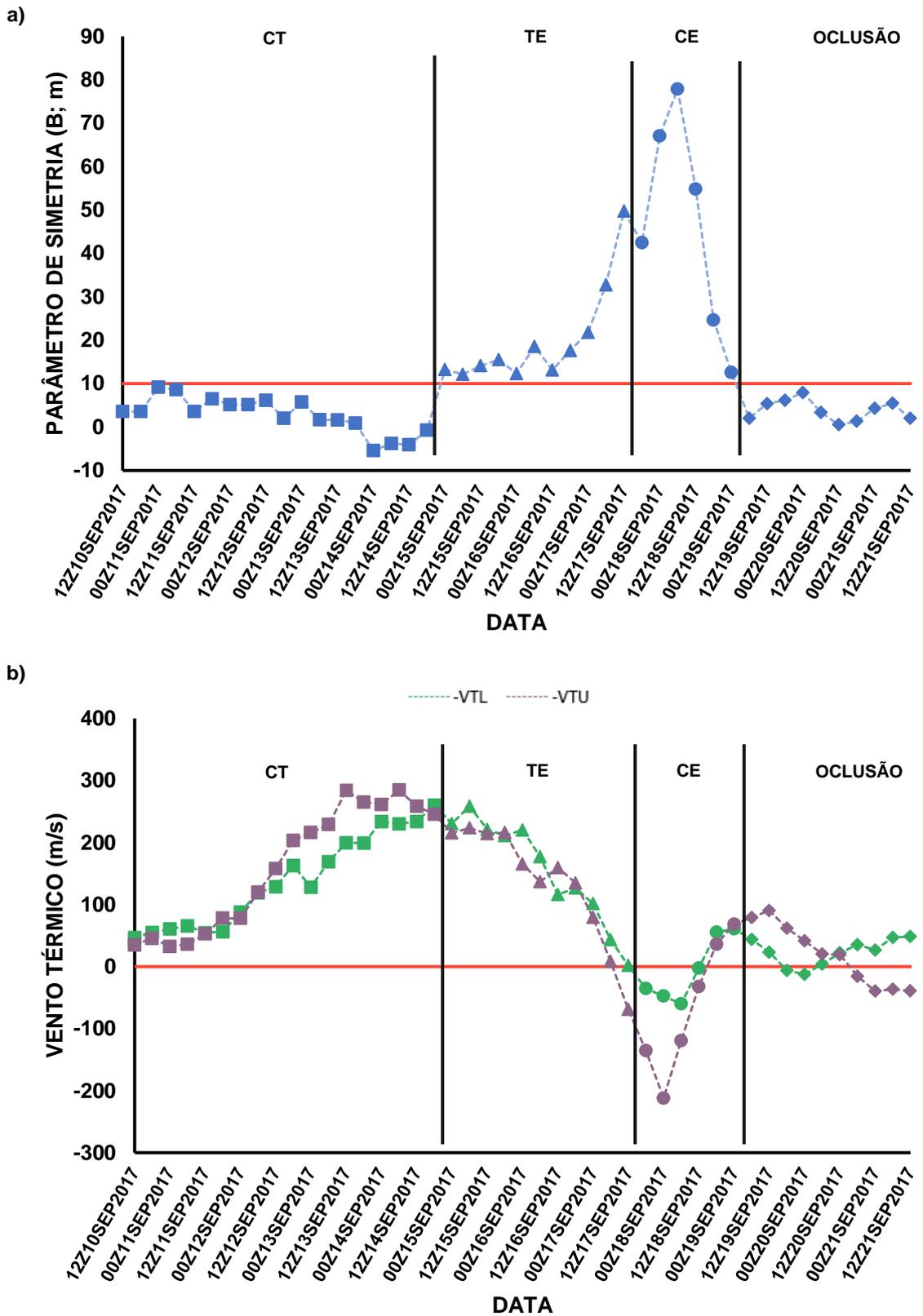


Figura 2 – Diagramas dos parâmetros B (a), $-V_T^L$ e $-V_T^U$ (b) calculados para o tufão Talim, em que a forma de quadrado representa o CT; os triângulos representam a TE; os círculos, CE e os losangos representam a fase de oclusão/decaimento do sistema.

Com os estágios definidos através da metodologia de Hart (2003), a Figura 3 explicita visualmente o padrão adquirido pelo sistema durante o seu ciclo de vida. No estágio de CT, existe um padrão simétrico em sua nebulosidade (Figura 3a), o sistema não está embebido num ambiente baroclínico (Figura 3c). Os ventos mais severos ficam confinados em uma pequena área distante do centro do ciclone, denominada *eyewall*, juntamente com áreas de intensa precipitação (figura não mostrada) e desse modo, podem causar muita destruição e inundações no continente (Figura 3a-b).

Já no estágio híbrido (TE) percebe-se uma variação de nebulosidade (Figura 3d), como já observada por Reboita et al. (2017a) na análise de outro evento ciclogênético, que mencionam que a aparência dessa fase na imagem de satélite é variável. Porém, a aparência ainda tende a se assemelhar a de um CT, apesar de ter menos intensidade e também uma maior dimensão horizontal (Figura 3e). Na Figura 3f, é possível observar que o ciclone muda sua forma ao atingir o continente e, assim, perde sua fonte de energia (evaporação). Na fase extratropical, o ciclone tem padrão de vírgula, indicando a presença das frentes fria e quente (Figura 3g-h) devido ao ambiente com gradientes horizontais de temperatura, expressos pela espessura da camada em 500-1000 hPa (Figura 3i). Na fase de decaimento do sistema, observou-se padrão de nebulosidade variável (Figura 3j) e, também, menores dimensões horizontais (Figura 3k) quando comparado ao estágio anterior; isso ocorre em virtude, do sistema já estar a norte dos jatos em altos níveis, e não haver intenso gradiente horizontal de temperatura (Figura 3l).

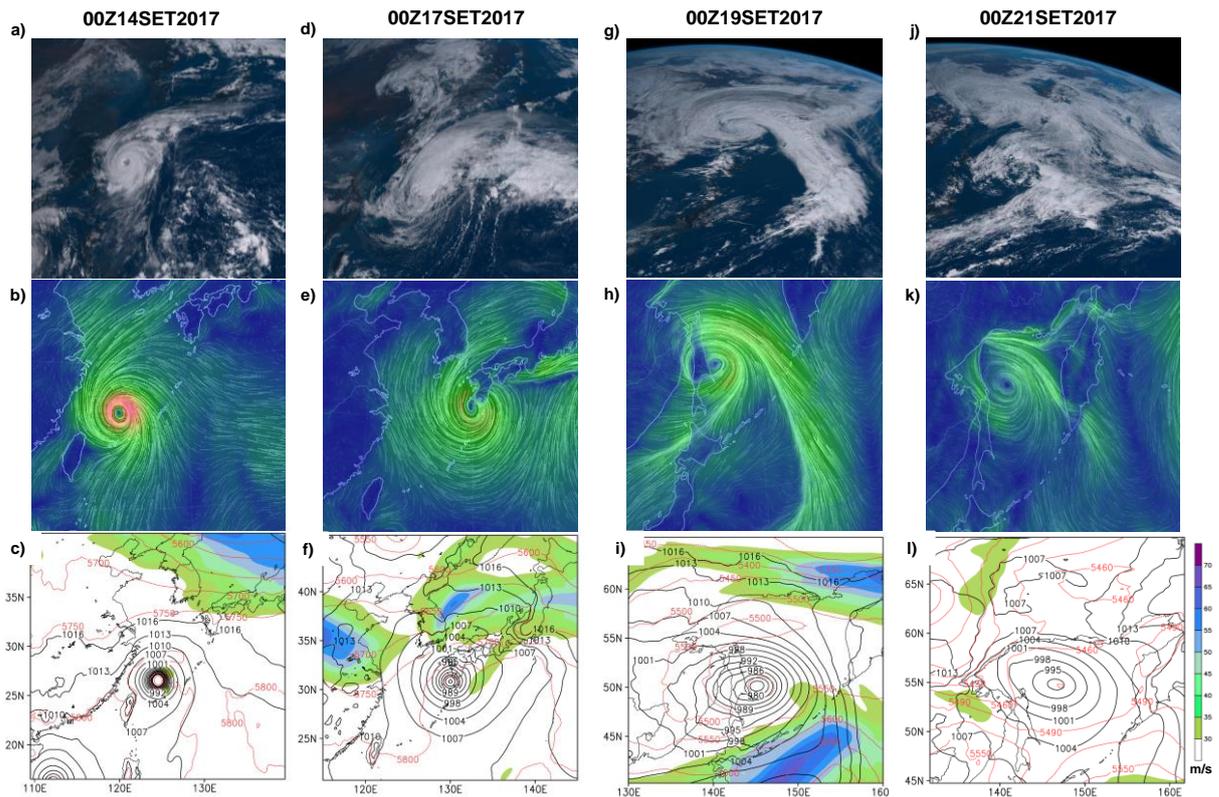


Figura 3 – Esquematização do ciclone Talim, ocorrido entre os estágios dos dias 14 a 21 de setembro de 2017, previamente definidos pela metodologia do CPS. No painel superior tem-se imagens no canal visível do satélite Himawari-8. No painel central tem-se a circulação atmosférica a 10 m de altura obtida da análise do *Global Forecast System* (GFS) no visualizador *earth.nullschool*. No painel inferior há o campo de pressão atmosférica a nível do mar (hPa; linhas pretas), espessura da camada 500/1000 hPa (m; linhas pontilhadas vermelhas) e intensidade do vento a 250 hPa ($m\ s^{-1}$; preenchido). Fase de CT em 00Z14SET2017 (a-b-c); fase de ciclone híbrido (TE) em 00Z17SET2017 (d-e-f); fase de CE em 00Z19SET2017 (g-h-i) e sistema em decaimento em 00Z21SET2017 (j-k-l).

3.3 Análise Sinótica

O diagnóstico do sistema foi feito com o objetivo de descrever e explicar as características dos estágios de gênese, maturidade, sistema híbrido, extratropical e decaimento (Figuras 4, 5 e 6). Na Figura 4, tem-se campos sinóticos para avaliar a evolução do Talim deslocando-se no oceano e se aproximando do continente. Já a Figura 5 apresenta a anomalia diária de TSM e vento em 700 hPa, além da nebulosidade do sistema e precipitação, enquanto a Figura 6 mostra os perfis verticais de intensidade do vento meridional, vorticidade relativa ciclônica e desvio zonal da temperatura e altura geopotencial, considerando uma seção cruzando a latitude central do sistema.

3.3.1 Ciclogênese (TT; 12Z10SET2017)

A gênese de um CT está relacionada à evaporação do oceano, presença de uma anomalia de vorticidade relativa ciclônica em superfície, que pode ter diferentes origens (COMET, 2016; GRAY, 1968), e fraco cisalhamento vertical do vento. No caso em estudo, na região de gênese a TSM estava em torno de 30 °C, havendo assim uma anomalia positiva de 0,5 °C (Figura 5a). Além disso, esse valor é superior ao limiar de 26 °C descrito na literatura para a gênese de CTs (RODGERS et al., 2000). Nos ventos em 700 hPa havia um padrão de onda, o que pode contribuir para convergência (Figura 5a) e fraca vorticidade relativa ciclônica em superfície (Figura 6b), servindo como um ambiente dinamicamente favorável para o ciclone (REBOITA et al., 2017b). A Figura 4b indica que o cisalhamento vertical do vento estava fraco ($< 10 \text{ m s}^{-1}$), o que está de acordo com diferentes estudos de ciclones tropicais, entre eles o de Paterson et al. (2005). Valores menores do que 10 m s^{-1} são favoráveis à intensificação de CTs, uma vez que permite a organização da convecção, facilitando seu alinhamento vertical. Em superfície não havia gradiente de temperatura (Figura 4a). Outro fator importante para a formação e intensificação do sistema é a evaporação, que aqui está sendo representada através da variável fluxo de calor latente do oceano para a atmosfera. Essa variável indica que a atmosfera está ganhando energia de forma que auxilia a instabilidade e ajuda a diminuir a pressão em superfície. No período da gênese havia fluxo de 150 a 250 W m^{-2} (Figura 4b) com anomalia positiva de 120 W m^{-2} considerando a média climatológica do mês de setembro. A nebulosidade do sistema ainda não era simétrica, com temperatura de brilho de -90 °C, indicando assim, nuvens mais altas, que causaram bastante chuva na região (Figura 5b-c). Pelo desvio zonal de temperatura (Figura 6c), o ciclone possuía um núcleo quente, e seu desvio de altura geopotencial era negativo, reforçando-o como um sistema de baixa pressão, também com o campo de altura geopotencial em 500 hPa (Figura 4c), o ciclone já se mostrava como um sistema fechado. A Figura 6a representa a intensidade do vento meridional do ciclone, e foi possível observar que o sistema possuía vento mais intenso em baixos níveis e também, um lado com velocidade negativa e outro lado, positiva, indicando o seu giro anti-horário, característica do movimento ciclônico no HN (HOLTON, 2004).

3.3.2 Maturidade (CAT3; 06Z14SET2017)

A fase de maturidade do Talim foi definida como o horário em que o sistema apresentou vorticidade relativa ciclônica mais intensa (Figura 6e), o qual ocorreu no dia 14 de setembro de 2017 às 06 Z. Nesse estágio, o ciclone estava próximo do continente e, segundo a Tabela 4, na escala Saffir-Simpson o sistema adquiriu categoria 3. Nesse estágio, o ciclone causou muita precipitação na região, com a taxa em torno de 9 mm h^{-1} (Figura 5f). Como as isóbaras estavam mais próximas (Figura 4d), significando que o sistema estava mais profundo e que o gradiente horizontal de pressão era mais intenso, os ventos em superfície estavam mais fortes (Figura 5f) e bem configurados com uma circulação ciclônica. A TSM, no centro do Talim, estava mais alta com anomalia positiva de $2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (Figura 5d), ajudando assim na intensificação do ciclone e evaporação da água do oceano, com fluxo intenso de calor latente, excedendo 400 W m^{-2} (Figura 4e). O cisalhamento vertical do vento persistiu fraco (Figura 4e), contribuindo para que o sistema continuasse seu ciclo de vida, com ventos mais intensos em baixos níveis. Na imagem de satélite, observaram-se nuvens com topos mais frios em sua periferia, enquanto que seu centro não possuía nenhuma nuvem (Figura 5e), devido aos movimentos subsidentes que acontecem nessa região e assim, caracteriza o “olho” do ciclone e a configuração simétrica da nebulosidade. Há uma intensificação no núcleo do sistema até altos níveis, sendo observado na Figura 6f, visto que o desvio zonal de temperatura se torna mais positivo, e um maior desvio zonal negativo da altura geopotencial. Além disso, o perfil vertical de vorticidade relativa ciclônica (Figura 6e) apresenta um tubo sem inclinação com a altura, indicando uma característica de CT. O vento meridional é mais intenso em todo o perfil vertical, e fica mais nítido o seu giro anti-horário (Figura 6d).

3.3.3 Transição (CS; 12Z17SET2017)

O estágio de transição ocorreu no dia 17 de setembro de 2017 às 12 Z, quando o sistema interagiu com uma onda baroclínica em 500 hPa (Figura 4i). A partir desse estágio, características de CE começaram a aparecer, linhas de espessura cortavam o centro do sistema (indicando a presença de gradiente horizontal de temperatura) e haviam jatos em altos níveis sobre o sistema (Figura 4g). Verificou-se a advecção horizontal de temperatura com padrões bem definidos juntamente com o giro anti-horário do sistema, propiciando a advecção de ar frio a oeste do sistema e quente a

leste (Figura 4i). Ainda havia liberação de calor latente do oceano para a atmosfera (Figura 4h); o cisalhamento vertical já estava bem mais intenso, contribuindo para mudar as características físicas do ciclone. Além disso, o perfil vertical de vorticidade relativa ciclônica (Figura 6h) caracteriza o estágio de transição do sistema, uma vez que o tubo de vorticidade enfraqueceu e continuou sem inclinação com a altura. Pela intensidade da componente meridional, os ventos mais intensos estavam em superfície e médios níveis, caracterizando o sistema híbrido (Figura 6g), foi possível observar a inclinação do sistema. Pelo desvio zonal de altura geopotencial e temperatura (Figura 6i), o sistema possui um lado frio a oeste e quente a leste, já indicando uma característica mais similar ao CE. Entretanto, o desvio de temperatura ainda é mais positivo em baixos e médios níveis e frio em altos níveis no centro do sistema, característica de CS.

3.3.4 Extratropical (12Z18SET2017)

O sistema já possui um padrão de vírgula na nebulosidade (Figura 5k), indicando as características frontais e de assimetria. O CE possui maior dimensão horizontal que o CT, e também a região de atuação possui gradiente horizontal de temperatura (Figura 4j). No campo de advecção horizontal de temperatura do ar, é possível observar o ramo da frente fria com a advecção de ar frio sobre o continente e a de ar quente sobre o oceano (Figura 4l). O perfil de vorticidade relativa ciclônica (Figura 6k) perdeu a intensidade e possuía inclinação para oeste com a altura. Já no perfil de desvio zonal da temperatura, é mais evidente a separação entre os lados frio e quente do ciclone, que é uma característica da sua baroclinia (Figura 6l).

3.3.5 Decaimento (00Z21SET2017)

Na fase de decaimento, o ciclone perdeu a intensidade e suas características, uma vez que o gradiente horizontal de temperatura enfraqueceu (Figura 4m). Não havia mais nuvens com topo frio no sistema (Figura 5n), a vorticidade relativa ciclônica (Figura 6n) e o vento em superfície enfraquecem comparados ao estágio anterior (Figura 5o). O gradiente de pressão do ciclone diminuiu, visto que suas isóbaras estavam mais distantes do que em estágios anteriores, o ciclone estava ocluso, já que se encontrava a norte dos jatos de altos níveis (Figura 4m).

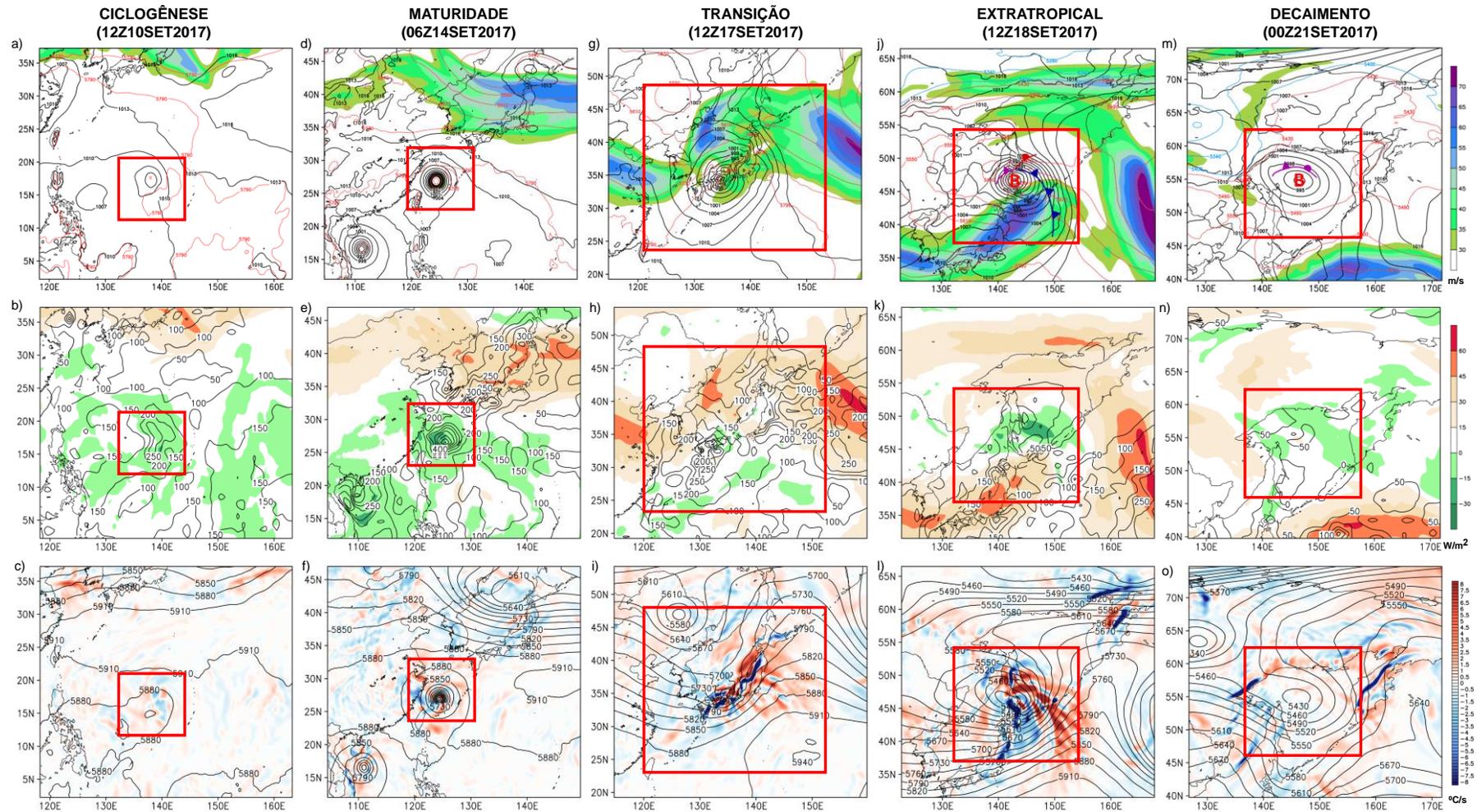


Figura 4 – Campos sinóticos para a análise do tufão Talim. O painel superior é a pressão atmosférica ao nível do mar (hPa; linhas em preto), espessura da camada 500-1000 hPa (m; linhas pontilhadas em vermelho) e intensidade do vento em 250 hPa ($m s^{-1}$; preenchido), nos estágios de CE e decaimento os sistemas frontais estão indicados. O painel central mostra o cisalhamento vertical do vento 250-850 hPa ($m s^{-1}$; preenchido) e o fluxo diário de calor latente ($W m^{-2}$; linhas em preto). O terceiro painel é a advecção de temperatura do ar em 850 hPa ($^{\circ}C s^{-1}$; preenchido) e altura geopotencial em 500 hPa (m; linhas em preto). Estágio de ciclogênese em 12Z10SET2017 (a-b-c); fase de CT em 06Z14SET2017 (d-e-f); fase de transição em 12Z17SEP2017 (g-h-i); fase de CE em 12Z18SET2017 (j-k-l) e sistema em decaimento em 00Z21SET2017 (m-n-o).

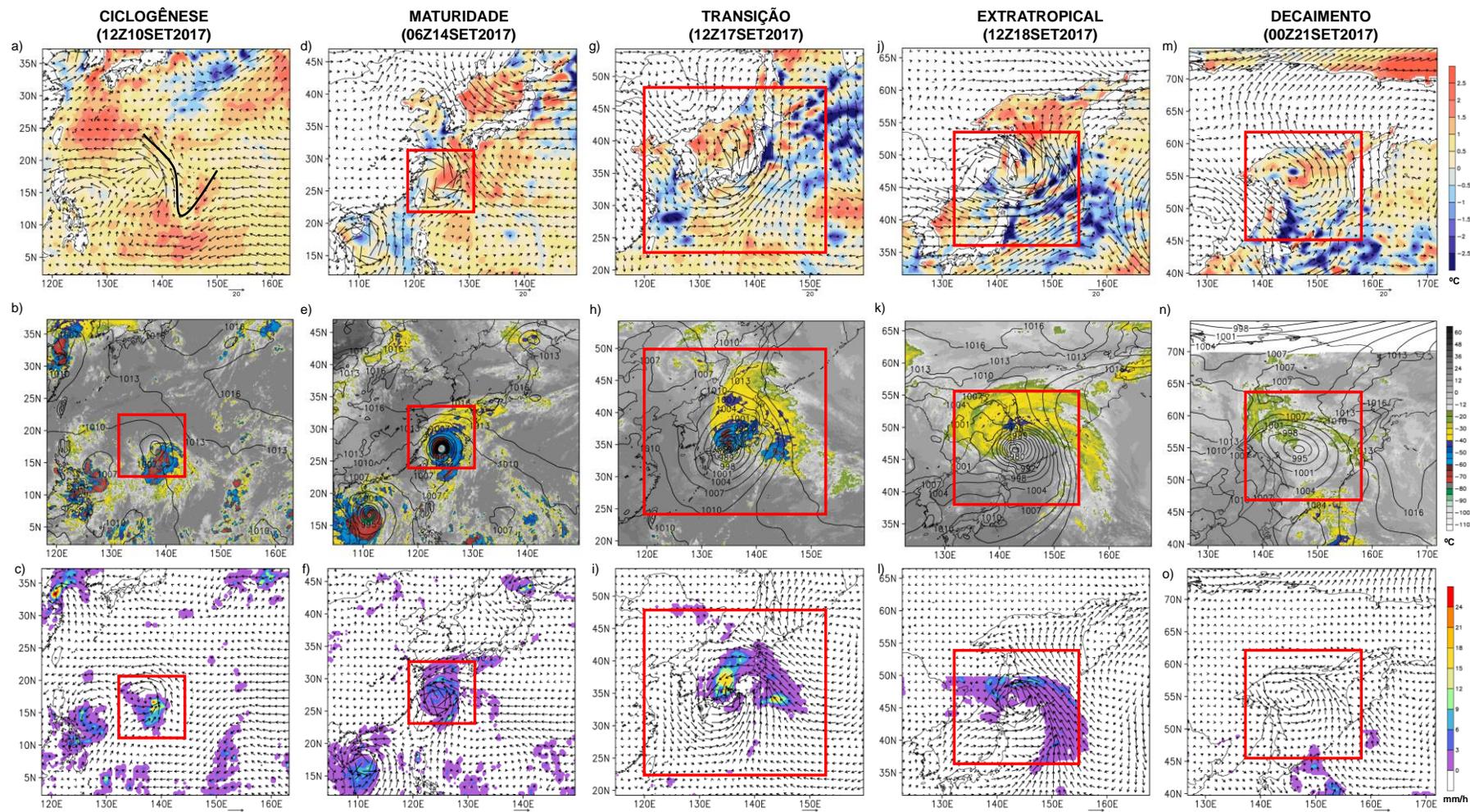


Figura 5 – Padrão de nebulosidade e precipitação para análise do tufão Talim. O painel superior é a anomalia diária de TSM ($^{\circ}\text{C}$; preenchido) e componentes do vento a 700 hPa (m s^{-1} ; vetor). No painel central há temperatura de brilho do canal infravermelho ($^{\circ}\text{C}$; preenchido) e pressão atmosférica ao nível do mar (hPa; linhas em preto). O painel inferior é a precipitação do sistema (mm h^{-1} ; preenchido) e componentes do vento a 10 m (m s^{-1} ; vetor). O corte nas imagens de satélite acontece, pois só existem dados até 70° , enquanto o corte da precipitação ocorre em 50° . Estágio de ciclogênese em 12Z10SET2017 (a-b-c); fase de CT em 06Z14SET2017 (d-e-f); fase de transição em 12Z17SEP2017 (g-h-i); fase de CE em 12Z18SET2017 (j-k-l) e sistema em decaimento em 00Z21SET2017 (m-n-o).

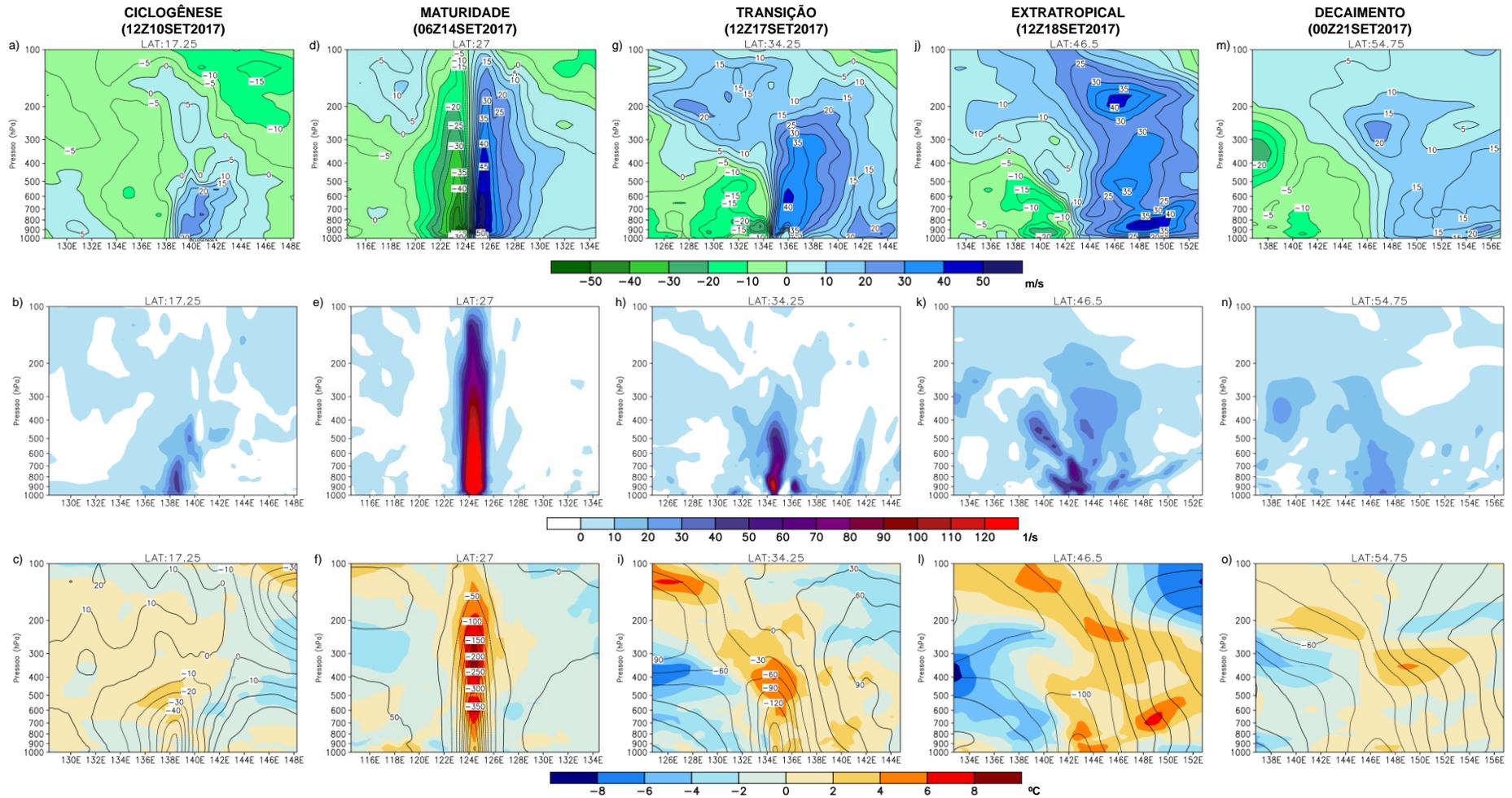


Figura 6 – Perfis verticais para a análise do tufão Talim. O painel superior é a intensidade do vento meridional ($m s^{-1}$; preenchido e contorno) centrada no ciclone. O painel central é o perfil vertical de vorticidade relativa ciclônica ($\times 10^5 s^{-1}$; preenchido), apenas com valores positivos já que é HN. O painel inferior mostra o desvio zonal de temperatura ($^{\circ}C$; preenchido) e o desvio zonal de altura geopotencial (m; linhas em preto). Estágio de ciclogênese em 12Z10SET2017 (a-b-c); fase de CT em 06Z14SET2017 (d-e-f); fase de transição em 12Z17SET2017 (g-h-i); fase de CE em 12Z18SET2017 (j-k-l) e sistema em decaimento em 00Z21SET2017 (m-n-o).

4. CONCLUSÃO

Esse estudo teve como objetivo descrever os estágios do ciclo de vida do Talim. Esse ciclone teve gênese como uma TT, atingiu a categoria 3 da escala Saffir-Simpson durante seu ciclo de vida e transicionou para CE. Os estágios do ciclo de vida do Talim foram definidos com a metodologia do CPS. Assim, foram definidas as datas dos estágios de gênese, maturidade, transição extratropical, CE e decaimento. Com base nessa informação, foi realizada a análise sinótica para os estágios mencionados:

- Ciclone tropical: surge devido à anomalia positiva de TSM, intenso fluxo de calor latente do oceano para a atmosfera, vorticidade relativa ciclônica em superfície, fraco cisalhamento vertical do vento e presença de onda em 700 hPa, que ajudará na convergência de massa para a formação do ciclone;
- Maturidade: nesse estágio, o sistema continua sobre TSM elevada e intenso fluxo de calor latente, possui padrão simétrico na nebulosidade, há o aparecimento do olho do ciclone, desvio zonal positivo de temperatura do ar, desvio zonal negativo de altura geopotencial, e tubo de vorticidade relativa ciclônica sem inclinação;
- Transição extratropical: mudança de CT para um sistema híbrido (CS) por causa da sua interação com uma onda baroclínica em 500 hPa. O sistema apresenta um padrão de nebulosidade variável, porém tende a uma aparência mais simétrica. A partir desse momento, o ciclone já apresenta características de CE, com lado frio a oeste e quente a leste;
- Ciclone extratropical: o sistema tem um padrão de vírgula na nebulosidade, é caracterizado por sistema frontal no campo de advecção de temperatura do ar a 850 hPa, maior atuação do gradiente horizontal de temperatura, e inclinação para oeste no perfil vertical de vorticidade relativa ciclônica. No seu decaimento, o sistema perdeu sua intensidade e características, visto que o gradiente horizontal de temperatura diminuiu, o ciclone passa a se localizar no lado polar dos jatos em altos níveis.

Recomenda-se para trabalhos futuros, verificar a possibilidade de transições extratropicais em projeções do clima futuro.

REFERÊNCIAS

BENFIELD, A. **Companion Volume to Weather, Climate & Catastrophe Insight: Additional Data to Accompany the 2017 Annual Report**. 2018. Disponível em: <<http://thoughtleadership.aonbenfield.com/Documents/20180124-ab-if-annual-companion-volume.pdf>>. Acesso em: 13 de ago. de 2019.

BESSHO, K.; DATE, K.; HAYASHI, M.; IKEDA, A.; IMAI, T.; INOUE, H.; KUMAGAI, Y.; MIYAKAWA, T.; MURATA, H.; OHNO, T.; OKUYAMA, A.; OYAMA, R.; SASAKI, Y.; SHIMAZU, Y.; SHIMOJI, K.; SUMIDA, Y.; SUZUKI, M.; TANIGUCHI, H.; TSUCHIYAMA, H.; UESAWA, D.; YOKOTA, H.; YOSHIDA, R. An Introduction to Himawari-8/9: Japan's New-Generation Geostationary Meteorological Satellites. **Journal of the Meteorological Society of Japan**, v. 94, n. 2, p. 151-183, 2016. Disponível em: <https://www.jstage.jst.go.jp/article/jmsj/94/2/94_2016-009/_article/-char/ja/>. Acesso em: 13 de ago. de 2019.

BJERKNES, J. On the structure of moving cyclones. **Geophysiske Publikasjoner**, v. 47, n. 2, p. 95-99, 1919.

BJERKNES, J.; SOLBERG, H. Life cycle of cyclones and the polar front theory of atmospheric circulation. **Geophysiske Publikasjoner**, v. 3, n. 1, p. 1-18, 1922.

BUSHNELL, J. M.; FALVEY, R. J. **Annual Tropical Cyclone Report 2017**. Joint Typhoon Warning Center. 133p, 2017. Disponível em: <<https://www.metoc.navy.mil/jtwc/products/atcr/2017atcr.pdf>>. Acesso em: 08 de nov. de 2019.

COMET. **Tropical Cyclones**. In: Introduction to Tropical Meteorology. 2. ed. 04 de mar. de 2016. Disponível: <https://www.met.ed.ucar.edu/training_module.php?id=868#.XY4ukGZ7lrQ>. Acesso em: 11 de set. de 2019.

CRAIG, A. W.; WOOLF, M. H. **Assessment of Tropical Cyclone Risk in the Pacific Region: Technical Report**. Geoscience Australia: Canberra. 2013. Disponível em: <<https://www.pacificclimatechange.net/document/assessment-tropical-cyclone-risk-pacific-region-technical-report>>. Acesso em: 11 de set. de 2019.

DA ROCHA, R. P.; REBOITA, M. S.; GOZZO, L. F.; DUTRA, L. M. M.; DE JESUS, E. M. Subtropical cyclones over the oceanic basins: a review. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1436, n.1, p. 138-156, 2019. Disponível em: <<https://nyaspubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/nyas.13927>>. Acesso em: 13 de ago. de 2019.

DEMIRCI, O.; TYO, J. S.; RITCHIE, E. A. Spatial and spatiotemporal projection pursuit techniques to predict the extratropical transition of tropical cyclones. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 45, n. 2, p. 418-425, 2007. Disponível em: <<http://www.atmo.arizona.edu/~ritchie/hurrlab/pdf/Demirci-et-al-2007.pdf>>. Acesso em: 05 de jun. de 2019.

EVANS, C.; WOOD, K. M.; ABERSON, S. D.; ARCHAMBAULT, H. M.; MILRAD, S. M.; BOSART, L. F.; CORBOSIERO, K. L.; DAVIS, C. A.; DIAS PINTO, J. R.; DOYLE, J.; FOGARTY, C.; GALARNEAU JR, T. J.; GRAMS, C. M.; GRIFFIN, K. S.; GYAKUM, J.; HART, R. E.; KITABATAKE, N.; LENTINK, H. S.; MCTAGGART-COWAN, R.; PERRIE, W.; QUINTING, J. F. D.; REYNOLDS, C. A.; RIEMER, M.; RITCHIE, E. A.; SUN, Y.; ZHANG, F. The extratropical transition of tropical cyclones. Part I: Cyclone evolution and direct impacts. **Monthly Weather Review**, v. 145, n. 11, p. 4317-4344, 2017. Disponível em: <<https://journals.ametsoc.org/doi/full/10.1175/MWR-D-17-0027.1>>. Acesso em: 06 de jun. de 2019.

EVANS, J. L.; GUISHARD, M. P. Atlantic Subtropical Storms. Part I: Diagnostic Criteria and Composite Analysis. **Monthly Weather Review**, v. 137, p. 2065-2080, 2009. Disponível em: <<https://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/2009MWR2468.1>>. Acesso em: 06 de jun. de 2019.

EVANS, J. L.; HART, R. E. Objective indicators of the life cycle evolution of extratropical transition for Atlantic tropical cyclones. **Monthly Weather Review**, v. 131, n. 5, p. 909-925, 2003. Disponível em: <[https://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/1520-0493\(2003\)131%3C0909:OLOTLC%3E2.0.CO%3B2](https://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/1520-0493(2003)131%3C0909:OLOTLC%3E2.0.CO%3B2)>. Acesso em: 06 de jun. de 2019.

FOLEY, G. R.; HANSTRUM, B. N. The capture of tropical cyclones by cold fronts off the west coast of Australia. **Weather and Forecasting**, v. 9, n. 4, p. 577-592, 1994. Disponível em: <[https://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/1520-0434\(1994\)009%3C0577:TCOTCB%3E2.0.CO%3B2](https://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/1520-0434(1994)009%3C0577:TCOTCB%3E2.0.CO%3B2)>. Acesso em: 06 de jun. de 2019.

GALARNEAU, T. J.; DAVIS, C. A.; SHAPIRO, M. A. Intensification of Hurricane Sandy (2012) through extratropical warm core seclusion. **Monthly Weather Review**, v. 141, n. 12, p. 4296-4321, 2013. Disponível em: <<https://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/MWR-D-13-00181.1>>. Acesso em: 11 de ago. de 2019.

GAN, M. A.; RAO, V. B. Surface cyclogenesis over South America. **Monthly Weather Review**, v. 119, n. 5, p. 1293-1302, 1991. Disponível em: <<https://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/1520-0493%281991%29119%3C1293%3ASCOSA%3E2.0.CO%3B2>>. Acesso em: 07 de jun. de 2019.

GAN, M. A.; SELUCHI, M. E. Ciclones e ciclogênese. *In*: CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; DIAS, M. A. F.; JUSTI DA SILVA, M. G. A. (Org.). **Tempo e Clima no Brasil**. 1. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2009, v. 1, p. 111-125.

GOZZO, L. F.; DA ROCHA, R. P.; REBOITA, M. S.; SUGAHARA, S. Subtropical Cyclones over the Southwestern South Atlantic: Climatological Aspects and Case Study. **Journal of Climate**, v. 27, n. 22, p. 8543-8562, 2014. Disponível em: <<https://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/JCLI-D-14-00149.1>>. Acesso em: 03 de set. de 2019.

GRAY, W. M. **Global view of the origin of tropical disturbances and storms.** Colorado State University, Department of Atmospheric Science, 1968. Disponível em: <https://mountainscholar.org/bitstream/handle/10217/107/0114_Bluebook.pdf>. Acesso em: 06 de jun. de 2019.

GUTRO, R. NASA Tracking Tropical Storm Talim in Philippine Sea. **NASA**. 18 de set. de 2017. Disponível em: <<https://www.nasa.gov/feature/goddard/2017/talim-philippine-sea/>>. Acesso em: 09 de jun. de 2019.

HARR, P. A.; ELSBERRY, R. L. Extratropical transition of tropical cyclones over the western North Pacific. Part I: Evolution of structural characteristics during the transition process. **Monthly Weather Review**, v. 128, n. 8, p. 2613-2633, 2000. Disponível em: <[https://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/1520-0493\(2000\)128%3C2613:ETOTCO%3E2.0.CO%3B2](https://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/1520-0493(2000)128%3C2613:ETOTCO%3E2.0.CO%3B2)>. Acesso em: 06 de jun. de 2019.

HART, R. E.; EVANS, J. L. A climatology of the extratropical transition of Atlantic tropical cyclones. **Journal of Climate**, v. 14, n. 4, p. 546-564, 2001. Disponível em: <[https://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/1520-0442\(2001\)014%3C0546:ACOTET%3E2.0.CO%3B2](https://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/1520-0442(2001)014%3C0546:ACOTET%3E2.0.CO%3B2)>. Acesso em: 07 de jun. de 2019.

HART, R.E. A cyclone phase space derived from thermal wind and thermal asymmetry. **Monthly Weather Review**, v. 131, p. 585-616, 2003. Disponível em: <[https://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/1520-0493\(2003\)131%3C0585:ACPSDF%3E2.0.CO;2](https://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/1520-0493(2003)131%3C0585:ACPSDF%3E2.0.CO;2)>. Acesso em: 05 de jun. de 2019.

HERSBACH, H.; DEE, D. ERA5 reanalysis is in production. **ECMWF Newsletter**, p. 7, 2016.

HOLTON, J. R. **An Introduction to Dynamic Meteorology**. 5. ed. San Diego: Elsevier Academic Press, 2004. Disponível em: <http://www.dca.ufcg.edu.br/DCA_download/An%20Introduction%20to%20Dynamic%20Meteorology.pdf>. Acesso em: 17 de set. de 2019.

HUFFMAN, G. J.; ADLER, R. F.; BOLVIN, D. T.; GU, G.; NELKIN, E. J.; BOWMAN, K. P.; HONG, Y.; STOCKER, E. F.; WOLFF, D. B. The TRMM multi-satellite precipitation analysis: quasi-global, multi-year, combined-sensor precipitation estimates at fine scales. **Journal of Hydrometeorology**, v. 8, p. 38-55, 2007. Disponível em: <<https://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/JHM560.1>>. Acesso em: 06 de jun. de 2019.

JONES, S. C.; HARR, P. A.; ABRAHAM, J.; BOSART, L. F.; BOWYER, P. J.; EVANS, J. L.; HANLEY, D. E.; HANSTRUM, B. N.; HART, R. E.; LALAURETTE, F.; SINCLAIR, M. R.; SMITH, R. K.; THORNCROFT, C. The extratropical transition of tropical cyclones: Forecast challenges, current understanding, and future directions. **Weather and Forecasting**, v. 18, n. 6, p. 1052-1092, 2003. Disponível em: <[https://journals.ametsoc.org/doi/full/10.1175/1520-0434\(2003\)018%3C1052:TETOTC%3E2.0.CO;2](https://journals.ametsoc.org/doi/full/10.1175/1520-0434(2003)018%3C1052:TETOTC%3E2.0.CO;2)>. Acesso em: 05 de jun. de 2019.

KITABATAKE, N. Climatology of extratropical transition of tropical cyclones in the western North Pacific defined by using cyclone phase space. **Journal of the Meteorological Society of Japan. Ser. II**, v. 89, n. 4, p. 309-325, 2011. Disponível em: <https://www.jstage.jst.go.jp/article/jmsj/89/4/89_4_309/_article/-char/ja/>. Acesso em: 06 de jun. de 2019.

KLEIN, P. M.; HARR, P. A.; ELSBERRY, R. L. Extratropical transition of western North Pacific tropical cyclones: An overview and conceptual model of the transformation stage. **Weather and Forecasting**, v. 15, n. 4, p. 373-395, 2000. Disponível em: <[https://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/1520-0434\(2000\)015%3C0373:ETOWNP%3E2.0.CO;2](https://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/1520-0434(2000)015%3C0373:ETOWNP%3E2.0.CO;2)>. Acesso em: 05 de jun. de 2019.

KNAPP, K. R.; NOAA CDR PROGRAM. **NOAA Climate Data Record (CDR) of Gridded Satellite Data from ISCCP B1 (GridSat-B1) Infrared Channel Brightness Temperature, Version 2**. NOAA National Centers for Environmental Information: Asheville, NC, USA, 2014. Disponível em: <<https://data.nodc.noaa.gov/cgi-bin/iso?id=gov.noaa.ncdc:C00829>>. Acesso em: 06 de jun. de 2019.

KOFRON, D. E.; RITCHIE, E. A.; TYO, J. S. Determination of a consistent time for the extratropical transition of tropical cyclones. Part I: Examination of existing methods for finding “ET time”. **Monthly Weather Review**, v. 138, n. 12, p. 4328-4343, 2010. Disponível em: <<https://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/2010MWR3180.1>>. Acesso em: 07 de jun. de 2019.

LIVEMINT. **Typhoon Talim slams Japan, hundreds of flights grounded**. 17 de set. de 2017. Disponível em: <<https://www.livemint.com/Politics/s0eTyRYVnX3ZdpXLua5weJ/Typhoon-Talim-slams-Japan-hundreds-of-flights-grounded.html>>. Acesso em: 09 de jun. de 2019

MANGOSING, F. Typhoon ‘Lannie’ enters PAR. **INQUIRER.net**. 11 de set. de 2017. Disponível em: <<https://newsinfo.inquirer.net/929649/lannie-talim-tropical-storm-par-pagasa-weather-forecast>>. Acesso em: 09 de jun. de 2019.

MURATA, H.; SAITOH, K.; SUMIDA, Y. True color imagery rendering for Himawari-8 with a color reproduction approach based on the CIE XYZ color system. **Journal of the Meteorological Society of Japan. Ser. II**, n. 96b, p. 211-238, 2018. Disponível em: <https://www.jstage.jst.go.jp/article/jmsj/advpub/0/advpub_2018-049/_article/-char/ja/>. Acesso em: 07 de jun. de 2019.

NATIONAL HURRICANE CENTER (NHC). **Saffir-Simpson Hurricane Wind Scale**. s/d. Disponível <<https://twitter.com/taylormalandra/status/1177014083520016384>>. Acesso em: 12 de set. de 2019.

PATERSON, L. A.; HANSTRUM, B.N.; DAVIDSON, N.E.; WEBER, H.C. Influence of Environmental Vertical Wind Shear on the Intensity of Hurricane-Strength Tropical Cyclones in the Australian Region. **Monthly Weather Review**, v. 133, p. 3644-3660, 2005. Disponível em: <<https://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/MWR3041.1>>. Acesso em: 13 de set. de 2019.

PETTERSEN, S. **Weather analysis and forecasting**. 1956.

REBOITA, M. S.; GAN, M. A.; ROCHA, R. P.; CUSTÓDIO, I. S. Ciclones em Superfície nas Latitudes Austrais: Parte I – Revisão Bibliográfica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, n. 2, p. 171-186, 2017a. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-77862017000200171&script=sci_arttext&tlng=pt>. Acesso em: 05 de jun. de 2019.

REBOITA, M. S.; GAN, M. A.; ROCHA, R. P.; CUSTÓDIO, I. S. Ciclones em Superfície nas Latitudes Austrais: Parte II – Estudo de Casos. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, n. 4, p. 509-542, 2017b. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-77862017000400509&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 06 de jun. de 2019.

REYNOLDS, R. W.; SMITH, T. M.; LIU, C.; CHELTON, D. B.; CASEY, K. S.; SCHLAX, M. G. Daily High-Resolution-Blended Analyses for Sea Surface Temperature. **Journal of Climate**, v. 20, n. 22, p. 5473-5496, 2007. Disponível em: <<https://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/2007JCLI1824.1>>. Acesso em: 11 de ago. de 2019.

RODGERS, E.; OLSON, W.; HALVERSON, J.; SIMPSON, J.; PIERCE, H. Environmental Forcing of Supertyphoon Paka's (1997) Latent Heat Structure. **Journal of Applied Meteorology**, v. 39, n. 12, p. 1983-2006, 2000. Disponível em: <[https://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/1520-0450\(2001\)040%3C1983%3AEFOSPS%3E2.0.CO%3B2](https://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/1520-0450(2001)040%3C1983%3AEFOSPS%3E2.0.CO%3B2)>. Acesso em: 13 de set. de 2019.

XINHUA. Over 200,000 evacuated as Typhoon Talim approaches. **chinadaily.com.cn**. 13 de set. de 2017. Disponível em: <http://www.chinadaily.com.cn/china/2017-09/13/content_31950309.htm>. Acesso em: 09 de jun. de 2019.

YU, L.; JIN, X.; WELLER, R. A. **Multidecade Global Flux Datasets from the Objectively Analyzed Air-sea Fluxes (OAFlux) Project: Latent and sensible heat fluxes, ocean evaporation, and related surface meteorological variables**. OAFlux Project Technical Report. OA-2008-01, 64p, 2008. Disponível em: <http://oaflux.whoi.edu/pdfs/OAFlux_TechReport_3rd_release.pdf>. Acesso em: 08 de jun. de 2019.

ZARZYCKI, C. M.; THATCHER, D. R.; JABLONOWSKI, C. Objective tropical cyclone extratropical transition detection in high-resolution reanalysis and climate model data. **Journal of Advances in Modeling Earth Systems**, v. 9, n. 1, p. 130-148, 2017. Disponível em: <<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/2016MS000775>>. Acesso em: 08 de jun. de 2019.