

A produção do conhecimento nas Ciências Exatas e da Terra 3

6,0 Gt CO₂

1,5 Gt CO₂

Ingrid Aparecida Gomes
(Organizadora)



Atena
Editora
Ano 2019

Ingrid Aparecida Gomes

(Organizadora)

**A Produção do Conhecimento nas
Ciências Exatas e da Terra**

3

Atena Editora

2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Lorena Prestes e Geraldo Alves

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)

P964 A produção do conhecimento nas ciências exatas e da terra 3
[recurso eletrônico] / Organizadora Ingrid Aparecida Gomes. –
Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (A produção do
Conhecimento nas Ciências Exatas e da Terra; v. 3)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-240-1

DOI 10.22533/at.ed.401190404

1. Ciências exatas e da terra – Pesquisa – Brasil. I. Gomes,
Ingrid Aparecida. II. Série.

CDD 507

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

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

APRESENTAÇÃO

A obra “A produção do conhecimento nas Ciências Exatas e da Terra” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora, em seu III volume, apresenta, em seus 22 capítulos, discussões de diversas abordagens acerca do ensino e educação.

As Ciências Exatas e da Terra englobam, atualmente, alguns dos campos mais promissores em termos de pesquisas atuais. Estas ciências estudam as diversas relações existentes da Astronomia/Física; Biodiversidade; Ciências Biológicas; Ciência da Computação; Engenharias; Geociências; Matemática/ Probabilidade e Estatística e Química.

O conhecimento das mais diversas áreas possibilita o desenvolvimento das habilidades capazes de induzir mudanças de atitudes, resultando na construção de uma nova visão das relações do ser humano com o seu meio, e, portanto, gerando uma crescente demanda por profissionais atuantes nessas áreas.

A ideia moderna das Ciências Exatas e da Terra refere-se a um processo de avanço tecnológico, formulada no sentido positivo e natural, temporalmente progressivo e acumulativo, segue certas regras, etapas específicas e contínuas, de suposto caráter universal. Como se tem visto, a ideia não é só o termo descritivo de um processo e sim um artefato mensurador e normalizador de pesquisas.

Neste sentido, este volume é dedicado aos trabalhos relacionados a ensino e aprendizagem. A importância dos estudos dessa vertente, é notada no cerne da produção do conhecimento, tendo em vista o volume de artigos publicados. Nota-se também uma preocupação dos profissionais de áreas afins em contribuir para o desenvolvimento e disseminação do conhecimento.

Os organizadores da Atena Editora, agradecem especialmente os autores dos diversos capítulos apresentados, parabenizam a dedicação e esforço de cada um, os quais viabilizaram a construção dessa obra no viés da temática apresentada.

Por fim, desejamos que esta obra, fruto do esforço de muitos, seja seminal para todos que vierem a utilizá-la.

Ingrid Aparecida Gomes

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
O LUGAR DE NASCER: A SITUAÇÃO DE FORTALEZA EM RELAÇÃO A ESTRUTURA DE HUMANIZAÇÃO DO PARTO NORMAL	
<i>Ana Edméa Teixeira Elias</i> <i>Gláucia Barbosa Sobreira</i>	
DOI 10.22533/at.ed.401190401	
CAPÍTULO 2	10
SANGUE BOM: APLICATIVO MÓVEL PARA GERENCIAMENTO DE DOAÇÕES DE SANGUE	
<i>Renan Lamon Machado</i> <i>Luan Lamon Machado</i> <i>Susana Brunoro Costa de Oliveira</i> <i>Glaice Kelly da Silva Quirino Monfardini</i>	
DOI 10.22533/at.ed.401190402	
CAPÍTULO 3	17
ESTUDO SOROLÓGICO DO BOHV-1 E BVDV EM FÊMEAS BOVINAS LEITEIRAS JOVENS NA ZONA DA MATA RONDONIENSE	
<i>Caio Cezar da Silva</i> <i>Geraldo Francisco dos Santos Junior</i> <i>Evelyn Rabelo Andrade</i> <i>Jair Sábio de Oliveira Junior</i> <i>Amauri Alcindo Alfieri</i>	
DOI 10.22533/at.ed.401190403	
CAPÍTULO 4	19
FRACIONAMENTO E ANÁLISE ESPECTROSCÓPICA NO INFRAVERMELHO DE SUBSTÂNCIA HÚMICA PROVENIENTE DE MATERIAL DE COMPOSTAGEM	
<i>Ângelo Rafael Machado</i> <i>Joyce Cristina de Rezende</i> <i>Agnaldo Guilherme Novaes de Souza</i> <i>Vivian Machado Benassi</i> <i>Juan Pedro Bretas Roa</i>	
DOI 10.22533/at.ed.401190404	
CAPÍTULO 5	34
A SIMULAÇÃO DE INDICADORES DE PRODUTIVIDADE DA AVEIA A PARTIR DA DENSIDADE RECOMENDADA E AJUSTADA POR REGRESSÃO NA PROPOSIÇÃO DE MELHORIA DA INDICAÇÃO DE CULTIVO	
<i>Karla Kolling</i> <i>Denis Sidinei Rossi</i> <i>Luana Henrichsen</i> <i>Odenis Alessi</i> <i>Vanessa Pansera</i> <i>José Antonio Gonzalez da Silva</i>	
DOI 10.22533/at.ed.401190405	

CAPÍTULO 6 40

MODELAGEM MATEMÁTICA À INOVAÇÃO NA RECOMENDAÇÃO DE NITROGÊNIO NA BASE E COBERTURA À MELHORIA DE EFICIÊNCIA DE ABSORÇÃO DO NUTRIENTE NA PRODUTIVIDADE DA AVEIA

Dênis Sidinei Rossi

Karla Kolling

Luana Henrichsen

Adriana Roselia Kraisig

Douglas César Reginato

José Antonio Gonzalez da Silva

DOI 10.22533/at.ed.4011904046

CAPÍTULO 7 46

REAPROVEITAMENTO DA CASCA DO OVO PARA ELABORAÇÃO DE FARINHA

Caroline Dallacorte

Camila Scheffer de Quadros

Samara Moro Behling

DOI 10.22533/at.ed.4011904047

CAPÍTULO 8 56

RESÍDUOS MADEIREIROS GERADOS EM DUAS MARCENARIAS DA SERRA GAÚCHA

Márcia Keller Alves

Alexandre Gomes Ribeiro

DOI 10.22533/at.ed.4011904048

CAPÍTULO 9 63

VIABILIDADE DA UTILIZAÇÃO DE GRAUTE PRODUZIDO COM AGREGADOS RECICLADOS PARA O REFORÇO DE BLOCOS DE CONCRETO PARA ALVENARIA ESTRUTURAL

Luanna da Silva Diamantino

Edna Alves Oliveira

Jamile Salim Fuina

Luiz Antônio Melgaço Nunes Branco

DOI 10.22533/at.ed.4011904049

CAPÍTULO 10 82

UNIDADES DE CONSERVAÇÃO E DESMATAMENTO EM RONDÔNIA: UMA ANÁLISE DA RESERVA ESTADUAL EXTRATIVISTA – RESEX JACI-PARANÁ

Ravele da Silva Santana

Siane Cristhina Pedroso Guimarães Silva

Maria da Conceição Silva

Helen Rose Oliveira da Silva

Liliana Borges Oliveira

Alcione Gomes Botelho

DOI 10.22533/at.ed.40119040410

CAPÍTULO 11	95
PROTÓTIPO DE UMA PORTA DESLIZANTE COM O MICROCONTROLADOR ARDUINO APLICADO À DISCIPLINA ELEMENTOS DE AUTOMAÇÃO	
<i>Felipe José Serpa da Silva</i>	
<i>José Claudenio da Silva</i>	
<i>César Vinicius Mota da Silva</i>	
DOI 10.22533/at.ed.40119040411	
CAPÍTULO 12	103
CARTOGRAFIA E ICONOGRAFIA ANTIGAS NO PROCESSO EVOLUTIVO DAS TORRES MILITARES, CIVIS E RELIGIOSAS NA CIDADE DE ÉVORA - PORTUGAL	
<i>Maria do Céu Simões Tereno</i>	
<i>Maria Filomena Mourato Monteiro</i>	
<i>Marizia Clara de Menezes Dias Pereira</i>	
DOI 10.22533/at.ed.40119040412	
CAPÍTULO 13	119
ESFERA DE BLOCH: INTERAÇÃO ENTRE TRENS DE PULSOS E SISTEMAS ATÔMICOS	
<i>Ronaldo Adriano do Nascimento Rodrigues</i>	
<i>Marco Polo Moreno de Souza</i>	
DOI 10.22533/at.ed.40119040413	
CAPÍTULO 14	133
ESTUDO DO GELO DE METANOL BOMBARDEADO POR AGENTES IONIZANTES EM AMBIENTES ASTROFÍSICOS SIMULADOS EM LABORATÓRIO	
<i>Fabricio Moreira Freitas</i>	
<i>Sergio Pilling Guapyassu de Oliveira</i>	
DOI 10.22533/at.ed.40119040414	
CAPÍTULO 15	144
POTENCIAL DE INIBIÇÃO DE CORROSÃO DO EXTRATO ETANÓLICO DOS FRUTOS DE <i>Azadirachta indica</i> A. Juss (NIM, MELIACEAE)	
<i>Francisco Idelbrando Lima Rodrigues</i>	
<i>José Eduardo da Silva</i>	
<i>Francisco Lucas Alves Batista</i>	
<i>Franciglauber Silva Bezerra</i>	
<i>Luisa Célia Melo</i>	
<i>Francisco Ernani Alves Magalhães</i>	
<i>Francisco André Andrade de Aguiar</i>	
DOI 10.22533/at.ed.40119040415	
CAPÍTULO 16	152
PROPOSTA AVALIATIVA EM QUÍMICA GERAL A PARTIR DO ASSUNTO OLIMPÍADAS	
<i>Veronica de Melo Sacramento</i>	
<i>Gliciane Ramos Azevedo Oliveira</i>	
<i>Jessyka Mylleny Soares</i>	
<i>Anne Caroline Oliveira Araújo</i>	
<i>Melquisedeque Seixas Neves</i>	
<i>Renato Lucas Vieira Magalhães</i>	
<i>Matheus Filipe Ramos Souza</i>	
DOI 10.22533/at.ed.40119040416	

CAPÍTULO 17	160
UMA ABORDAGEM BASEADA EM WEBSOCKET PARA COMUNICAÇÃO EM TEMPO REAL NO GENEMAISLAB	
<i>Eliseu Germano</i>	
<i>Marcelo Gonçalves Narciso</i>	
<i>Edgard Henrique dos Santos</i>	
DOI 10.22533/at.ed.40119040417	
CAPÍTULO 18	170
UMA PRÁTICA DE DETERMINAÇÃO DA CONSTANTE SOLAR	
<i>Alessandro Chicarelli Pereira</i>	
<i>Lev Vertchenko</i>	
DOI 10.22533/at.ed.40119040418	
CAPÍTULO 19	180
RELAÇÃO ENTRE VÓRTICES CICLÔNICOS DE ALTOS NÍVEIS E FORMAÇÃO DE DUTOS ATMOSFÉRICOS DE SUPERFÍCIE NA ÁREA DO AEROPORTO DE PETROLINA PE	
<i>Magaly de Fatima Correia</i>	
<i>André Gomes Penaforte</i>	
<i>Maria Regina da Silva Aragão</i>	
DOI 10.22533/at.ed.40119040419	
CAPÍTULO 20	195
PROPOSTA DE UTILIZAÇÃO DE UM SISTEMA DE CONTROLE PARA MANGUEIRAS HIDRÁULICAS DOS VEÍCULOS COMPACTADORES DE RESÍDUOS SÓLIDOS	
<i>Francisco Igo Felix Gomes</i>	
<i>João Marcelo Carneiro</i>	
<i>Jully Amanda de Oliveira Ramos</i>	
<i>Lorena de Freitas Cavalcante</i>	
<i>Monaliza Sousa de Assis</i>	
DOI 10.22533/at.ed.40119040420	
CAPÍTULO 21	202
RECURSOS HÍDRICOS DA CIDADE DE ÉVORA: (RE)INTERPRETAÇÃO DE ALGUMA CARTOGRAFIA E ICONOGRAFIA HISTÓRICAS DA CIDADE	
<i>Maria Filomena Mourato Monteiro</i>	
<i>Maria do Céu Simões Tereno</i>	
<i>Marizia Clara de Menezes Dias Pereira</i>	
DOI 10.22533/at.ed.40119040421	
CAPÍTULO 22	219
SELEÇÃO DE INDICADORES ASSOCIADOS À AVALIAÇÃO DE SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	
<i>Danielle Agnes M. dos Santos</i>	
<i>Fernando Jorge C. M. Filho</i>	
DOI 10.22533/at.ed.40119040422	
SOBRE A ORGANIZADORA	242

RELAÇÃO ENTRE VÓRTICES CICLÔNICOS DE ALTOS NÍVEIS E FORMAÇÃO DE DUTOS ATMOSFÉRICOS DE SUPERFÍCIE NA ÁREA DO AEROPORTO DE PETROLINA PE

Magaly de Fatima Correia

Universidade Federal de Campina Grande
Centro de Tecnologia e Recursos Naturais
Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas
Campina Grande Paraíba

André Gomes Penaforte

Universidade Federal de Campina Grande
Centro de Tecnologia e Recursos Naturais
Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas
Campina Grande Paraíba

Maria Regina da Silva Aragão

Universidade Federal de Campina Grande
Centro de Tecnologia e Recursos Naturais
Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas
Campina Grande Paraíba

RESUMO: O desenvolvimento desta pesquisa teve como objetivo avaliar a influência de vórtices ciclônicos de altos níveis (VCAN) na distribuição vertical do vapor d'água, mudanças no padrão de refração atmosférica e na formação de dutos atmosféricos na região de Petrolina-PE. A estratificação vertical do vapor d'água e a precipitação pluvial desempenham papel fundamental em atenuações significativas e podem impactar diretamente a qualidade dos sinais radioelétricos.

Dentro desta perspectiva, dados de ar superior provenientes de sondagens realizadas em Petrolina, e de observações realizadas em

estações meteorológicas de superfície foram utilizados para avaliar como perturbações atmosféricas em diferentes escalas, modificam a estrutura termodinâmica e dinâmica da atmosfera. Os resultados mostram que não existe uma relação do tipo causa-efeito entre a frequência de dutos de superfície e a posição geográfica do VCAN. O número elevado de dutos de superfície registrados no mês de janeiro de 2001 e 2007 na área do aeroporto de Petrolina resultou da ação conjunta de processos atmosféricos locais e sistemas meteorológicos de grande escala.

PALAVRAS-CHAVE: Vórtices ciclônicos de altos níveis, refração atmosférica, dutos de superfície

RELATIONSHIP BETWEEN UPPER LEVEL CYCLONIC VORTICES AND FORMATION OF SURFACE ATMOSPHERIC DUCTS IN THE AREA OF THE PETROLINA-PE AIRPORT

ABSTRACT: The objective in developing this research was to evaluate the influence of upper level cyclonic vortices (ULCV) on the: water vapour vertical distribution, changes on the atmospheric refraction pattern and formation of atmospheric ducts, in the region of Petrolina-PE. The water vapour vertical distribution and rainfall play a major role in significant attenuations and

may directly impact the quality of radioelectric signals. Under this perspective, data of upper air soundings made in Petrolina and of surface meteorological stations were used to evaluate the manner in which atmospheric perturbations at various scales modify the atmospheric thermodynamic and dynamic structure. The results show that there is no direct cause-effect relationship between the frequency of surface ducts and the ULCV geographic location. The high number of surface ducts registered in January 2001 and 2007 in the Petrolina airport area was a result of the combined action of local atmospheric processes and large scale meteorological systems.

KEYWORDS: Upper level cyclonic vortices, atmospheric refraction, surface ducts

1 | INTRODUÇÃO

Atualmente a rotina da vida moderna é inconcebível sem uma boa rede de telecomunicações. Com o avanço da tecnologia é possível a troca de informações de forma rápida independentemente do meio de comunicação (rádio, televisão, celular, internet, satélite, radares meteorológicos). No entanto, é primordial evoluir e aprimorar os conhecimentos acerca não apenas dos equipamentos eletrônicos, mas também sobre mecanismos relacionados a propagação de ondas eletromagnéticas que permitam o uso de técnicas capazes de diminuir ou eliminar atenuações e/ou perdas de sinais radielétricos.

A modernização das telecomunicações é de fato importante tanto socialmente quanto do ponto de vista econômico. Nos setores de gestão de atividades aeroportuárias incluindo segurança dos voos, a eficiência na comunicação entre a torre de controle e o piloto, é determinante no planejamento de rotas de voo, alertas de condições adversas de tempo, e definição de períodos de embarques e desembarques. Atrasos ou perdas de sinais radioelétricos podem ser decorrentes de mudanças no padrão do índice de refração atmosférica associadas com variações na distribuição vertical do vapor de água, pressão e temperatura do ar.

A troca de calor e umidade entre a superfície terrestre e o ar vizinho, modifica a estratificação térmica das camadas mais baixas da atmosfera. Esse processo leva a uma atmosfera com diferentes características refrativas e pode favorecer a formação de dutos, camadas de sub-refração e de super-refração. Mudanças antrópicas tais como agricultura, urbanização e construção de Usinas Hidrelétricas estão entre as principais causas de variações na transferência de água e energia entre a superfície e a atmosfera.

Em latitudes altas as inversões de temperatura representam o principal mecanismo de formação de dutos atmosféricos. Já nas latitudes tropicais as inversões térmicas geralmente não são suficientemente intensas para gerar condições necessárias para formação de dutos a não ser quando associadas à estratificação da umidade na vertical (BEAN & DUTTON, 1968; AMORIM et. al., 1998, PATEL, 2001; CHAVES FILHO, et. al., 2013; KAISSASSOU, et. al., 2015).

Entre os principais sistemas meteorológicos que influenciam o tempo na região Nordeste do Brasil (NEB) e podem alterar de forma substancial a distribuição vertical da temperatura e do vapor d'água, estão os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN). Vários estudos destacam aspectos relevantes da dinâmica e termodinâmica da atmosfera em períodos de atuação dos VCAN (SILVA ARAGÃO et. al., 2000; SILVA ARAGÃO, et al., 2007). Portanto, monitorar variações do gradiente vertical da refratividade e conseqüentemente o desenvolvimento de dutos de superfície é importante no controle da qualidade de informações provenientes de sistemas radioelétricos fundamentais em operações de pousos e decolagens em condições adversas de tempo.

2 | MATERIAS E METÓDOS

2.1 Área de Estudo

A cidade de Petrolina-PE está inserida no semiárido brasileiro e engloba um dos polos agroindustriais mais importantes do Brasil. A localização geográfica da área de estudo é apresentada na Figura 1. Com a construção do reservatório de Sobradinho no início da década de 80, pela CHESF (companhia hidrelétrica do rio São Francisco) a região passou por grandes modificações ambientais. O crescimento urbano e a expansão agrícola em áreas do bioma caatinga estão entre as principais mudanças na cobertura e uso da terra.

O surgimento de vários perímetros de irrigação no entorno da Usina Hidrelétrica de Sobradinho, alterou substancialmente o balanço de energia em superfície em virtude da substituição da vegetação nativa (caatinga) por agricultura irrigada (CORREIA, 2001; CORREIA et al., 2006). Essa mudança culminou com a expansão do agronegócio e o crescimento econômico e social da região.

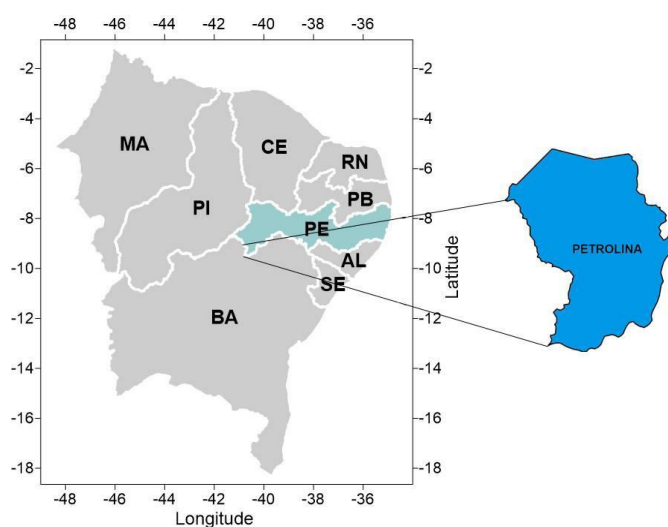


Figura 1. Localização geográfica da cidade de Petrolina PE.

2.2 Dados

O principal conjunto de dados utilizados nas análises apresentadas neste trabalho é constituído por:

- Dados diários de ar superior provenientes de sondagens atmosféricas realizadas em Petrolina-PE (09° 38'S –40° 48'W; 370,0 m) às 12 UTC, no período de 2000 até 2014; disponíveis no site da Universidade de Wyoming – EUA <<http://weather.uwyo.edu>>;
- Imagens do satélite GOES no canal infravermelho, disponíveis no site do CPTEC <<http://clima1.cptec.inpe.br/>>;
- Boletins de Monitoramento e Análise Climática (CLIMANÁLISE) disponíveis no site do CPTEC (Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos);
- Dados de superfície provenientes da estação automática do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia).

2.3 Metodologia

Para atingir os objetivos propostos neste estudo as análises foram concentradas no mês de janeiro, período de maior atuação de vórtices ciclônicos de superfície (VCAN) na região Nordeste. Enfoque especial foi dado aos anos com maior frequência de dutos em superfície.

2.3.1 Estatística de dutos atmosféricos

A detecção e estimativa da frequência de formação de dutos atmosféricos foram feitas com base na construção de perfis verticais do índice de refração modificado (M) obtido pela Equação 1.

$$M = N + 0,157Z \quad (1)$$

Em que,
N é a refratividade;
Z é a altura (m).

A relação entre as variáveis meteorológicas e a refratividade N é dada pela equação 2.

$$\begin{aligned} N &= 10^6(n - 1) = N_s + N_u = 77,6 \frac{P}{T} + 3,73 \times 10^5 \frac{e}{T^2} \\ &= 10^6(n - 1) = N_s + N_u = 77,6 \frac{P}{T} + 3,73 \times 10^5 \frac{e}{T^2} \quad (2) \end{aligned}$$

Em que,

$$N_s = \frac{77,6}{T} P; \text{ é o termo seco da refratividade;}$$

$$N_U = (3,73 \times 10^5) \frac{e}{T^2}; \text{ é o termo úmido da refratividade;}$$

P é a pressão atmosférica (mb);

T é a temperatura atmosférica (K);

A pressão atmosférica (P) foi determinada a partir da equação 3.

$$P \cong \frac{e0,622}{r} \times 10^3 \quad (3)$$

Em que,

$$r = 622 \frac{e}{(P - e)} \text{ é a razão de mistura em (g/kg);}$$

e, é a pressão de vapor (mb) e;

$$e_s(T) = 6,11 \times \exp\left[\frac{(17,67T)}{(T + 243,5)}\right] \text{ é a pressão de vapor de saturação (mb).}$$

$$UR = \frac{e}{e_s(T)} \text{ é a umidade relativa;}$$

2.3.2 Condições de propagação

Quatro regimes de refração são considerados:

1. Condições de Sub-refração: quando $dN/dZ > 0$; nestes casos, as ondas são desviadas para cima da trajetória original, diminuindo, assim, o alcance máximo da propagação;
2. Condições de Refração Normal: quando, $-79 < dN/dZ < 0$. Nesta situação, as ondas podem sofrer uma pequena mudança na direção inicial, acompanhando a curvatura da Terra e aumentando o alcance das ondas eletromagnéticas em relação ao horizonte geográfico;
3. Super-refração: este tipo de condição ocorre quando $-157 < dN/dZ < -79$. Nestes casos, a curvatura da trajetória aumenta para baixo, ou seja, o feixe é desviado na direção da superfície terrestre;
4. Recepção (Dutos): condição atmosférica em que uma determinada camada pode aprisionar ondas radioelétricas em propagação. Ocorre quando $dN/dZ < -157$. Nestes casos, a super-refração é tão intensa que a onda eletromagnética fica oscilando dentro de uma mesma camada. O esquema apresentado na Figura 2 ilustra os diferentes regimes de refração atmosférica.

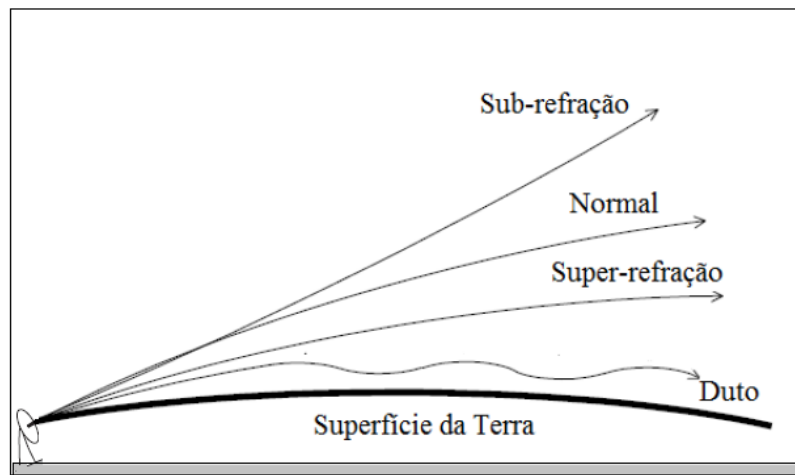


Figura 2. Regimes de refração atmosférica. Fonte: Modificado de Turton (1988)

2.3.3 Aspectos climáticos, posicionamento geográfico do VCAN e relação com a frequência de dutos em superfície

A estrutura dinâmica dos Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN) consiste numa circulação ciclônica fechada, de escala sinótica, cujo centro é mais frio que sua periferia. Geralmente, são observados no período da primavera, verão e outono com maior frequência no mês de janeiro.

No processo de evolução do VCAN o sistema pode em alguns casos se deslocar de maneira relativamente rápida. Com o propósito de avaliar a influência do posicionamento geográfico do sistema na formação de dutos em superfície procurou-se dividir o número de casos de VCAN que atuaram na região de estudo em dois grupos: situações cujo centro do sistema se encontrava no oceano atlântico, ao norte da latitude de 20° S e ocorrências cujo centro do sistema estava posicionado no continente também situados ao norte da latitude de 20° S. Mapas de trajetórias do centro do VCAN disponibilizados no site do CPTEC (Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos) foram utilizados como principal ferramenta de análise.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Estatística

O número de ocorrências de camadas atmosféricas com gradientes de refratividade anômalos no mês de janeiro, detectado no período de 2000 e 2014 é apresentado na tabela 1.

Condições Anômalas	Dutos de Superfície	Dutos Elevados	Sub-refração	Super-refração
2000	2	8	24	50
2001	14	13	26	45
2002	0	0	5	7

2003	0	9	22	55
2004	8	7	14	12
2005	6	5	20	39
2006	3	2	4	5
2007	15	17	28	57
2008	2	30	55	47
2009	3	29	45	44
2010	1	11	36	27
2011	2	15	49	54
2012	6	16	46	44
2013	3	19	31	48
2014	2	60	67	89
Total	67	241	473	623

Tabela 1. Distribuição das ocorrências das camadas atmosféricas com gradientes anômalos de refratividade.

Verifica-se uma alta variabilidade no registro de dutos atmosféricos elevados e de superfície. De um total de 367 dias com observações diárias de dados de ar superior, realizadas às 12 UTC, foram detectados 473 casos de sub-refração, 623 de super-refração, 241 registros de dutos elevados e 67 dutos de superfície.

3.2 Dutos de Superfície

A frequência de dias com registros de dutos de superfície (DS) no mês de janeiro, com e sem atuação de VCAN (vórtice ciclônico de altos níveis) no período de 2000 a 2014, é apresentada no Quadro 1. Conforme mencionado na metodologia, em dias com registros de atuação de VCAN, foram considerados apenas os casos em que o sistema se encontrava acima da latitude de 20° S.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
1					DSC			DSO						DSC	
2		DSC		DSO	DSC		DSS								
3					DSC		DSO	DSO						DSC	
4	DSO	DSC			DSO		DSO	DSO							
5								DSO		DSO					DSC
6													DSO		
7		DSS		DSO		DSC		DSO					DSO		
8					DSS								DSO	DSC	
9															
10	DSO							DSO					DSS		
11						DSO		DSO	DSO				DSS		
12		DSC			DSS										
13		DSC			DSS										
14															
15		DSC							DSO						
16		DSC				DSS									
17		DSC													
18		DSC						DSO							
19		DSC			DSS			DSO							
20															
21					DSS					DSS					
22								DSC							DSO
23		DSC													
24				DSO		DSO									
25		DSC													
26		DSC						DSO							
27				DSO		DSO		DSO							
28		DSO						DSO							
29										DSO			DSO		
30								DSO		DSC					
31				DSO		DSO		DSO							

Quadro 1. Ocorrência de dutos de superfície (DS) classificados de acordo com a posição geográfica do centro do vórtice ciclônico de altos níveis (VCAN). As siglas DSO e DSC indicam que o centro do VCAN estava em média situado no oceano ou no continente respectivamente. A sigla DSS indica dias com registro de duto de superfície sem atuação de VCAN.

A estimativa foi feita de acordo com o posicionamento geográfico do centro do sistema. Observa-se que 55% das ocorrências de DS se formaram em condições atmosféricas sob a influência de VCAN cujo centro se posicionou predominantemente no Oceano Atlântico. Esses dutos são identificados na tabela com a sigla DSO.

Em 30% dos casos, os DS se formaram em situações nas quais os VCANs se encontravam centrados no continente. Esses casos são identificados com a sigla DSC. Também foi possível verificar que em torno de 26 % dos casos os DS se formaram em dias sem registros de atuação de VCAN. Essas ocorrências são identificadas com a sigla DSS.

Quando considerado todo o período analisado os anos de 2001 e 2007 se destacam nitidamente pelo número significativo de dias com dutos de superfície. No ano de 2001, os VCAN se posicionaram predominantemente sobre o continente enquanto que em 2007 os sistemas em sua maioria atuaram com o centro sobre o oceano atlântico. Esse resultado é mais evidente no histograma apresentado na Figura

3. O ano de 2004 se destaca por apresentar o maior número de casos de formação de DS sem registros de VCAN.

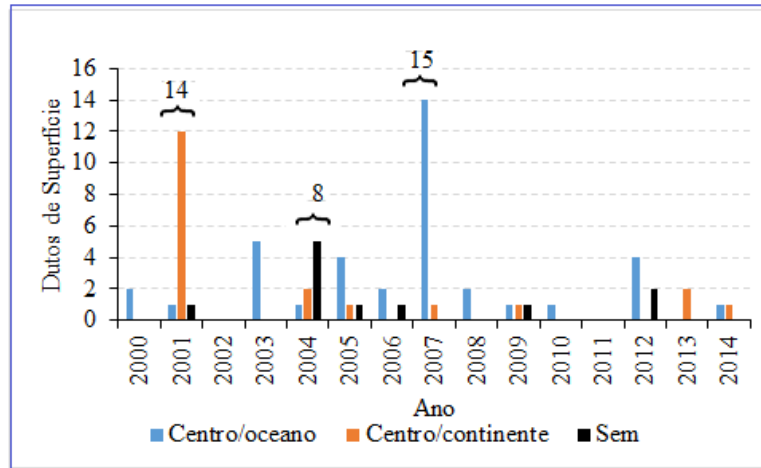


Figura 3. Ocorrência de dutos de superfície no período de 2000 a 2014.

3.3 Variações no Regime pluviométrico

Os histogramas apresentados na Figura 4 permitem uma comparação entre o total mensal de precipitação nos anos de 2001, 2004 e 2007 e a média climatológica em Petrolina (PE).

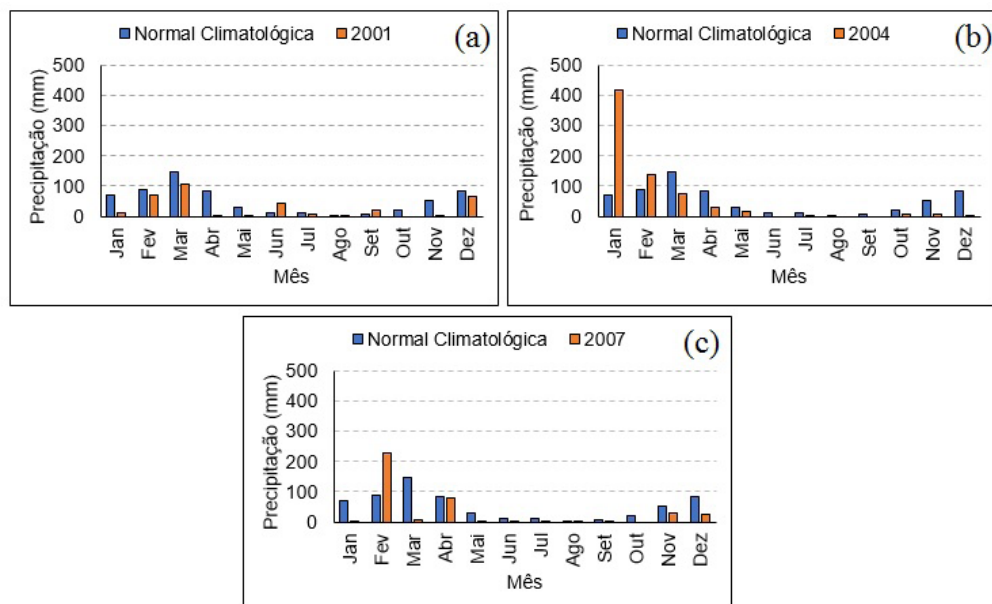


Figura 4 Média mensal climatológica e total mensal de precipitação em Petrolina (PE) em 2001 (a), 2004 (b) e 2007 (c).

A trajetória dos vórtices ciclônicos de altos níveis (VCAN) no decorrer do mês de janeiro de 2001 e imagens do satélite GOES 8 no canal infravermelho dos dias 13 e 19 de janeiro de 2001 são apresentadas na Figura 5. O círculo na cor vermelha destaca a localização da área de estudo. As setas na cor vermelha que aparecem no mapa das trajetórias indicam a posição média do centro do VCAN nos dias 13 e 19 de

janeiro. Uma descrição detalhada sobre o método de elaboração dos mapas com o posicionamento dos centros do VCAN pode ser encontrada em Coutinho (2008).

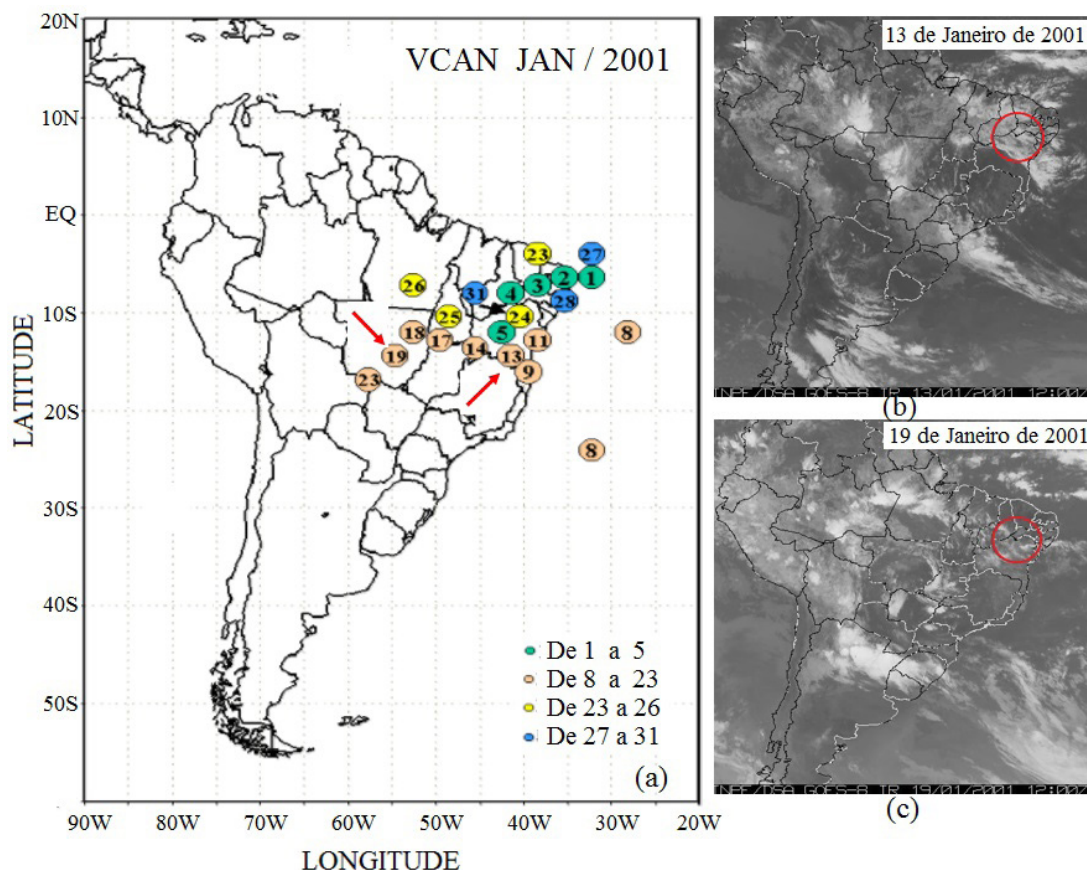


Figura 5. Trajetória dos vórtices ciclônicos de altos níveis em janeiro de 2001 (a) e imagens do satélite GOES 8 as 12 UTC dos dias 13/01/2001 (b) e 19/01/2001 (c). Fonte: CPTEC/INPE. Disponível em <<https://www.cptec.inpe.br/>>. Acesso em 09 nov. 2018.

Embora o centro do sistema, nas duas situações, esteja posicionado no continente a organização e características das nuvens diferem bastante no horário das 12:00 UTC. Observa-se na imagem do dia 13 de janeiro de 2001 (Fig. 5.b) uma intensa atividade convectiva na região de Petrolina (delimitada com o círculo na cor vermelha). No dia 19 de janeiro as 12 UTC (Fig. 5c), poucas nuvens são observadas.

Perfis verticais do índice de refração modificado (M), da razão de mistura (g/kg) e das temperaturas do ar e do ponto de orvalho obtidos com dados dos dias 13 e 19 de janeiro as 12:00 UTC são apresentados na Figura 6.

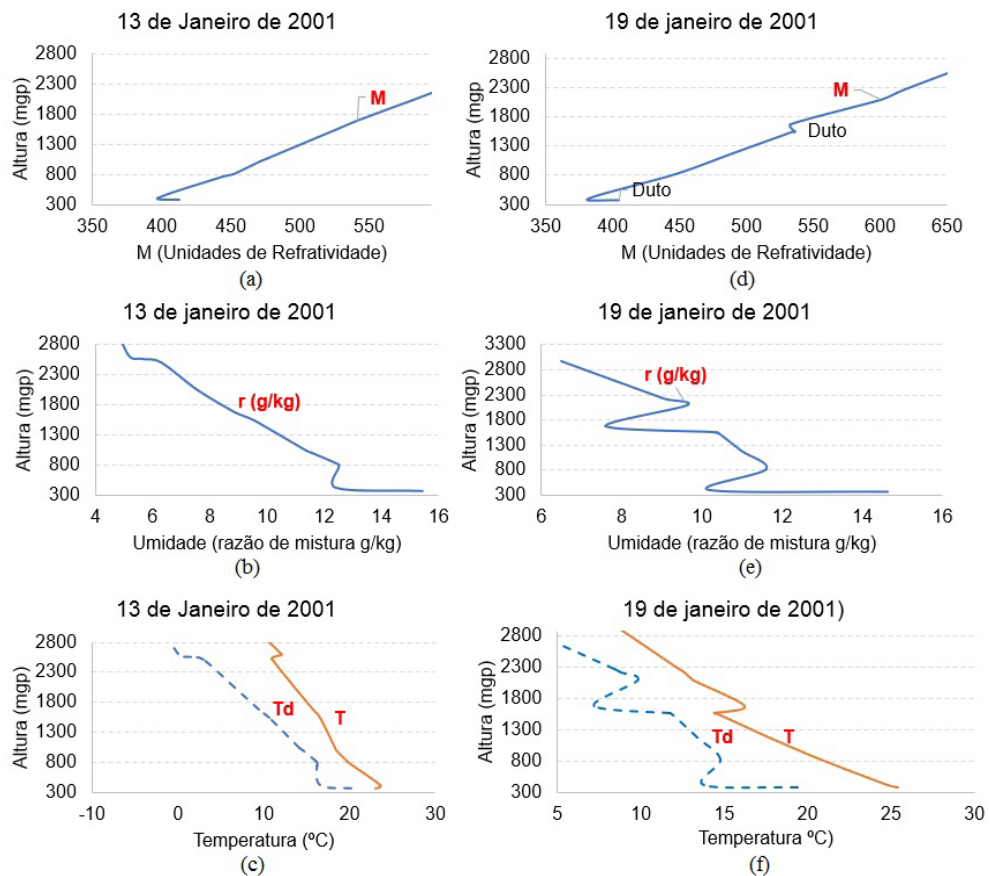


Figura 6. Perfis verticais do índice de refração modificado, da razão de mistura e das temperaturas do ar e do ponto de orvalho as 12 UTC, para: 13 de janeiro de 2001 (a,b,c) e 19 de janeiro de 2001 (d,e,f).

A queda abrupta do índice de refração modificado com altura ($dM/dZ < 0$) na camada mais baixa da atmosfera indica a presença do duto de superfície (DS). Esse é um comportamento observado nos dois casos analisados (Fig. 6a e Fig. 6d).

Comportamento semelhante é verificado nos perfis da razão de mistura e da temperatura do ponto de orvalho. Esse resultado indica uma forte redução na umidade atmosférica na camada entre a superfície e topo da camada do DS. No entanto, nota-se uma diferença significativa entre os dois casos, na estrutura termodinâmica da camada limite atmosférica.

Um duto elevado caracterizado pela queda no valor de M no nível de 1560 mgp é observado no dia 19 de janeiro de 2001 (Fig. 6d). A formação deste duto é associada com a inversão de subsidência caracterizada pelo afastamento brusco entre as curvas da temperatura e temperatura do ponto de orvalho.

Esse resultado indica que a subsidência na área do centro VCAN, parece ter maior influência sobre o duto elevado. Resultado semelhante foi encontrado por Chaves Filho, et. al., (2013) em um estudo sobre formação de dutos atmosféricos no semiárido brasileiro.

A trajetória dos vórtices ciclônicos de altos níveis no decorrer do mês de janeiro de 2007 e imagens do satélite GOES 12 no canal infravermelho dos dias 26 e 31 de

janeiro de 2007 são apresentadas na Figura 7. O círculo na cor vermelha destaca a localização da área de estudo. No mapa das trajetórias do VCAN as setas na cor vermelha indicam a posição média do centro do sistema nos dias 26 e 31 de janeiro de 2007.

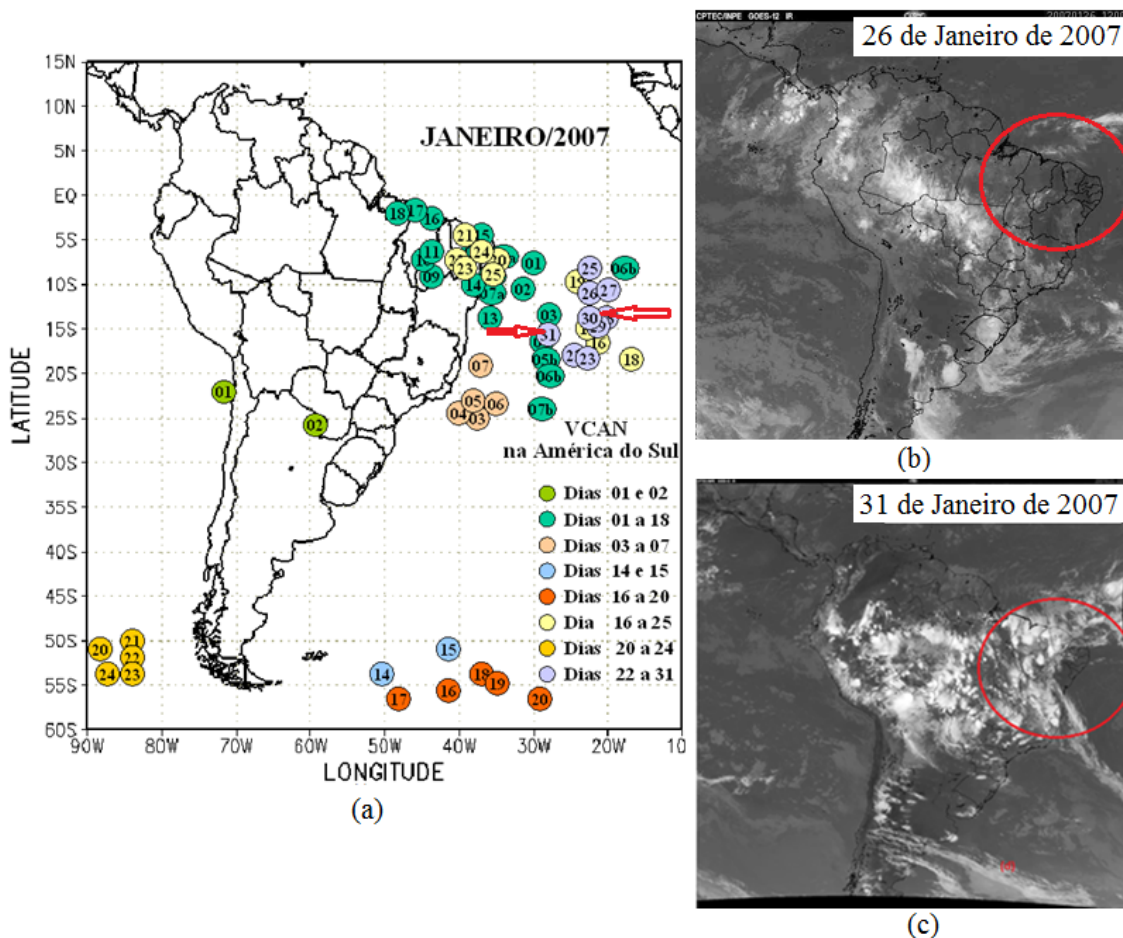


Figura 7. Trajetória dos vórtices ciclônicos de altos níveis em janeiro de 2007 (a) e imagens do satélite GOES 12 as 12 UTC dos dias 26/01/2007 (b) e 31/01/2007 (c). Fonte: CPTEC/INPE. Disponível em <<https://www.cptec.inpe.br/>>. Acesso em 09 nov. 2018.

A organização típica da nebulosidade em forma de arco é visível na imagem do dia 31 de janeiro de 2007 (Fig. 7c). Nota-se que a atividade convectiva nesse dia foi bem mais intensa do que a observada no dia 26 de janeiro de 2007 em que a subsidência associada ao centro do VCAN contribuiu para impedir o desenvolvimento das nuvens (Fig. 7b).

Análise das duas imagens também permite observar que houve um deslocamento do VCAN para o interior do continente. O aumento evidente da atividade convectiva na área de estudo é um dos efeitos desse deslocamento também perceptível no mapa das trajetórias do VCAN (Fig. 7a).

Perfis verticais do índice de refração modificado (M), da razão de mistura (g/kg) e das temperaturas do ar e do ponto de orvalho elaborados para os dias 26 e 31 de janeiro de 2007 as 12:00 UTC são apresentados na Figura 8.

A queda brusca de M ($dM/dZ < 0$) observada nos perfis verticais do índice de

refração modificado, indica a formação do DS nos dias 26 (Fig. 8a) e 31 de janeiro (Fig. 8d). Esse resultado evidencia que o posicionamento geográfico do VCAN não representa o fator preponderante no desenvolvimento do fenômeno.

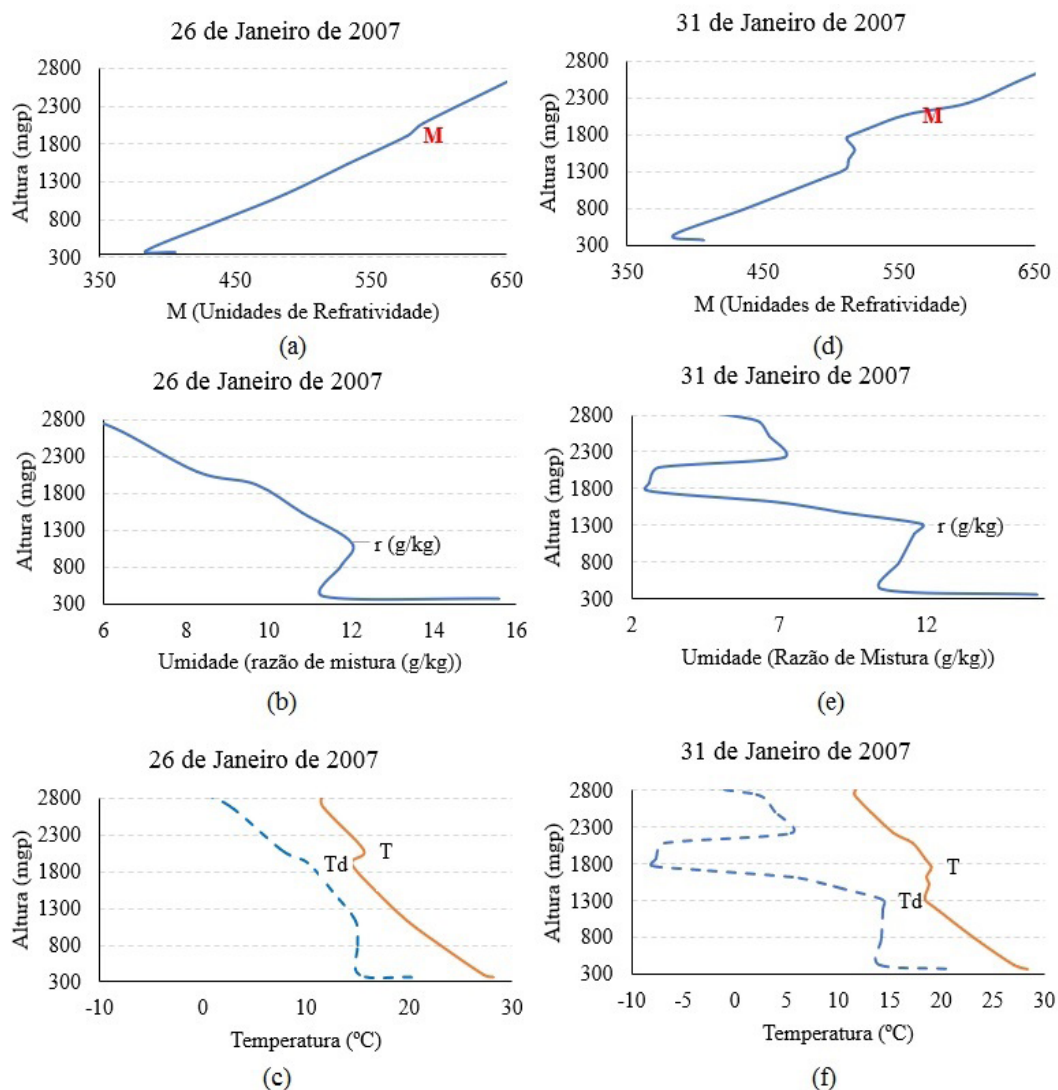


Figura 8. Perfis verticais do índice de refração modificado, da razão de mistura e das temperaturas do ar e do ponto de orvalho as 12 UTC para: 26 de janeiro de 2007 (a,b,c) e 31 de janeiro de 2007 (d,e,f).

Por outro lado, a exemplo do que aconteceu nas análises apresentadas para o ano de 2001, um duto elevado é observado no perfil de M, em aproximadamente 1619 m, (Fig. 8d). Esse nível também coincide com uma camada de inversão de subsidência caracterizada simultaneamente por um aumento na temperatura do ar ($dT/dZ > 0$) e uma queda acentuada na razão de mistura ($dr/dZ < 0$) Fig. 8f).

Esse resultado é mais um indicativo de que o posicionamento do centro do VCAN pode ter uma relação maior com a formação de dutos elevados.

4 | CONCLUSÃO

As análises desenvolvidas neste trabalho permitiram concluir que:

Mudanças nos gradientes verticais de temperatura e umidade provocadas pela atuação de vórtices ciclônicos de altos níveis (VCAN) na região Nordeste do Brasil (acima de 20° S) aumenta a probabilidade de condições anômalas de refração atmosférica e da formação de dutos na camada limite atmosférica;

Não existe uma relação do tipo causa-efeito entre a frequência de dutos de superfície e a posição geográfica do VCAN (centro no oceano / centro no continente);

Existe uma relação direta entre redução abrupta da umidade com a altura ($dr/dZ < 0$) e a formação de dutos atmosféricos (elevados ou em superfície);

Inversões de subsidência representa um dos mecanismos mais efetivos para ocorrência de dutos elevados na região;

O número elevado de dutos de superfície registrados no mês de janeiro de 2001 e 2007 na região de Petrolina PE resultou da ação conjunta de processos atmosféricos locais e da atuação sistemas meteorológicos de grande escala;

A influência conjunta da posição geográfica do VCAN e períodos de permanência (atuação do sistema) na formação de dutos atmosféricos deve ser analisada com mais profundidade.

5 | AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, pelo apoio financeiro através da concessão de bolsa de produtividade em pesquisa a primeira autora e pela bolsa de Iniciação Científica (PIBIC) ao segundo autor.

REFERÊNCIAS

BEAN, B.R. e DUTTON, E.J. (1968): Radio Meteorology. Dover Publications, Inc., New York, 435p.

AMORIM, M. J. R.; SILVA ARAGÃO, M. R.; CORREIA, M. F. Incidência de dutos troposféricos no período do EMAS. In: X CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA E VIII CONGRESSO DA FLISMET, 1998, Brasília-DF. Anais do X Congresso Brasileiro de Meteorologia e VIII Congresso da FLISMET. 1998

CHAVES FILHO, J. B, CORREIA, M. F., GURJÃO, C. D. S.; BARBIERE, L. F. P.; SILVA ARAGÃO, M. R. Formação de Dutos Troposféricos no Semiárido Brasileiro: Um Estudo de Caso em Condições Meteorológicas Extremas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, V. 6, p. 932-994, 2013.

CORREIA, M.F.; SILVA DIAS, M.A.F.; SILVA ARAGÃO, M.R. Soil Occupation and Atmospheric Variations over Sobradinho Lake area. Part Two: A regional modeling study. **Meteorology and Atmospheric Physics**, v. 94, p. 115-128, 2006. DOI 10.1007/s00703-005-0174-3.

CORREIA, M. F. Impacto das Ações Antrópicas no Clima do Submédio do Rio São Francisco: Um Estudo Numérico e Observacional. 2001. **Tese de doutorado**. IAG-USP. São Paulo.

COUTINHO, M. D. L. **Método objetivo de identificação dos Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis na região tropical sul: validação e climatologia**. 2008. 119 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2008.

KAISSASSOU S, LENOUE A, TCHAOUWA C, LOPEZ P, AMADOU TG (2015) Climatology of anomalous propagation radar over West Africa. *J Atmos Solar Terr Phys* 123 (2015):1–12

PATEL, S. R., Refractive Index Spectral Transfer in Inhomogeneous Turbulence in Atmospheric / Oceanic Surface Layer. 11th conference on Satellite Meteorology and Oceanography, AMS, Madison, WI. U. S. A. 15-18 October 2001.

SILVA ARAGÃO, M. R.; DAMIÃO, M. C.; CAVALCANTI, I. F, CORREIA, M. F. (2007). Observational study of a rainy January day in the Northeast Brazil semi-arid region: synoptic and mesoscale characteristics. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v.133, p.1127 – 1141.

SILVA ARAGÃO, M. R., CORREIA, M. F.; ARAÚJO, H. A. (2000). Characteristic of C-Band Meteorological Radar Echoes at Petrolina, Northeast Brazil. **International Journal of Climatology**, v.20, p. 279-298.

Turton, J.D. & Bennetts, D.A. & Farmer, S.F.G. (1988). An introduction to radio ducting. *Meteorological Magazine*. 117. 245-254.

SOBRE A ORGANIZADORA

Ingrid Aparecida Gomes - Bacharel em Geografia pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (2008), Mestre em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação Mestrado em Gestão do Território da Universidade Estadual de Ponta Grossa (2011). Atualmente é Doutoranda em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Foi professora colaborada na UEPG, lecionando para os cursos de Geografia, Engenharia Civil, Agronomia, Biologia e Química Tecnológica. Também atuou como docente no Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais (CESCAGE), lecionando para os cursos de Engenharia Civil e Arquitetura e Urbanismo. Participou de projetos de pesquisas nestas duas instituições e orientou diversos trabalhos de conclusão de curso. Possui experiência na área de Geociências com ênfase em Geoprocessamento, Geotecnologia, Geologia, Topografia e Hidrologia.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-240-1

