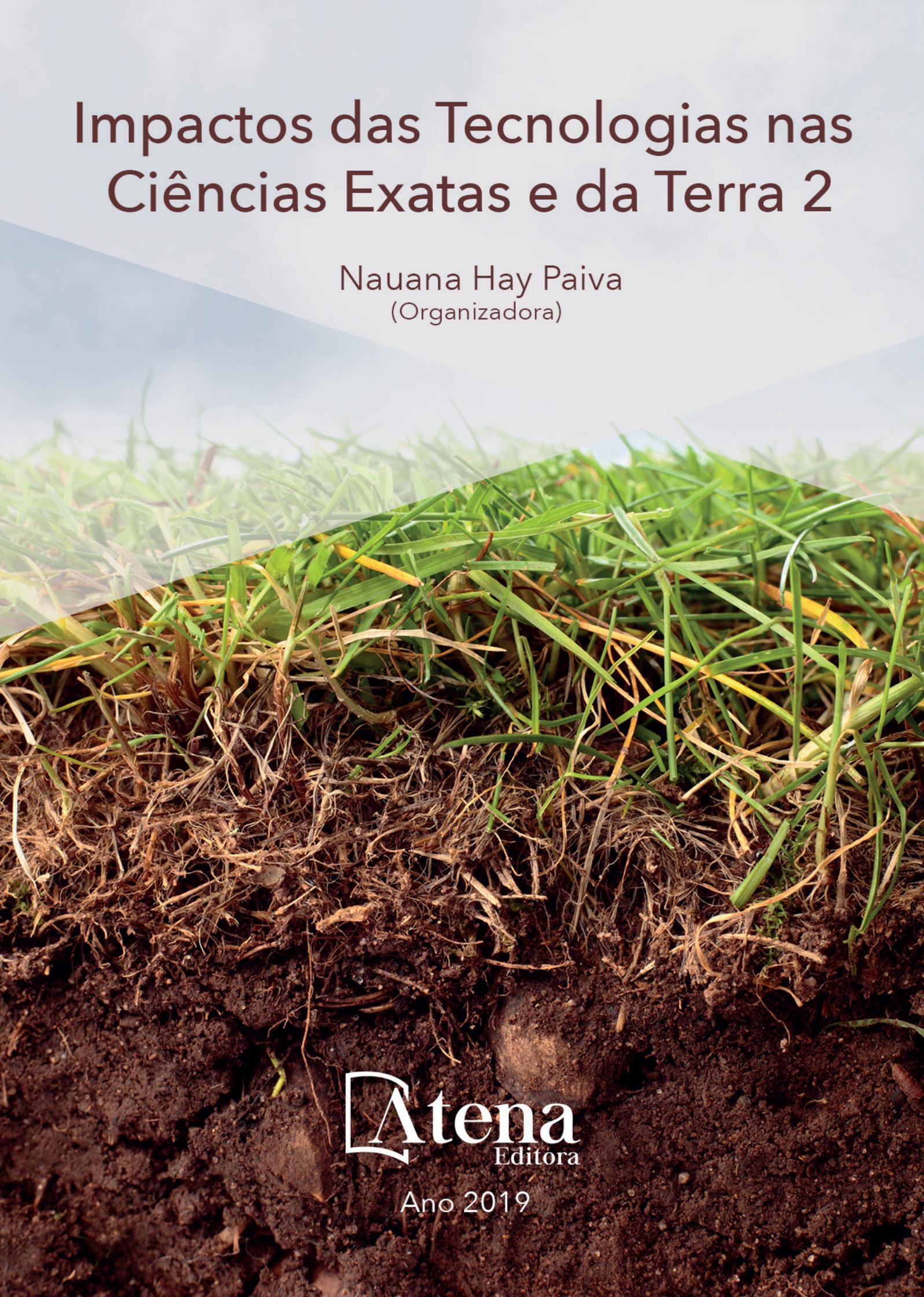


Impactos das Tecnologias nas Ciências Exatas e da Terra 2

Nauana Hay Paiva
(Organizadora)



Atena
Editora

Ano 2019

Nauana Hay Paiva
(Organizadora)

Impactos das Tecnologias nas Ciências Exatas e da Terra 2

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Karine de Lima

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

134	Impactos das tecnologias nas ciências exatas e da terra 2 [recurso eletrônico] / Organizadora Nauana Hay Paiva. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Impactos das Tecnologias nas Ciências Exatas e da Terra; v. 2) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-053-7 DOI 10.22533/at.ed.537192201 1. Ciências exatas. 2. Tecnologia. I. Paiva, Nauana Hay. II. Série. CDD 016.5
-----	---

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

DOI O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
O ALUNO COMO SUJEITO ATIVO NO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM: OS IMPACTOS DAS METODOLOGIAS ATIVAS EM DIFERENTES MODALIDADES DA EDUCAÇÃO BÁSICA	
Sidney Silva Simplicio Alexsandra da Costa Andrade Maria do Socorro Tavares Cavalcante	
DOI 10.22533/at.ed.5371922011	
CAPÍTULO 2	15
COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS ÓLEOS ESSENCIAIS DE FOLHAS DE GOIABEIRAS: UMA REVISÃO DE LITERATURA	
Luiza Alves Mendes Amélia Carlos Tuler Carolina de Oliveira Bernardes Drielli Canal Marianna Junger de Oliveira Garozi José Henrique Soler Guilhen Lidiane Gomes dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.5371922013	
CAPÍTULO 3	24
INFLUÊNCIA DO TEMPO DE CONTATO NA ADSORÇÃO DE NI(II) EM BIOCÁRVÕES ORIUNDOS DAS CASCAS DE EUCALIPTO E PALHA DE CAFÉ	
Ruan de Oliveira Alves D'ávila Leal Polastreli Ueslei Giori Favero Yago Ricardo de Oliveira Tiago Guimarães Lucas Destefani Paquini Bruno Regis Lyrio Ferraz Renato Ribeiro Passos Demetrius Profeti Luciene Paula Roberto Profeti	
DOI 10.22533/at.ed.5371922014	
CAPÍTULO 4	30
AVALIAÇÃO DA ADSORÇÃO DE CO(II) UTILIZANDO BIOCÁRVÕES DE PALHA DE CAFÉ COMO MATERIAL ADSORVENTE	
Ueslei Giori Favero Yago Ricardo de Oliveira D'ávila Leal Polastreli Ruan de Oliveira Alves Tiago Guimarães Lucas Destefani Paquini Bruno Regis Lyrio Ferraz Renato Ribeiro Passos Demetrius Profeti Luciene Paula Roberto Profeti	
DOI 10.22533/at.ed.5371922015	

CAPÍTULO 5 36

DEGRADAÇÃO DO FUNGICIDA FLUTRIAFOL UTILIZANDO NANOPARTÍCULAS BIMETÁLICAS DE FE/NI, FE/CU E CU COM ANÁLISE POR GC/MS

Maxwell Daniel de Freitas
Karla Moreira Vieira
Vanessa Moreira Osorio
Isabela Cristina de Matos Cunha
Renata Pereira Lopes Moreira

DOI 10.22533/at.ed.5371922016

CAPÍTULO 6 50

ANÁLISE TEMPORAL DA PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA DO MUNICÍPIO DE ARROIO DO PADRE/RS, ENTRE OS ANOS DE 2001 E 2016

Alison André Domingues Teixeira
Clismam Soares Porto
Alexandre Felipe Bruch
Angélica Cirolini
Marciano Carneiro
Jéssica Stern Behling

DOI 10.22533/at.ed.5371922017

CAPÍTULO 7 63

MAPEAMENTO DO USO DA TERRA E SEUS CONFLITOS EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE NO MUNICÍPIO DE ARROIO DO PADRE, RS

Alison André Domingues Teixeira
Clismam Soares Porto
Angélica Cirolini
Alexandre Felipe Bruch
Marciano Carneiro
Marinêz da Silva

DOI 10.22533/at.ed.5371922018

CAPÍTULO 8 76

AValiação DA CONdição CORPORAL DOS CÃES DOMICILIADOS DO MUNICÍPIO DE REALEZA/PR

Jhenifer Cintia Beneti
Anne Caroline de Aguiar Pesenti
Andressa Silveira dos Santos
Glauco Eleutherio da Luz
Everton Artuso
Luciana Pereira Machado

DOI 10.22533/at.ed.5371922019

CAPÍTULO 9 81

IMPACTO DO TURISMO SOBRE A HIDROGRAFIA DO PARQUE ESTADUAL MARINHO DE AREIA VERMELHA, CABEDELO/PB: CONTRIBUIÇÕES PARA GESTÃO AMBIENTAL

Daniel Silva Lula Leite
George Emmanuel Cavalcanti de Miranda

DOI 10.22533/at.ed.53719220110

CAPÍTULO 10 98

ESTUDO GEOLÓGICO E DO COMPORTAMENTO ESTRUTURAL EM ÁREA PARA PRODUÇÃO DE BRITA EM VERA CRUZ (RS)

Cândida Regina Müller
Thays França Afonso
Leandro Fagundes
Luis Eduardo Silveira da Mota Novaes'

DOI 10.22533/at.ed.53719220111

CAPÍTULO 11 106

FLUXOS DE CALOR E RADIAÇÃO DE ONDA LONGA EM SUPERFÍCIE DURANTE TEMPESTADE TORNÁDICA EM TAQUARITUBA/SP

Kelli Silva de Lara
Allef Patrick Caetano de Matos
André Becker Nunes

DOI 10.22533/at.ed.53719220112

CAPÍTULO 12 115

SOBRE A INTERAÇÃO DE PÓRTICOS PLANOS COM O MEIO CONTÍNUO MODELADOS PELO MEC

Welky Klefson Ferreira de Brito
José Marcílio Filgueiras Cruz
Ângelo Vieira Mendonça

DOI 10.22533/at.ed.53719220113

CAPÍTULO 13 137

FÍSICA DO MEIO AMBIENTE: ESTADO DA ARTE

Thiago Moura Zetti
Milton Souza Ribeiro Miltão

DOI 10.22533/at.ed.53719220114

CAPÍTULO 14 146

ESTUDO DO GRUPO DE POINCARÉ E DE SUAS REPRESENTAÇÕES IRREDUTÍVEIS

Ana Camila Costa Esteves
Milton Souza Ribeiro Miltão

DOI 10.22533/at.ed.53719220115

CAPÍTULO 15 165

UMA REVISÃO SOBRE O PROBLEMA DE POSICIONAMENTO NO PROJETO DE CIRCUITOS INTEGRADOS MODERNOS

Mateus Paiva Fogaça
Jacques de Jesus Figueiredo Schmitz Junior
Paulo Francisco Butzen
Cristina Meinhardt

DOI 10.22533/at.ed.53719220116

CAPÍTULO 16 188

UMA IMPLEMENTAÇÃO DE CONTROLADOR DE ACESSOS DE BAIXO CUSTO UTILIZANDO CARTÕES RFID

Wagner Loch
Rafael Iankowski Soares

DOI 10.22533/at.ed.53719220117

CAPÍTULO 17 193

AGROQUÍMICOS: LEVANTAMENTO DO USO NA CIDADE DE FORMOSA DA SERRA NEGRA/MA E
UMA PROPOSTA PARA TRABALHOS EM SALA DE AULA

Janyeid Karla Castro Sousa
Jemmla Meira Trindade Moreira
Andréa Soares de Souza Barros

DOI 10.22533/at.ed.53719220118

SOBRE A ORGANIZADORA..... 209

FLUXOS DE CALOR E RADIAÇÃO DE ONDA LONGA EM SUPERFÍCIE DURANTE TEMPESTADE TORNÁDICA EM TAQUARITUBA/SP

Kelli Silva de Lara

Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Meteorologia

Pelotas – Rio Grande do Sul

Allef Patrick Caetano de Matos

Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Meteorologia

Pelotas – Rio Grande do Sul

André Becker Nunes

Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Meteorologia

Pelotas – Rio Grande do Sul

RESUMO: Este estudo visa analisar as condições atmosféricas de grande escala, o papel da radiação de onda longa (ROL) e os fluxos de calor sensível e latente em superfície durante a passagem de uma tempestade na cidade de Taquarituba no Estado de São Paulo. Essa tempestade desencadeou um tornado que ocorreu no dia 22 de setembro de 2013, por volta das 16:30 HL (Hora Local), provocando prejuízos à população. Neste trabalho, foram utilizados dados de reanálise do modelo *Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications* (MERRA 2) e imagens de satélite da *Geostationary Operational Environmental Satellite* (GOES-13). A partir dos dados de reanálise foram gerados campos atmosféricos e de fluxos de

calor e ROL para avaliar o comportamento desses processos na evolução da tempestade severa. Os resultados obtidos mostraram a atuação do escoamento de Noroeste em 850 hPa transportando calor e umidade sobre a região de Taquarituba e a difluência do escoamento em 250 hPa contribuindo para o disparo da convecção sobre a região. Também foi possível observar a relação entre os fluxos de calor e ROL indicando que a ROL se deve, principalmente da emissão térmica em superfície. O fluxo de calor sensível mostrou-se negativo durante os três dias analisados (21 a 23) indicando que a atmosfera cedeu energia à superfície. O fluxo de calor latente da superfície apresentou valores elevados (em torno de 240 W m^{-2}) no dia da tempestade mostrando a forte relação desta variável com o desenvolvimento de instabilidades convectivas sobre a região de Taquarituba.

PALAVRAS-CHAVE: Tornado, Escoamento de Noroeste, Difluência do Escoamento, Sistema Frontal, Tempestade Severa.

ABSTRACT: This study aims to analyze large-scale atmospheric conditions, the role of long-wave radiation (ROL), and surface and latent heat fluxes during a storm in the city of Taquarituba in the State of São Paulo. This storm triggered a tornado that occurred on

September 22, 2013, around 16:30 HL (Local Time), causing damage to the population. In this work, model reanalysis data from the Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications (MERRA 2) and satellite images of the Geostationary Operational Environmental Satellite (GOES-13) were used. From the reanalysis data were generated atmospheric fields and heat flows and ROL to evaluate the behavior of these processes in the evolution of the severe storm. The results obtained showed the performance of the Northwestern flow in 850 hPa transporting heat and humidity on the Taquarituba region and the diffluence of the flow in 250 hPa contributing to the triggering of the convection over the region. It was also possible to observe the relation between the heat flows and ROL indicating that the ROL is due mainly to the surface thermal emission. The sensible heat flux was negative during the three days analyzed (21 to 23) indicating that the atmosphere ceded energy to the surface. The latent heat flux of the surface presented high values (around 240 W m^{-2}) on the day of the storm showing the strong relation of this variable with the development of convective instabilities on the Taquarituba region.

KEYWORDS: Tornado, Northwest Flow, Flow Diffluence, Frontal System, Severe Storm.

1 | INTRODUÇÃO

Cerca de 50% da radiação solar, radiação de onda curta (ROC), consegue chegar até a superfície da Terra (Hartmann, 1994). A superfície também absorve radiação de onda longa (ROL) proveniente da atmosfera. Uma vez absorvida a radiação, esta provoca o aquecimento da superfície. De acordo com Arruda (2011), a superfície quando aquecida cede energia para o aquecimento da atmosfera (calor sensível) e para evaporação da água (calor latente). Quando a água evapora ou condensa, solidifica ou liquefaz, o calor latente é gerado ou liberado.

O aquecimento latente é uma importante forma de aquecimento diabático da atmosfera, especialmente nas nuvens em desenvolvimento (PETTY, 2008) e o calor sensível está relacionado a condução térmica. Estes fluxos de calor são componentes essenciais no balanço de energia em superfície e também contribuem para a formação de tempestades intensas. Desta forma, as tempestades apresentam um comportamento relevante na circulação global da atmosfera, pois transportam umidade, calor sensível e calor latente para as camadas superiores da troposfera e, conseqüentemente, instabilizando a atmosfera.

As regiões Sul e Sudeste do Brasil, devido a sua posição latitudinal e a diversos sistemas atmosféricos atuantes são propícias à ocorrência de eventos extremos, como precipitação intensa, descargas atmosféricas, ventos fortes, tornados, entre outros. Dentre esses eventos, o tornado tem sido observado com maior frequência nessas regiões (Silva Dias, 2011) podendo causar grandes prejuízos à população afetada. Segundo o Glossário de Meteorologia (2018), o tornado é definido como uma coluna

de ar em rotação, em contato com a superfície, pendente de uma nuvem cumuliforme, geralmente visível como uma nuvem funil e/ou como uma circulação de poeira/detritos perto da superfície. O estudo desse fenômeno e os processos envolvidos para o disparo da convecção são necessários para a compreensão desse evento severo.

Nesse sentido, o objetivo desse trabalho é analisar as condições atmosféricas de grande escala, os fluxos superficiais de calor sensível e latente e ROL no desenvolvimento de uma tempestade que atingiu o município de Taquarituba, localizada a sudoeste do Estado de São Paulo (SP). O desenvolvimento dessa tempestade desencadeou um intenso tornado que provocou prejuízos ao município e, portanto, este caso foi escolhido. De acordo com dados da Defesa Civil de SP (2018), mais de 11.600 habitantes foram afetados devido a passagem da tempestade, deixando 64 feridos e 2 vítimas fatais. O fenômeno atingiu a cidade por volta das 16:30HL (Hora Local) do dia 22 de setembro de 2013 e foi classificado conforme a Escala Fujita Melhorada (EF), com categoria EF3 – velocidade dos ventos entre 218 a 266 km h⁻¹ – (Potter, 2007). Esta escala estima a intensidade dos tornados devido a valoração dos estragos produzidos pelo fenômeno. Assim, este estudo visa contribuir para um melhor entendimento sobre os processos que favoreceram o desenvolvimento da tempestade tornádica em Taquarituba.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização desse estudo foram utilizados dados de reanálise do modelo *Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications* (Bosilovich et al., 2016), na versão 2 (MERRA 2), com resolução horizontal de 0.5°x0.66°, resolução temporal de 1 e de 3 horas e em formato netCDF-4. As variáveis obtidas foram: temperatura do ar (°C), umidade relativa (%), altura geopotencial (m), movimento vertical (Pa s⁻¹), componentes zonal e meridional do vento (m s⁻¹) em diferentes níveis da atmosfera; radiação de onda longa (W m⁻²) emitidos pela superfície, fluxos de calor sensível e calor latente (W m⁻²), correspondente às 19 UTC (horário aproximado da tempestade) para os dias 21, 22 e 23 de setembro de 2013 no município de Taquarituba (23°31'59"S, 49°14'40"W). Os campos foram plotados usando o software *Grid Analysis and Display System* (GrADS). Nesse mesmo horário foram utilizadas imagens de satélite realçadas do canal infravermelho da *Geostationary Operational Environmental Satellite* (GOES-13), acrescentando a imagem das 19:30 UTC no dia 22. Estas imagens são disponibilizadas no site de Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (DSA/INPE).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesse estudo foram avaliadas as condições atmosféricas e os fluxos de calor e ROL em superfície com o propósito de compreender os processos de intensificação da tempestade. Inicialmente, foi possível identificar no dia 21 (entre 18 e 21 UTC) um sistema frontal atuando na região Sul, entre sul do Estado de Santa Catarina (SC) e ao norte do Rio Grande do Sul (RS), associada a um centro de baixa pressão no Oceano Atlântico, com núcleo de 999 hPa em torno de 40°S e 42°W. O deslocamento desse sistema frontal em superfície provoca condições instáveis sobre a região (Figuras não mostradas aqui).

Na região sul de SP, a advecção de ar quente e a convergência de umidade na troposfera inferior (850 hPa) também gera condições instáveis favorecendo a formação de nuvens sobre a região de Taquarituba (Figura 3 a). Além desses fatores, a difluência do escoamento na troposfera superior (250 hPa) favorecida pela atuação de uma ampla circulação anticiclônica, com centro em torno de 10°S;65°W e um cavado frontal na região central da Argentina, também resulta na atividade convectiva (Figuras não mostradas aqui).

No dia da ocorrência da tempestade (22), por volta do horário aproximado da passagem do tornado (entre 18 e 21 UTC) foi observado o sistema frontal se propagando em direção a região centro/norte do PR, associada a um centro de baixa pressão no Oceano Atlântico, com núcleo inferior a 996 hPa em torno de 46°S e 25°W (Figura 1 a-b). Também foi verificado ao sul de SP – onde a região estava sob atuação pré-frontal – a advecção de ar quente associado ao escoamento de Noroeste (850 hPa), com magnitude superior a 12 m s^{-1} (Figura 1 a-b) transportando calor e umidade (Figura 1 c-d) sobre a região de Taquarituba e favorecendo a intensificação das tempestades. A amplificação do cavado frontal, entre o centro e norte da Argentina, sendo contornado pelo Jato Subtropical e pelo Jato Polar Norte combinando com a ampla circulação anticiclônica (Figura 1 e) em altitude (9°S;67°W), conforme observada em horários anteriores, gera difluência do escoamento e contribui para o movimento vertical ascendente (valores de -0.6 Pa s^{-1}) sobre a superfície (Figura 1 f). Assim, estas condições contribuem para formação de áreas de instabilidade na região.

No dia posterior a tempestade (23), entre 18 e 21 UTC observa-se a queda de temperatura nos baixos níveis da troposfera após a passagem do sistema frontal sobre a região sul de SP (Figura não mostrada aqui). Com a entrada da massa de ar fria e seca nos níveis médios (500 hPa) da atmosfera inibiu a formação de nuvens de profunda convecção sobre a região (Figura 3 d).

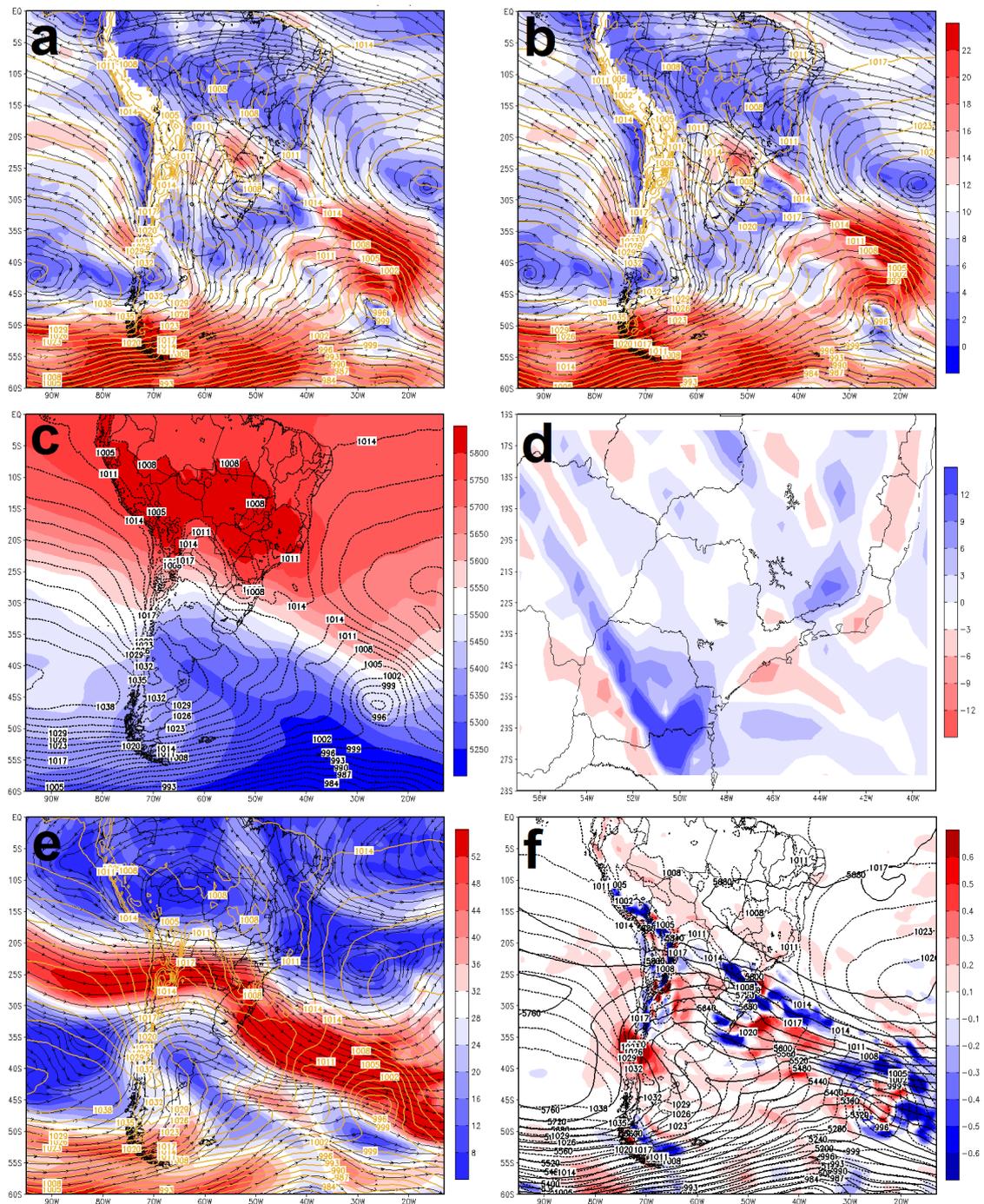


Figura 1. Campo de linha de corrente em 850 hPa, magnitude do vento (m s^{-1} , sombreado) e pressão ao nível médio do mar (contorno em laranja) em hPa às (a) 18 e (b) 21 UTC; (c) espessura da camada entre 500 e 1000 hPa (sombreado) e pressão ao nível médio do mar (pontilhado) em hPa às 18 UTC; convergência de umidade ($10^{-5} \text{ kg kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$) em 850 hPa às (d) 21 UTC; linha de corrente, magnitude do vento em (m s^{-1} , sombreado) em 250 hPa e pressão ao nível médio do mar (contorno em laranja) em hPa às (e) 18 UTC; ômega (Pa s^{-1} , sombreado), altura geopotencial (mcp, contorno) e pressão ao nível médio do mar (pontilhado) em hPa às (f) 21 UTC do dia 22/09/2013.

Diante disso, os resultados obtidos de ROL mostraram uma queda mais abrupta após a ocorrência da tempestade severa em Taquarituba. Na Figura 2 a-b, foi possível verificar no dia 21 às 19 UTC valores de aproximadamente 470 W m^{-2} de ROL, diminuindo para 460 W m^{-2} (19 UTC) no dia da ocorrência da tempestade (Figura 2 c-d) e para 430 W m^{-2} (19 UTC) no dia seguinte (Figura 2 e-f). Esse decréscimo nos valores de ROL está associado à diminuição da temperatura em superfície, devido à presença

de nebulosidade (Figura 3 a-d) e a posterior entrada de uma massa de ar polar sobre a região, conforme mencionado anteriormente. Por outro lado, uma atmosfera quente e úmida pode minimizar a perda de ROL da superfície.

Os fluxos de calor também apresentaram variações entre os dias 21 a 23. O fluxo de calor sensível apresentou valores entre -60 e -30 W m^{-2} (Figura 2 a) no dia anterior (21), se tornou mais negativo (de -60 à -90 W m^{-2}) no dia da tempestade (Figura 2 c) e subindo para 0 à -30 W m^{-2} no dia posterior (Figura 2 e). Os valores negativos indicam que a atmosfera cedeu energia à superfície – o que é comum para o horário; contudo, a variação entre os dias indica que a atmosfera estava mais energética que a superfície até o dia da tempestade, quando a diferença entre atmosfera e a superfície diminuiu. Com relação ao fluxo de calor latente, observa-se um pico acentuado no dia da tempestade, i.e., os valores aumentaram de aproximadamente 180 W m^{-2} (Figura 2 b) até atingir 240 W m^{-2} (Figura 2 d), diminuindo para valores em torno de 140 W m^{-2} no dia 23 (Figura f). Tais valores evidenciam a forte influência da nebulosidade associada a tempestade, como mostra a Figura 3 a-d, haja vista que fluxos de calor latente da superfície exercem papel importante no desenvolvimento de tempestades convectivas.

Na Figura 3 c, observa-se na imagem de satélite às 19:30UTC do dia 22 áreas de instabilidade sobre a região de Taquarituba, com topos de nuvens bastante frios (aproximadamente -60°C). Estima-se que o horário da passagem do tornado ocorreu por volta das 19:30UTC e 19:40UTC. Desta forma, estas imagens mostram que os valores de temperatura nos topos de nuvens são compatíveis com tempestades severas que podem gerar rajadas de ventos fortes, alta atividade elétrica, precipitação intensa, granizo e inclusive o tornado.

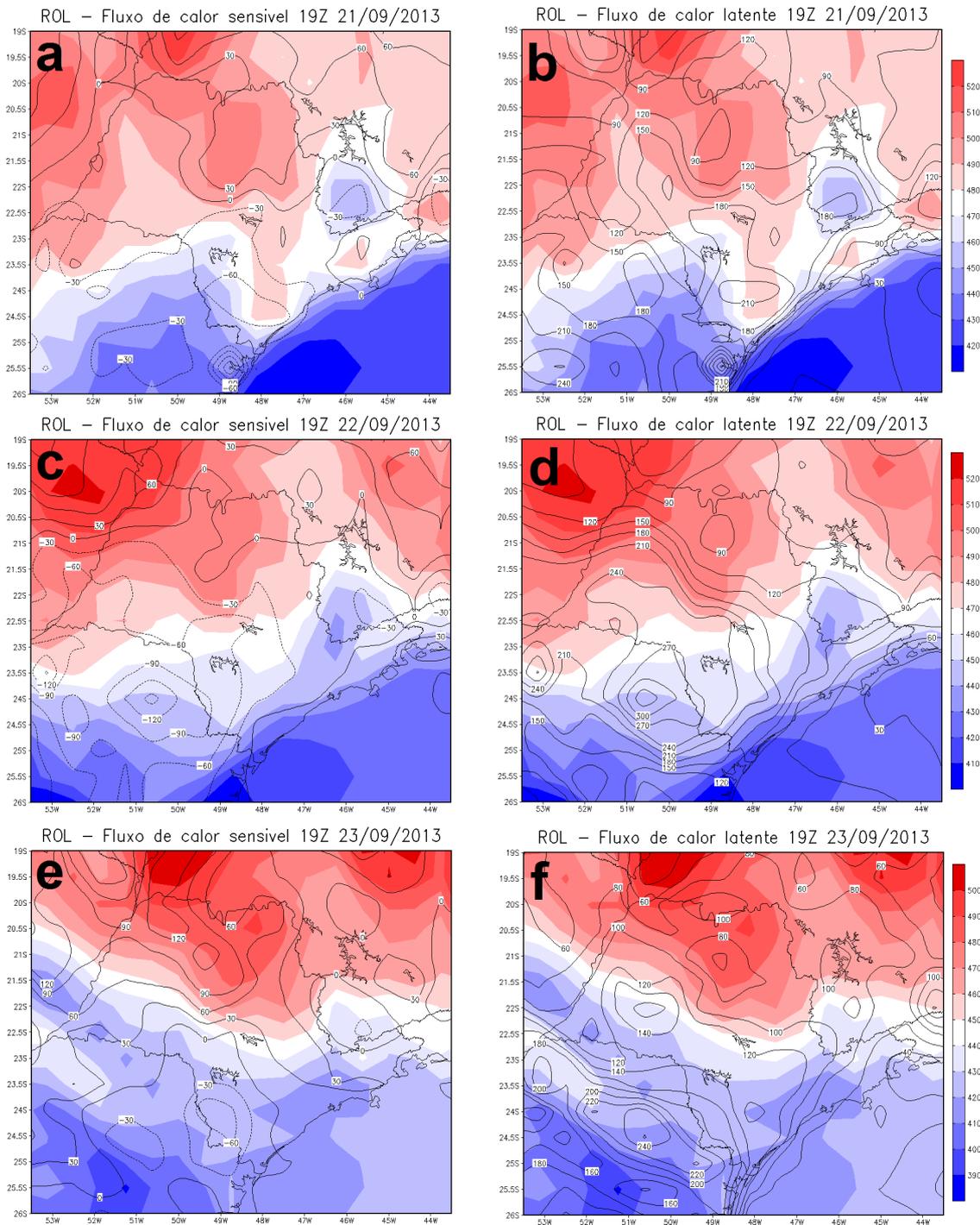


Figura 2. Campo de ROL (sombreado) e fluxo de calor sensível na superfície (a, c, e) e fluxo de calor latente na superfície (b, d, f) em $W m^{-2}$ (contorno) para os dias 21 (a, b), 22 (c, d) e 23 (e, f) às 19 UTC.

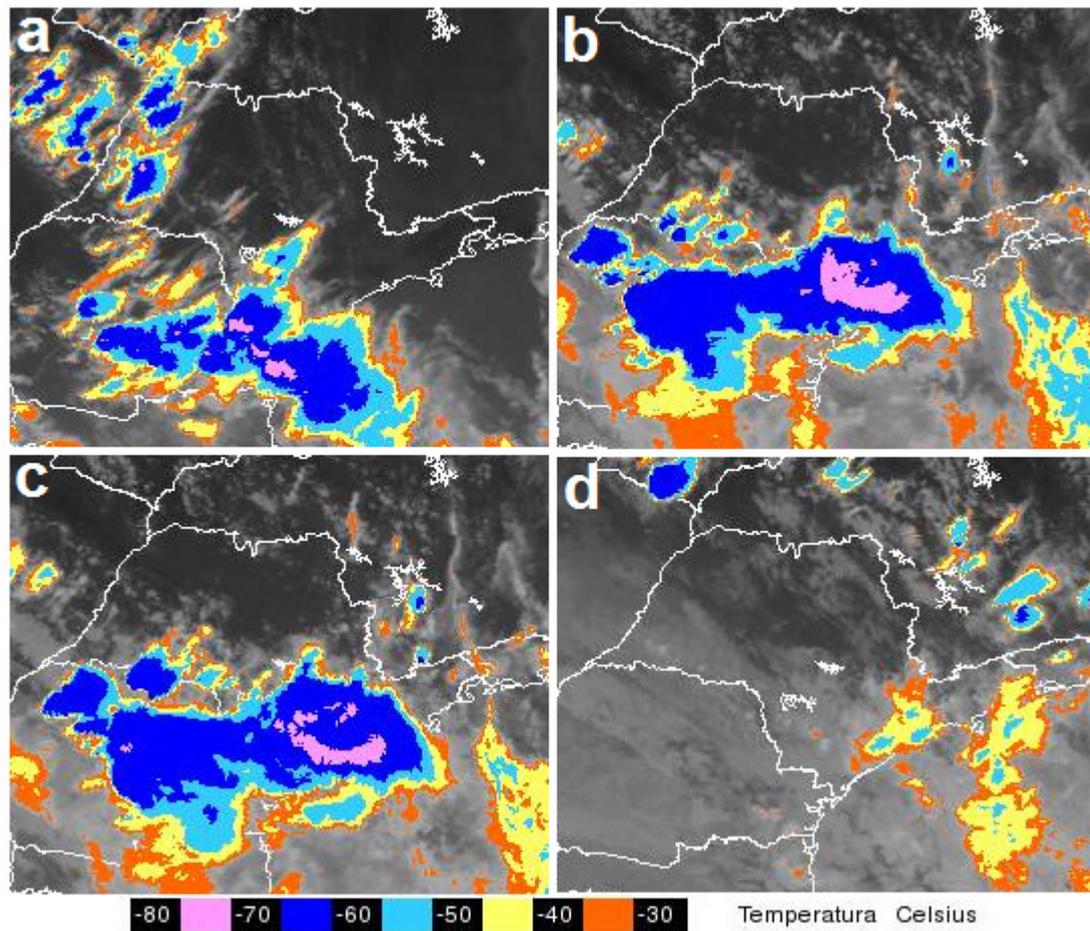


Figura 3. Imagens de satélite realçadas do canal infravermelho no dia: (a) 21/09/13 às 19UTC, (b) 22/09/13 às 19UTC, (c) 22/09/13 às 19:30UTC e (d) 23/09/13 às 19UTC.

Fonte: DSA/INPE, 2016.

4 | CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou uma análise das condições atmosféricas de grande escala, e a relação entre os fluxos de calor e ROL da superfície durante a passagem da tempestade severa que desencadeou um tornado em Taquarituba. As condições atmosféricas encontradas como a propagação do sistema frontal em superfície, o escoamento de Noroeste transportando calor e umidade em 850 hPa, a combinação entre o cavado frontal e a circulação anticiclônica em altitude tiveram papel fundamental para formação e intensificação da tempestade sobre a região.

Os valores de ROL também apresentaram relação com as condições atmosféricas observadas mostrando uma diminuição no dia anterior a tempestade para o dia da tempestade, vindo a cair mais abruptamente no dia seguinte – ressaltando que neste dia a região foi atingida pelo sistema frontal. O fluxo de calor sensível mostrou-se negativo durante os três dias estudado, o que é comum para o horário da análise, contudo, a magnitude foi decaindo, tornando-se quase nula no dia posterior a tempestade. Por outro lado, o fluxo de calor latente da superfície apresentou valores bem maiores no

dia da tempestade mostrando, como esperado, a forte relação desta variável com o desenvolvimento de instabilidades convectivas.

REFERÊNCIAS

ARRUDA, J.C. **Estudo do fechamento do balanço de energia pelo método de covariância de vórtices turbulentos em uma floresta de transição em Mato Grosso**. 2011. 135 f. Dissertação (Doutorado em Física Ambiental) - Universidade Federal de Mato Grosso, Mato Grosso, 2011.

BOSILOVICH, M. G.; LUCCHESI, R.; SUAREZ, M. **MERRA-2: File Specification**. GMAO Office Note No. 9 (Version 1.1), 2016, 73 p. Disponível em: <http://gmao.gsfc.nasa.gov/pubs/office_notes>. Acesso em: 15 ago. 2018.

DSA. **Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais**. Banco de Dados de Imagens. Disponível em: <<http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/goes.formulario.logic>>. Acesso em: 8 jul. 2016.

GLOSSÁRIO DE METEOROLOGIA. **Tornado**. Disponível em: <<http://glossary.ametsoc.org/wiki/Tornado>>. Acesso em: 15 ago. 2018.

HARTMANN, D. L. **Global Physical Climatology**. San Diego: Academic Press, 1994. 425 p.

PETTY, G. W. **A first course in atmospheric thermodynamics**. Madison: Sundog Publishing, 2008. 352 p.

POTTER, S. **Fine-Tuning Fujita: After 35 years, a new scale for rating tornadoes takes effect**. *Weatherwise*, v. 60, n. 2, p. 64-71, 2007.

SILVA DIAS, M. A. F. **An Increase in the Number of Tornado Reports in Brazil**. *Weather, Climate, and Society*, v. 3, n.3, p. 209–217, 2011.

SINPDEC. **Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil**. Relatórios. Disponível em: <<https://s2id.mi.gov.br/paginas/relatorios/>>. Acesso em: 16 ago. 2018.