

ESTUDO SINÓTICO DE UM CASO DE SISTEMA FRONTAL QUE INCURSIONOU ATÉ LATITUDES BAIXAS E SUA INFLUÊNCIA NO SUL E CENTRO-SUL DA BAHIA

*Priscila da Silva Tavares*¹, *Lílian Caldas de Carvalho*²

RESUMO

Este trabalho apresenta uma análise das condições sinóticas que propiciaram o deslocamento de um Sistema Frontal (SF) para baixas latitudes, ocorrido em novembro de 2005, assim como a sua influência nos totais pluviométricos das regiões Sul e Centro Sul da Bahia.

ABSTRACT

This work presents an analysis of the synoptic conditions that had propitiated the displacement of Frontal Zone for low latitudes, occurred in November of 2005, as well as its influence in the precipitation in the regions South and South Center of the Bahia.

Palavras-Chave: Sistemas Frontais, Nordeste Brasileiro, Precipitação.

INTRODUÇÃO

O Nordeste Brasileiro (NEB) é influenciado por sistemas meteorológicos típicos da atmosfera tropical, podendo-se destacar os Sistemas Frontais (SFs), os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN) e a Zona de Convergência do Atlântico sul (ZCAS), os quais influenciam nos totais pluviométricos da região. A incursão de SFs no sul da Bahia ocorrem durante todo ano, com máximos em dezembro e janeiro (Kousky, 1979).

Oliveira (1986) observou que em novembro os SFs que ultrapassam 20°S rumo ao NEB geralmente o fazem associados com a convecção tropical na Amazônia, onde o máximo desta interação ocorre neste mês. Neste período é observada também a configuração das ZCAS que são caracterizadas por uma banda de nebulosidade de orientação NW/SE, estendendo-se desde o sul da região Amazônica até a região central do Atlântico Sul (Kousky, 1988). Um dos fatores que influenciam para a formação da ZCAS seria a presença do VCAN no NEB que impossibilita o deslocamento dos SFs fazendo-os permanecerem semi-estacionário no litoral da região Sudeste favorecendo assim a configuração do sistema. As ZCAS geralmente provocam chuvas acima da média nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste. No entanto, quando ocorre uma variabilidade na sua posição média este sistema pode ocasionar anomalias de precipitação no sul do NEB (Chaves e Cavalcanti, 2001). Este trabalho analisa os mecanismos sinóticos associados a um caso de SF que se

¹ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Av. dos Astronautas, 1758, Jd. da Granja, 12227-010, São José dos Campos-SP, Telefone: (12) 39456830. E-mail: prist@cptec.inpe.br

² Instituto Nacional de Meteorologia, Eixo Monumental – via S1 - Sudoeste, 70680-900, Brasília, DF - Brasil, Telefone: (61) 3343 - 2192. E-mail: lilian.carvalho@inmet.gov.br

deslocou até baixas latitudes, ocorrido no período de 24 a 28 de novembro de 2005, que propiciou a formação da ZCAS, causando intensa precipitação na região Sul e Centro Sul da Bahia.

DADOS E METODOLOGIA

Foram utilizados o conjunto de dados das reanálises do *National Center for Environmental Prediction / National Center for Atmospheric Research* (NCEP/NCAR), numa grade com resolução de $2,5^0 \times 2,5^0$, na área de $60^0\text{S}-20^0\text{N}$ e $120^0\text{W}-20^0\text{E}$, para o período de 24 a 28/11/2005. As variáveis consideradas foram Pressão ao Nível Médio do Mar (PNM), água precipitável, u , v , altura geopotencial, nos níveis de 850hPa, 500hPa e 200hPa. Foram gerados campos derivados, tais como vorticidade relativa, linhas de corrente e isotacas, advecção de temperatura, os quais foram visualizados através do software Grid Analysis and Display System (GrADS). Foram utilizadas imagens do satélite geostacionário GOES, no canal Infravermelho (IR) e dados diários de precipitação, do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), para estações localizadas no Sul e Centro Sul da Bahia, como ilustrado na Figura 1.



Figura 1 – Localização das estações do INMET para as regiões sul e centro sul da Bahia.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No dia 24/11 foi observado um SF localizado na cidade de Porto Alegre (RS) que se deslocou meridionalmente pelo litoral brasileiro e no dia 27/11 atingiu Vitória (ES), como ilustrado na Figura 2. Este SF apesar de ter se deslocado apenas até Vitória (ES), ele provocou nebulosidade em todo o NEB, verificado através de imagens de satélites (Figura 3a₁, 3b₁, 3c₁, 3d₁ e 3e).

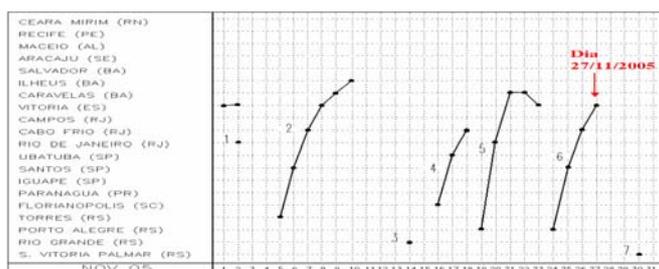


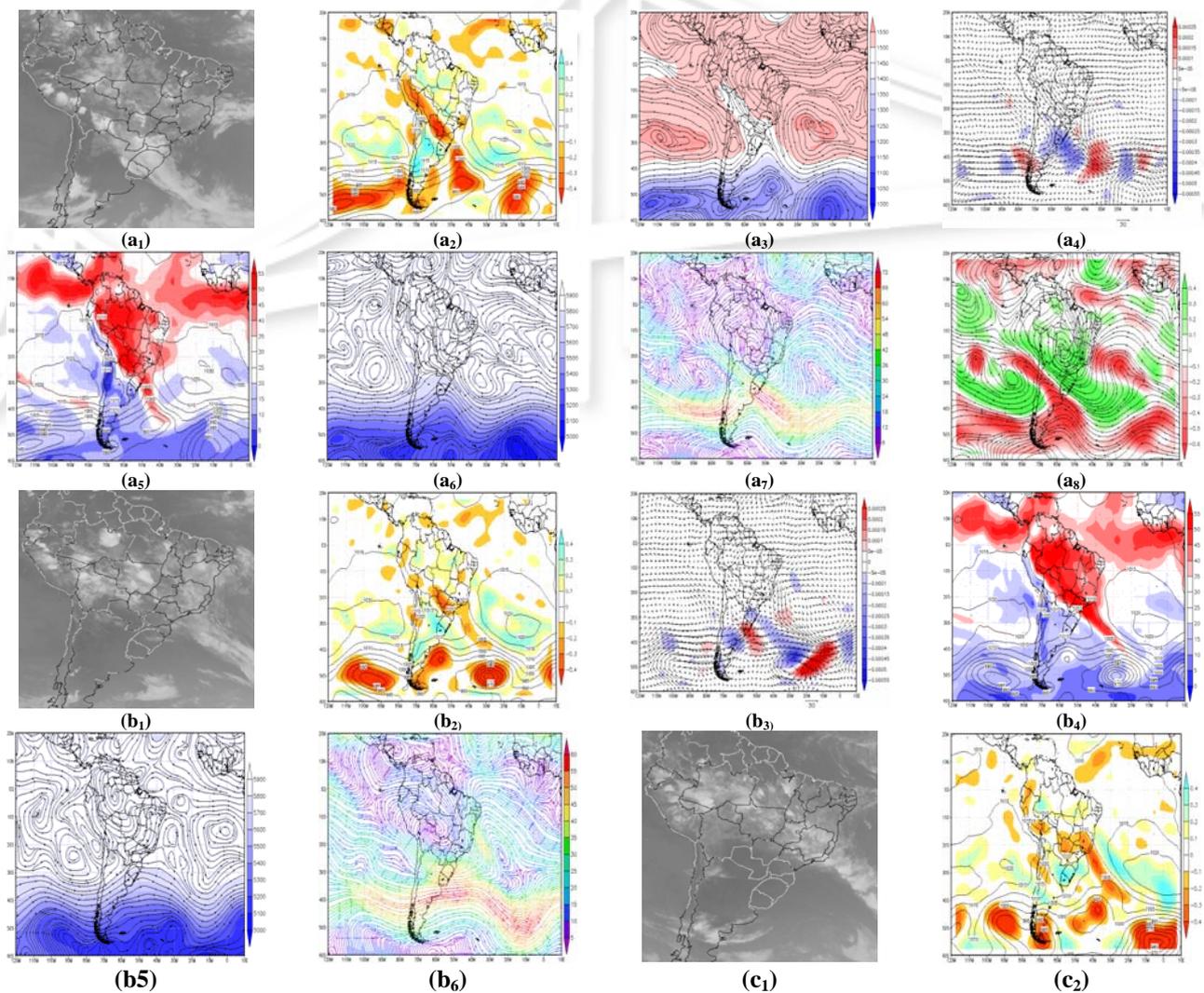
Figura 2 – a) Seção estação versus tempo dos sistemas frontais que penetraram no Brasil em Novembro-2005. As linhas indicam que a frente passou pela estação entre 09:00 (HL) do dia anterior e às 09:00 (HL) do dia indicado. Fonte: <http://www.cptec.inpe.br>.

No dia inicial do evento observou-se em superfície um cavado bórico, o qual seu eixo coincidiu com a nebulosidade associada ao SF (Figura 3a₁ e 3a₂). Nesta região, observaram-se valores máximos de vorticidade relativa ciclônica (negativos) ($< -0.4 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$), Figura 3a₂, confluência das linhas de corrente (Figura 3a₃) e valores significativos de água precipitável ($>$ de 40mm) (Figura 3a₅). A análise da Figura 3a₄ mostrou que ocorreu advecção de temperatura positiva (ar quente) adiante do SF e advecção temperatura negativa (ar frio) na retaguarda do sistema, confirmando assim a localização da frente fria em superfície. Em 500hPa (Figura 3a₆), verificou-se que o cavado apresentou uma inclinação para oeste com a altura em relação ao sistema em superfície, indicando assim a baroclinia do sistema. Em 200hPa a Alta Bolívia (AB) estava centrada em 18°S e 58°W, onde abrangia a região Mato Grosso do Sul e o norte do Mato Grosso (Figura 3a₇). Também, em 200hPa foi observado um cavado no oceano Atlântico Sul, com valores negativos de vorticidade relativa ($< -0.4 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$) (vorticidade ciclônica), centrado em aproximadamente 24°S e 25°W, o qual este atingiu o NEB (Figura 3a₈). Este cavado em altos níveis formou-se possivelmente devido à amplificação da crista associada à AB que provavelmente se intensificou devido à incursão do SF, no sul do Brasil. O jato subtropical apresentou velocidades acima de 70 ms^{-1} próximo ao sul do Uruguai (Figura 3a₇), o qual apresentou a maior magnitude registrada para o mês de novembro (Climanálise, 2005). A vorticidade relativa anticiclônica (positiva) na região do jato (Figura 3a₇) possivelmente tenha sido um dos fatores favoráveis para intensificação da AB (Carvalho, 1989).

No segundo dia do evento (25/11) o SF já estava na região de São Paulo (Figura 3b₁) e apresentou intensificação do ciclone em superfície associado ao sistema, onde apresentou máxima vorticidade ciclônica (Figura 3b₂). Foi possível observar ciclogênese próxima à costa leste da Argentina. Ao longo do eixo do cavado em superfície observaram-se valores significativos de água precipitável ($>45\text{mm}$) (Figura 3b₄), advecção de ar frio na retaguarda do sistema e advecção de ar quente adiante do sistema (Figura 3b₃). Em 500hPa, o cavado frontal ainda apresentou inclinação pra oeste com relação ao sistema em superfície (Figura 3b₅). Em 200hPa observou-se: deslocamento da AB para oeste, centrada em aproximadamente 15°S e 61°W, e formação do Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN), centrado em aproximadamente 23°S e 22°W (Figura 3b₆). A partir deste dia o SF associou-se ao VCAN e permaneceu semi-estacionário por 3 dias configurando-se assim a Zona de Convergência do Atlântico (ZCAS), a serem visualizadas nos campos meteorológicos comentados a seguir.

A nebulosidade associada a ZCAS pode ser observada mais claramente a partir do dia 26/11 através da Figura 2c₁. Neste dia o ciclone deslocou-se para sudeste (Figura 3c₂) e um segundo ciclone se associou com restos do SF, o qual realimentou o sistema. O cavado frontal em 500hPa intensificou-se e apresentou uma inclinação para oeste (Figura 3c₃) em relação ao sistema de superfície. A AB deslocou-se para sudeste (Figura 3c₄), centrada em aproximadamente 17°S e

57°W e o centro do VCAN enfraqueceu apresentando o cavado sobre a região, com o eixo em aproximadamente 14°S e 25°W, apresentando valores de vorticidade relativa negativa (entre -0.4 a $-0.3 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$) (Figura 3c₅). No dia 27 o SF já se apresentava na região do Espírito Santo (Figura 3d₁). Na região frontal já era possível observar baixos valores de vorticidade relativa ciclônica (entre -0.3 e $-0.1 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$), dando indicativo de dissipação do SF (Figura 3d₂). A AB deslocou-se para oeste, apresentando dois centros, e o VCAN reapareceu em aproximadamente 10°S e 25°W (Figura 3d₃), onde permaneceu quase-estacionário até o dia 29/11 (campo não apresentado). No dia 28/11 já não era possível mais identificar o SF nos campos meteorológicos (campos não apresentados). A nebulosidade presente na imagem de satélite (Figura 3e₁) estava associada ao VCAN, devido ao movimento ascendente de ar quente e úmido na sua periferia e movimento descendente de ar frio e seco no seu centro (Gan e Kousky, 1982), provocando conseqüentemente uma nebulosidade em todo o NEB. Durante os dias em que se configuraram a ZCAS (25 a 27/11) e os VCANs, foram observados altos totais pluviométricos nas regiões do Sul e Centro-Sul Bahia (Tabela 1).



Continua.....

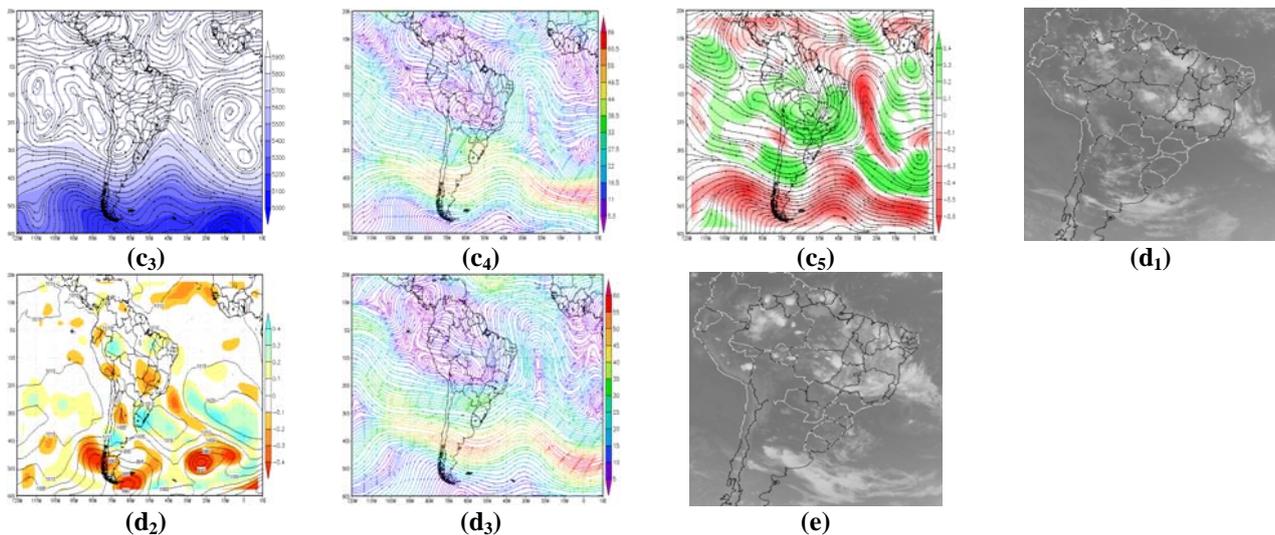


Figura 3 – a - Campos para o dia 24/11/2005 as 12:00Z: 1) Imagens do Satélite GOES, no canal infravermelho IR; 2) Vorticidade Relativa (VR) ($\times 10^{-4} s^{-1}$) no nível de 850hPa (em cores) e PNM (hPa); 3) Linhas de Corrente (LI) e Geopotencial no nível de 850hPa; 4) Advecção de Temperatura ($^{\circ}C s^{-1}$) e Vetor Vento em 850hPa; 5) Água Precipitável; 6) LI e Geopotencial em 500hPa; 7) LI e Magnitude do Vento ($m s^{-1}$) em 200hPa; 8) LI e VR ($\times 10^{-4} s^{-1}$) em 200hPa. **b** – Dia 25/11/2005 as 12:00Z: 1) Imagens do Satélite GOES, no canal IR; 2) VR ($\times 10^{-4} s^{-1}$) no nível de 850hPa (em cores) e PNM; 3) Advecção de Temperatura ($^{\circ}C s^{-1}$) e Vetor Vento em 850hPa; 4) Água Precipitável; 5) LI e Geopotencial em 500hPa; 6) LI e Magnitude do Vento ($m s^{-1}$) em 200hPa. **c** - Dia 26/11/2005 as 12:00Z: Imagens do Satélite GOES, no canal IR; 2) VR ($\times 10^{-4} s^{-1}$) no nível de 850hPa (em cores) e PNM; 3) LI e Geopotencial em 500hPa; 4) LI e Magnitude do Vento ($m s^{-1}$) em 200hPa; 5) LI e VR ($\times 10^{-4} s^{-1}$) em 200hPa. **d**– Dia 27/11/2004: 1) Imagens do Satélite GOES, no canal IR. 2) VR ($\times 10^{-4} s^{-1}$) no nível de 850hPa (em cores) e PNM; 3) LI e Magnitude do Vento ($m s^{-1}$) em 200hPa. **e** –Imagens do Satélite GOES, no canal IR para o dia 28/11/2005

O máximo de precipitação total para região sul e centro sul da Bahia ocorreu no dia 27/11, onde apresentou um valor de 511 mm dia^{-1} . Para esse dia, foi observado um o valor extremo de $153,6 \text{ mm}$ na estação de Guaratinga, e valor mínimo de $0,6 \text{ mm dia}^{-1}$ para estação de Bom Jesus da Lapa. No dia 28, a qual a nebulosidade estava associada ao VCAN, a máxima precipitação ocorreu para a estação de Carinhanha, com um valor da ordem de $85,5 \text{ mm dia}^{-1}$. Para esse dia, o mínimo de precipitação ocorreu para estação de Ituaçu, apresentando apenas $0,4 \text{ mm} \cdot \text{dia}^{-1}$. No dia 26, a qual a nebulosidade estava associada ao ZCAS, foi observada uma precipitação máxima de $15,6 \text{ mm dia}^{-1}$ na região de Ilhéus e um mínimo de $0,6 \text{ mm dia}^{-1}$ em Correntina. No dia 25, foi observado um valor máximo de $15,5 \text{ mm dia}^{-1}$ para Carinhanha e na estação de Bom Jesus da Lapa não ocorreu precipitação. No dia 24/11, o máximo de precipitação total ocorrido foi em Ituaçu com valores de $26,6 \text{ mm dia}^{-1}$. Para esse dia, a cidade de Carinhanha apresentou valores de precipitação total mínima de $0,8 \text{ mm dia}^{-1}$.

Tabela 1 - Valores de Precipitação Total Diário para 10 cidades da Bahia, durante o período de 24 a 29 de Novembro de 2005. Fonte: INMET

Estações\ Dias	24	25	26	27	28	Total	Média
Correntina	3,3	4,8	0,6	8,6	75,8	93,1	18,6
Bom Jesus da Lapa	3,8	0	7,6	0,6	24,4	36,4	7,3
Carinhanha	0,8	15,5	4,4	40,9	85,5	147,1	29,4
Caetitê	21	2	10,4	25,6	7,4	66,4	13,3
Ituaçu	13	0,9	2,7	25,5	0,4	42,5	8,5
Vitória da Conquista	15,4	2,4	2,6	39,8	5,1	65,3	13,1
Ilheus	26,6	7,6	15,6	92,2	38,6	180,6	36,1
Canavieiras	24,5	4	13	53,5	23	118,0	23,6
Guaratinga	19,9	0	10,8	153,6	20	204,3	40,9
Caravelas	5,8	0	13,7	71,3	45,2	136,0	27,2
Total	134,1	37,2	81,4	511,6	325,4	1089,7	217,9
Média	13,4	3,7	8,1	51,2	32,5	109,0	21,8

CONCLUSÕES

Através da análise sinótica do caso de incursão de SF em baixas latitudes verificou-se que foi configurado um padrão de circulação típico do verão austral, onde se formaram a AB, e um cavado em altos níveis próximo a região NEB. Durante o evento, o SF se associou com um VCAN que se configurou no dia 25 e a partir daí propiciaram a formação da ZCAS. Pode ser evidenciado que o deslocamento da AB um pouco para oeste, como também a presença de ciclogênese próximo à costa leste da Argentina, no segundo dia do evento e, por conseguinte associação de um segundo ciclone aos restos do SF (o qual realimentou o sistema), pôde ter propiciado o deslocamento do SF para latitudes mais baixas. Apesar da nebulosidade na região no NEB no dia 28/11 não ser atribuída totalmente ao SF, e sim a periferia VCAN, ela pode ser atribuída aos restos do SF a qual o VCAN ainda estava associado. Esse sistema causou altos índices pluviométricos no sul e centro sul da Bahia atingindo a 153,6mm dia⁻¹ em Guaratinga.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARVALHO, A. M. G., 1989: Conexões entre a circulação em altitude e a convecção sobre a América do Sul. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1986.

CHAVES, R. R.; CAVALCANTI, I. F. A. Atmospheric circulation features associated with rainfall variability over southern Northeast Brazil. *Monthly Weather Review*, v. 129, n. 10, p. 2614-2626. 2001.

CLIMANÁLISE. Disponível em: <http://www.cptec.inpe.br/products/climanalise/>. 2006

GAN, M. A; KOUSKY, V. E. Estudo observacional sobre as baixas frias da alta troposfera nas latitudes subtropicais do Atlântico Sul e Leste do Brasil. 1982. (INPE -2579-PRE/227). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1982.

GEMIACKI, L. Atuação de Sistemas Frontais na Estação Seca do Nordeste do Brasil, 2005. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2005.

KOUSKY, V. E. Frontal Influences on Northeast Brazil. *Monthly Weather Review*, v. 107, p. 1140-1153, 1979.

KOUSKY, V. E., 1988: Pentad outgoing longwave radiation climatology for the South American sector. *Revista Brasileira de Meteorologia.*, v. 3, p.217-231, 1988.

LE MOS, C. F.; CALBETE, N. O. Sistemas frontais que atuaram no litoral de 1987-1995. *Climanálise Especial – Edição comemorativa de 10 anos. MCT/INPE/CPTEC. Cap.14, 1996.*

OLIVEIRA, A. S. Interações entre sistemas frontais na América do Sul e convecção na Amazônia. 1986, (INPE-4008-TDL/239). Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1986.