

## UM ESTUDO DA ATIVIDADE CONVECTIVA NO VERÃO SOBRE O VALE DO PARAÍBA ATRAVÉS DO RADAR BANDA-S DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS

MARCELO BARBIO ROSA E PRAKKI SATYAMURTY

Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Cachoeira Paulista, SP, Brasil  
E-mail: marcelo@cptec.inpe.br, saty2@cptec.inpe.br

### RESUMO

A instalação de um radar banda S em São José Campos possibilitou a observação de padrões na convecção sobre o Vale do Paraíba do Sul. A atividade convectiva da região, não associada a sistemas sinóticos, apresenta-se somente durante o horário de 17:00Z a 24:00Z nos meses de verão. A convecção mostra um padrão de alinhamento ao longo do Vale. A área de maior ocorrência da convecção localiza-se entre as cidades de Pindamonhangaba (PND) e Guaratinguetá (GUA), sendo que os horários preferenciais são os entre 20:00Z a 22:59Z. As maiores ocorrências nesta área atingem 26% de dias. Os máximos de intensidade dos ecos do radar são observados nas faixas de 14,6 a 19,5 dBz (~2 mm/h) e de 24,6 dBz a 29,5 dBz (~10,0 mm/h). Uma segunda área de ocorrência máxima localiza-se próxima à cidade de Cruzeiro (CRZ). As duas principais áreas de atividade convectiva mostram uma correlação inversa (-0,71) em termos de máxima intensidade de eco do radar. O enfraquecimento da atividade próximo a CRZ no período de 20:00Z e 22:00Z se deve a subsidência forçada pela atividade intensa na região entre PND e GUA.

**Palavras chave:** radar meteorológico, atividade convectiva, Vale do Paraíba

### ABSTRACT: A STUDY OF THE SUMMER CONVECTIVE ACTIVITY IN THE PARAÍBA VALLEY WITH THE AID OF THE S-BAND METEOROLOGICAL RADAR AT SÃO JOSÉ DOS CAMPOS

The installation of an S-band meteorological radar in São José dos Campos made it possible to observe the characteristics of convective activity in the Paraíba Valley region. The convective activity not associated with the synoptic scale systems in this region during the summer months is observed mostly in the afternoon hours from 17:00Z to 24:00Z. The convective cell arrangement in the region shows an along-the-valley pattern, thereby indicating that the regional topography plays an important role. An area of maximum occurrence of convection is situated between Pindamonhangaba (PND) and Guaratinguetá (GUA) cities preferentially during the period from 20:00Z to 22:59Z. The maximum occurrence observed in this area reaches 26% of the days. The radar echo maxima occur in the range of 14,6 to 19,5 dBz, corresponding to ~2 mm/h and in the range of 24,6 to 29,5 dBz corresponding to ~10 mm/h rainfall. A second area of maximum convective occurrence is situated near the Cruzeiro's city (CRZ). The activities in these two areas are negatively correlated (-0,71) in terms of their maximum echo intensity. Weakening of convective activity in the CRZ region in the period from 20:00Z to 22:00Z is quite possibly due to the subsidence caused by strong convection in the area between PND and GUA.

**Key words:** meteorological radar, convective activity, Paraíba Valley

### 1. INTRODUÇÃO

A meteorologia por radar tem sido cada vez mais utilizada como um poderoso instrumento de detecção e medição de chuvas, especialmente de chuvas intensas. As últimas gerações de radar (radares de dupla polarização)

permitem não só estimar a chuva (mm/h), como também separar a proporção da fase líquida (chuva, garoa) da sólida (granizo, neve) e determinar o espectro de distribuição de gotículas.

A principal dificuldade na conversão da refletividade (dBz) em chuva (mm/h) está no efeito da

Um estudo da atividade convectiva no verão sobre o Vale do Paraíba  
através do radar banda-s de São José dos Campos

distância. Como o feixe de radar normalmente tende a subir em relação ao nível do solo, muitas vezes, ecos aparentemente fracos a grande distância (> 200 km), correspondem a elevados valores de precipitação. Diversas metodologias têm sido propostas a fim de corrigir este efeito. Uma delas é aquela aplicada no radar de Bauru e desenvolvida por Calheiros (1982).

Uma grande parte do Estado de São Paulo é monitorada por uma rede de radares há quase duas décadas, o que permite que se obtenha uma boa estimativa da climatologia de precipitação, como já foi feito com o radar de Salesópolis (Barros et al., 1987).

No setor paulista do Vale do Paraíba do Sul, um radar de banda S Doppler de polarização horizontal foi instalado recentemente na cidade de São José dos Campos. Uma boa parte do Vale já era coberta pelo radar de Salesópolis. Porém, com o novo radar, tornou-se possível monitorar com mais detalhamento o padrão de convecção nesta região. O aparelho é capaz de fazer uma varredura volumétrica em até sete minutos. As características do sistema são dados na Tabela 1 (Librelato, 1997).

## 2. DADOS E METODOLOGIA

Os dados de ecos de radar foram obtidos a partir de imagens dos campos de varreduras de PPI (0,1° de elevação), cobrindo uma área de 200 km de raio (Figura 1). O PPI (*plane position indicator*) pode ser definido como uma varredura ao longo do azimute, com uma inclinação horizontal fixa. Assim sendo, uma varredura PPI tem a forma de um cone. Este cone, que devido ao efeito da reflexão da atmosfera, tende a se curvar para cima ou para baixo na direção radial. Neste trabalho só foram estudados os ecos provenientes da presença de gotículas de chuva.

Ainda devido à distância, a resolução da varredura PPI diminui com a distância. Porém, o pacote gráfico do radar reprocessa os dados, deixando-os com uma resolução regular de 1 km x 1 km. Como na época deste estudo ainda não estavam disponíveis os campos de CAPPI (que é um corte horizontal obtido a partir de  $n$  varreduras PPI) e ECHO TOP (que dá a refletividade das maiores altitudes de um fenômeno), estes não foram

<b>Tipo de Antena</b>	Refletor Parabólico com 4,0 m de diâmetro	<b>Freqüência de Repetição</b>	250 - 400 Hz (2 $\mu$ s) e 400 - 1200 Hz (1 $\mu$ s)
<b>Ganho da Antena</b>	38,6 dBi	<b>Freqüência de Transmissão</b>	Banda S (2,7 a 2,9 GHz), monofreqüência, sintonizável
<b>Polarização</b>	Linear	<b>Potência Máxima</b>	850 kW
<b>Aceleração Angular</b>	15°/s <sup>2</sup>	<b>Mínimo Sinal Detectável</b>	- 114 dBm
<b>Largura do Feixe</b>	2,1° (em 2,8 GHz)	<b>Tipo de Processamento</b>	Refletividade, Velocidade Doppler e Largura Espectral
<b>Elevação</b>	-2° a 90° (limite operacional)	<b>Modo de Operação</b>	Local ou Remota
<b>Velocidade Angular</b>	36°/s (6 rpm)	<b>Distância não Ambígua</b>	400 km
<b>Duração do Pulso</b>	1 $\mu$ s (pulso curto) e 2 $\mu$ s (pulso longo)	<b>Velocidade não Ambígua</b>	$\pm$ 50 m/s em 120 km

Tabela 1: Características do Radar de São José dos Campos

O objetivo deste trabalho é localizar e estudar o comportamento da convecção não associada com frentes frias sobre a região do Vale, especificamente as áreas preferenciais à formação de Cumulus Nimbus (CB) e os horários em que estes ocorrem, no verão.

Este estudo é de grande utilidade para a aviação, tendo em vista que o Vale do Paraíba paulista um aeroporto (São José dos Campos), um campo de pouso (Pindamonhangaba) e dois aeródromos (Taubaté, Guaratinguetá); para os usuários da rodovia Presidente Dutra, a rodovia com maior fluxo de veículos no país; e para os habitantes do Vale que são aproximadamente 1.500.000.

utilizados no estudo.

Para estudar apenas o padrão da convecção de verão, não associado a passagens de sistemas sinóticos sobre a região do Vale, foram selecionados dias em que ocorreu formações de nuvens no período da tarde. Teve-se o cuidado de evitar dias em que havia sistemas frontais atuando sobre o Vale ou que estivesse atuando em uma distância mínima de 400 km. A seleção foi feita usando-se imagens no canal infra-vermelho do satélite GOES-8 das 12:00Z, 15:00Z, 18:00Z e 24:00Z.

O período estudado é de 27/12/1999 à 30/04/2000 (126 dias) e 01/11/2000 à 31/03/2001 (151 dias). Segundo Fisch (1995), o semestre mais chuvoso no Vale é de meados de outubro a meados de maio, sendo o trimestre de dezembro a fevereiro o mais úmido (Lemos,

2000). Desta forma, o período estudado encontra-se dentro do período de maior ocorrência de formação de nuvens do tipo CB. O horário estudado restringe-se ao período do dia entre 15:00Z e 24:00Z, quando ocorre a convecção não associada aos sistemas sinóticos.

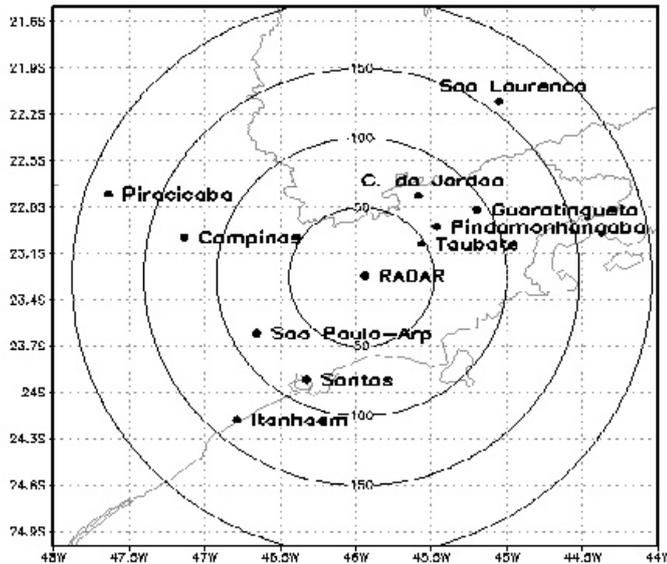


Figura 1: Área de varredura útil do radar de São José dos Campos

No período de 277 dias o radar esteve operacional durante 202 dias. Em especial, não houve dados no mês de dezembro de 2000 e nos 16 primeiros dias de janeiro de 2001. Desses 202 dias, somente em 55 dias (27%) houve atividade convectiva no Vale no intervalo de 15:00Z a 24:00Z. Nos demais horários, ou não houve chuva (na maioria das vezes) ou esta estava associada a algum sistema de grande escala, conforme mostrava as imagens de satélite e as cartas de superfície.

Devido ao posicionamento do radar, algumas áreas da região estudada foram bloqueadas (Figura 2). O setor de maior bloqueio a N-NE é causado por uma antena de comunicações situada próximo ao radar. Infelizmente, este bloqueio impossibilitou a obtenção de dados da região de Campos do Jordão. Os demais bloqueios são provocados pela Serra do Mar.

Dada a proximidade entre os radares de Bauru e de São José dos Campos (SJC), optou-se por adaptar a correção do eco usada no radar de Bauru (Doppler, banda S também) (Calheiros, Comunicação Pessoal) para as imagens do radar de SJC. As correções aplicadas no radar de Bauru estão mostradas na Tabela 2.

Para que a correção de distância ( $d$ ) seja contínua e para melhorar a representatividade dos dados de ecos, propõe-se aplicar as seguintes relações

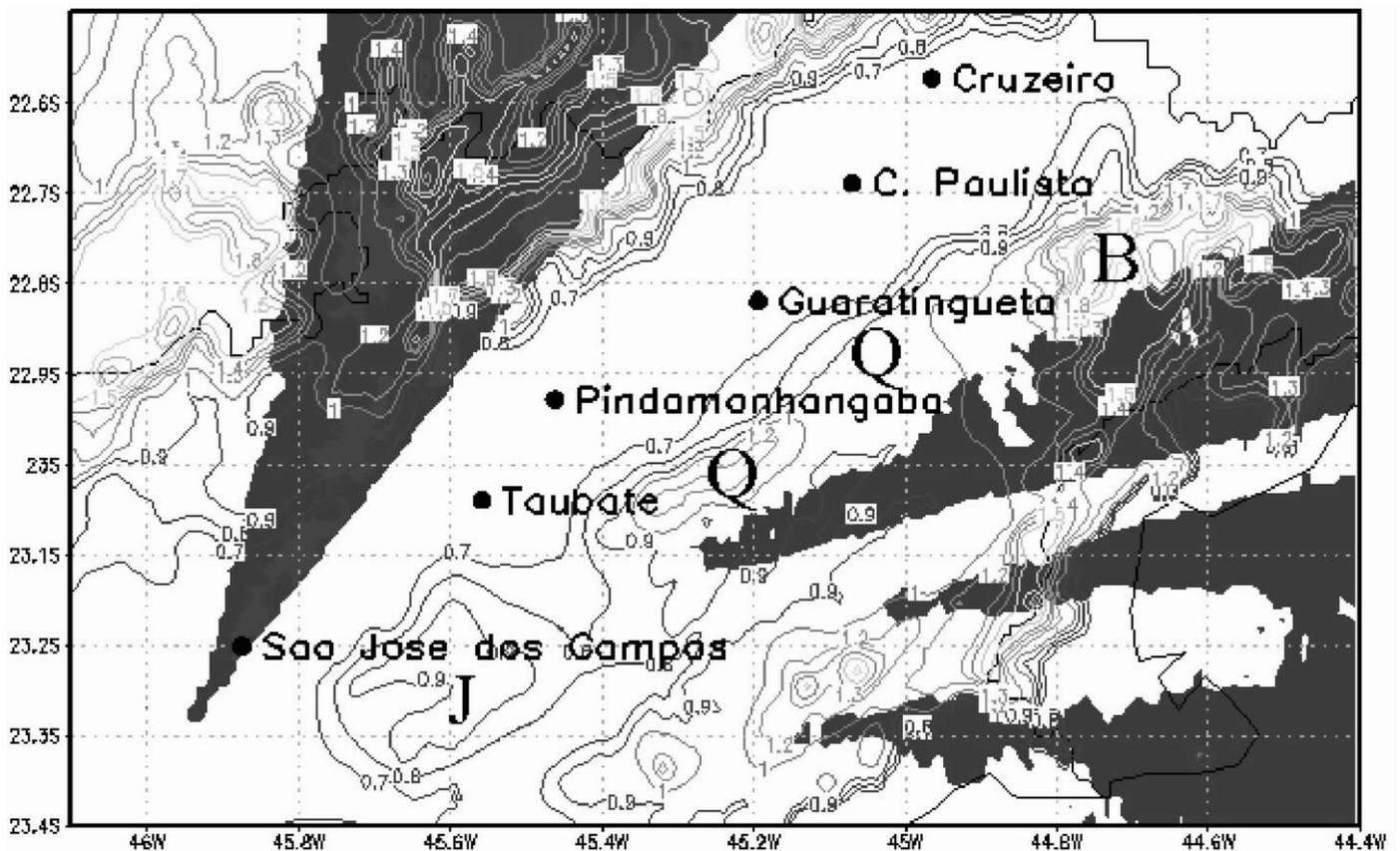


Figura 2: Áreas de bloqueio do radar de São José dos Campos. As serras de Jambeiro, Quebra Cangalha e Bocaina são indicadas pelas letras J, Q e B, respectivamente. As isolinhas mostram a topografia local. Unidades: km.

Um estudo da atividade convectiva no verão sobre o Vale do Paraíba  
através do radar banda-s de São José dos Campos

para os dBz obtidos do radar de SJC. A função de correção (cr) foi obtida por um simples ajuste de reta entre dois pontos. Como referência tomou-se que  $cr_1(20)=0,0$ ;  $cr_1(65)=cr_2(65)=4,0$ ;  $cr_2(145)=cr_3(145)=8,0$  e  $cr_3(220)=11,0$ . Todos os valores de correção são em dBz.

Distância (d)	De 40 a 89,9 km	De 90 a 199,9 km	De 200 a 239,9 km
Correção no valor de dBz	+ 4 dBz	+ 8 dBz	+ 11 dBz

Tabela 2: Correção feita na imagem PPI do radar de Bauru

Para que a correção de distância (d) seja contínua e para melhorar a representatividade dos dados de ecos, propõe-se aplicar as seguintes relações para os dBz obtidos do radar de SJC. A função de correção (cr) foi obtida por um simples ajuste de reta entre dois pontos. Como referência tomou-se que  $cr_1(20)=0,0$ ;  $cr_1(65)=cr_2(65)=4,0$ ;  $cr_2(145)=cr_3(145)=8,0$  e  $cr_3(220)=11,0$ . Todos os valores de correção são em dBz.

Para  $20 < d \leq 65$  km

$$cr_1(d) = \left(\frac{8}{90}\right) * d - \left(\frac{16}{9}\right) \quad (1)$$

Para  $65 < d \leq 145$  km

$$cr_2(d) = \left(\frac{1}{20}\right) * d - \left(\frac{3}{4}\right) \quad (2)$$

Para  $145 < d \leq 220$  km

$$cr_3(d) = \left(\frac{1}{25}\right) * d + \frac{11}{5} \quad (3)$$

onde d é a distância radial em km e  $cr_i$  são correções em dBz.

As imagens disponíveis para o presente estudo têm uma periodicidade média de 15 min. A Tabela 3 enumera os dias com ecos estudados e o número de varreduras por dia correspondentes. Na maioria dos dias o número de varreduras é pequeno. Na maioria das situações, optou-se por desprezar varreduras em que não apresentavam ecos de chuva, ou ecos muito fracos com valores inferiores a 14,6 dBz, equivalente a uma taxa de precipitação de 0,3 mm/h.

O estudo foi dividido em quatro partes. Na primeira separaram-se as imagens dBz por intervalos de 1 hora. Para cada intervalo, o número de ecos por grade (1 km x 1 km), sem levar em conta a sua intensidade, foi dividido pelo número de varreduras feitas naquele

intervalo de hora e pelo número de dias. O resultado é a densidade de ocorrência média de ecos para intervalos de 1 hora entre 18:00Z e 24:00Z. Também foi feita uma totalização dos ecos. Neste caso, o número de ecos por grade por dia foi dividido pelo número de varreduras em

cada dia e depois pelo número de dias.

Na segunda parte estudou-se a evolução da atividade convectiva em duas áreas escolhidas por, como será visto a frente, estarem correlacionadas. Na terceira parte foi discutida a distribuição de ecos, separando-os nos intervalos seguintes: 14,6 a 19,5 dBz; 19,6 a 24,5 dBz; 24,6 a 29,5 dBz; 29,6 a 34,5 dBz; 34,6 a 39,5 dBz; e  $> 39,6$  dBz. Novamente o número total de ecos em cada faixa foi dividido pelo total de varreduras e pelo número de dias. Na quarta parte se estudou a evolução da convecção num dia típico de chuvas de verão no Vale, descrevendo-a com base nas imagens do radar a cada 1 hora.

### 3. RESULTADOS

A Figura 3 mostra as ocorrências médias de ecos (%) observados nos 55 dias, em intervalos de 1 hora, entre 18:00Z e 23:59Z. É interessante notar que, em todos os horários, a atividade convectiva sobre a região se alinha ao longo do Vale, de sudoeste para nordeste, sendo esta atividade relacionada com a topografia da região. Entre os horários de 15:00Z e 16:59Z (não mostrado) não são observados ecos. A partir deste horário já se nota alguma convecção à leste-nordeste da cidade de Cruzeiro (CRZ) e numa região próxima a Serra da Mantiqueira ao norte de SJC.

A primeira área de convecção próxima a CRZ está relacionada à convergência que se forma no período de tarde (Sakuragi e De Souza, 2000). Esta convergência é provocada pelo encontro da circulação vale-montanha (sudoeste) com a circulação gerada pela Alta Subtropical do Atlântico (nordeste). A segunda área de convecção, ao norte de SJC, também é provocada pela circulação vale-montanha que sobe a serra da Mantiqueira entre as localidades de Monteiro Lobato e São Francisco Xavier. Estes desenvolvimentos apresentam-se bem nítidos nos horários entre 17:00Z e 17:59Z (não mostrado).

Entre 18:00Z e 18:59Z surge uma pequena banda convectiva entre Cachoeira Paulista (CPA) e CRZ com uma ocorrência média entre 14% a 18% dos dias e com um máximo de 20% a 22%. Ao mesmo tempo começa a

se desenvolver cúmulos nimbus no meio do Vale na região entre Guaratinguetá (GUA) e Pindamonhangaba (PND) com ocorrências entre 12% e 18%. Este é o momento em que a frente da brisa marítima encontra-se ao norte do Serra do Mar (Sakuragi e De Souza, 2000). A região deste núcleo desloca lentamente e expande para oeste-sudoeste nos próximos horários.

pequena área com convecção ainda é notada na região entre CPA e CRZ, com uma frequência de ocorrência da ordem de 18% a 22% dos dias e com um pico de 24 a 26%.

Esta convecção perdura até os últimos horários de observação, juntamente com uma pequena área de convecção no estado do Rio de Janeiro, a qual é bastante

Dia	Varreduras	Dia	Varreduras	Dia	Varreduras	Dia	Varreduras
27/12/99	8	28/02/00	20	14/04/00	34	01/02/01	48
25/01/00	10	29/02/00	49	05/11/00	35	02/02/01	42
04/02/00	19	08/03/00	26	06/11/00	20	03/02/01	26
05/02/00	14	10/03/00	26	07/11/00	26	05/02/01	38
08/02/00	27	20/03/00	24	09/11/00	25	23/02/01	30
09/02/00	29	21/03/00	32	16/11/00	25	28/02/01	22
10/02/00	24	26/03/00	25	17/11/00	32	03/03/01	28
11/02/00	27	27/03/00	32	20/11/00	22	04/03/01	23
12/02/00	26	02/04/00	8	22/11/00	17	21/03/01	27
13/02/00	14	07/04/00	18	19/01/01	41	22/03/01	33
15/02/00	23	09/04/00	15	22/01/01	35	23/03/01	24
16/02/00	27	11/04/00	16	27/01/01	28	24/03/01	46
25/02/00	38	12/04/00	20	30/01/01	16	25/03/01	47
27/02/00	12	13/04/00	21	31/01/01	39	<b>Total</b>	<b>1540</b>

Tabela 3: Dias com convecção livre e varreduras feitas pelo radar no dia

Nos horários entre 19:00Z e 19:59Z a ocorrência de ecos cresce rapidamente, atingindo um máximo de 18% a 16% a nordeste de PND. Este aglomerado convectivo toma conta da região entre PND e GUA a partir deste horário.

A partir das 20:00Z a área de maior ocorrência de atividade convectiva entre PND e GUA permanece semi-estacionária. Esta atividade domina, a partir deste primeiro horário, todo o padrão da convecção regional e ao que parece induz movimentos descendentes paralelos ao Vale, em especial na área entre CRZ e CPA, como pode ser visto pela diminuição da ocorrência do CB desta última área.

Entre 21:00Z e 21:59Z a frente de brisa marítima se encontra no meio do Vale, e a circulação de sudeste domina a região central do Vale em baixos níveis (Lemos, 2000). Nesta faixa de horário a área de convecção entre PND e GUA atinge a sua maior extensão. Este máximo pode ser explicado pelos movimentos ascendentes na circulação de nordeste que sobe pela rampa da frente de brisa marítima (Atkins et al., 1995). Dada a importância deste CB, ele batizado de Cumulus Nimbus Guaratinguetá-Pindamonhangaba (CB-G/P). A atividade do CB-G/P começa a diminuir rapidamente se dissipando completamente após 23:00Z. Após este horário uma

persistente e pode ser percebida em todos os horários.

É interessante notar que uma baixa ocorrência de ecos também é observada ao oeste-noroeste de SJC entre 19:00Z e 19:59Z, associada ao encontro da brisa marítima e a brisa da montanha.

A ocorrência total pode ser vista na Figura 4. Claramente observam-se as áreas preferenciais de convecção. O CB-G/P domina uma grande extensão territorial do Vale, com ocorrências atingindo valores de até 16% dos dias estudados. Também com uma elevada ocorrência são os CB's próximos a CRZ, na região de Resende (RJ), na área entre Monteiro Lobato e São Francisco Xavier e num setor ligeiramente ao norte desta área.

Ao longo deste estudo, notou-se que havia uma correlação entre a atividade convectiva sobre duas regiões. Uma entre GUA a PND (A1) e outra entre CPA a CRZ (A2). Afim de melhor estudar a evolução da convecção nestas duas regiões e a relação entre elas, selecionou-se duas áreas, como mostrado na Figura 5. Fez-se uma média meridional dos ecos (dBz) máximos, tomando-se o valor máximo em cada faixa de latitude em intervalos de 15 min para cada dia. Em seguida, este valor foi dividido pelo número de dias em que houve, pelo menos, uma varredura naquele intervalo de tempo.

Um estudo da atividade convectiva no verão sobre o Vale do Paraíba  
através do radar banda-s de São José dos Campos

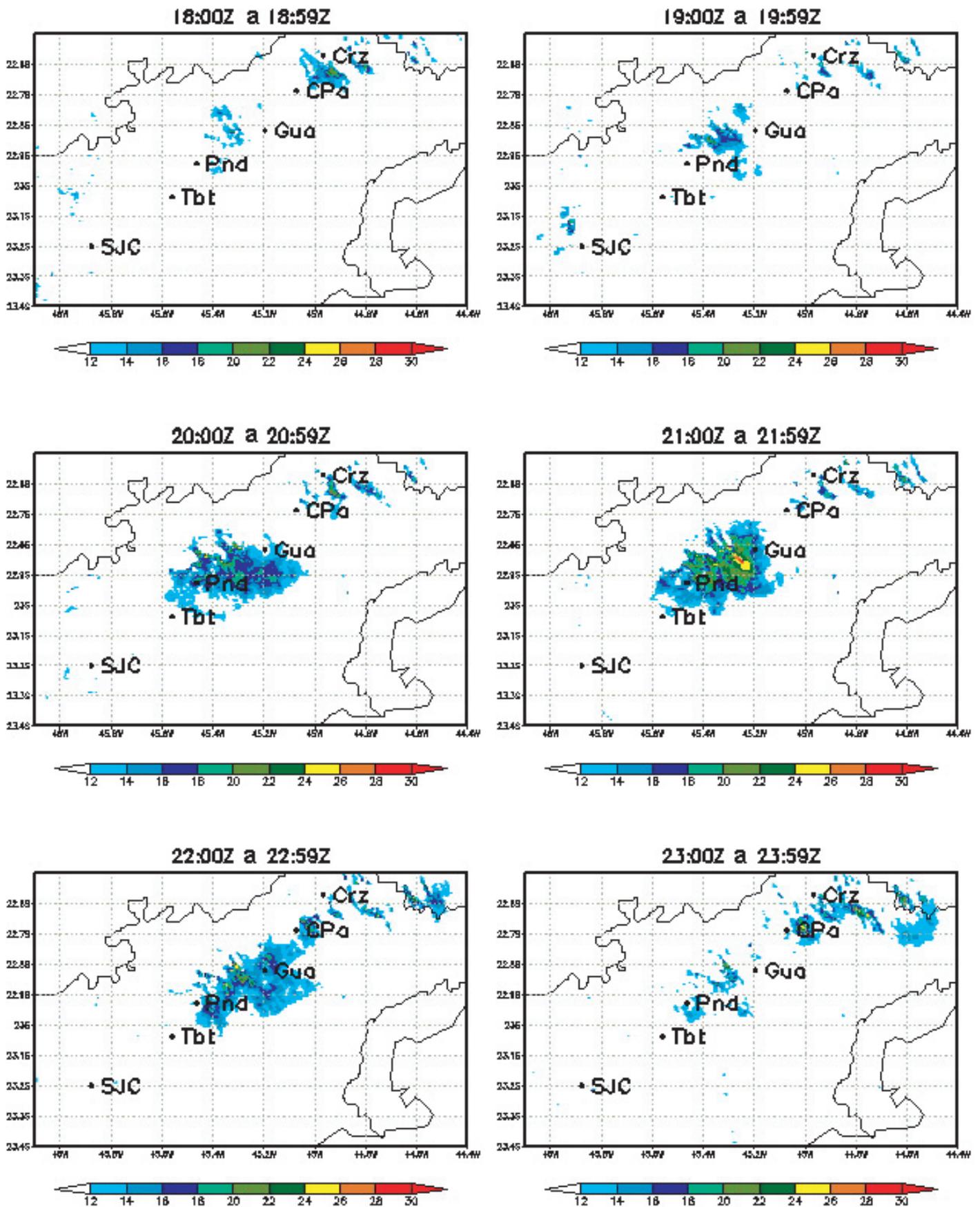


Figura 3: Ocorrência média de ecos de radar em intervalos de 1 hora. O intervalo de tempo está mostrado no topo de cada painel.

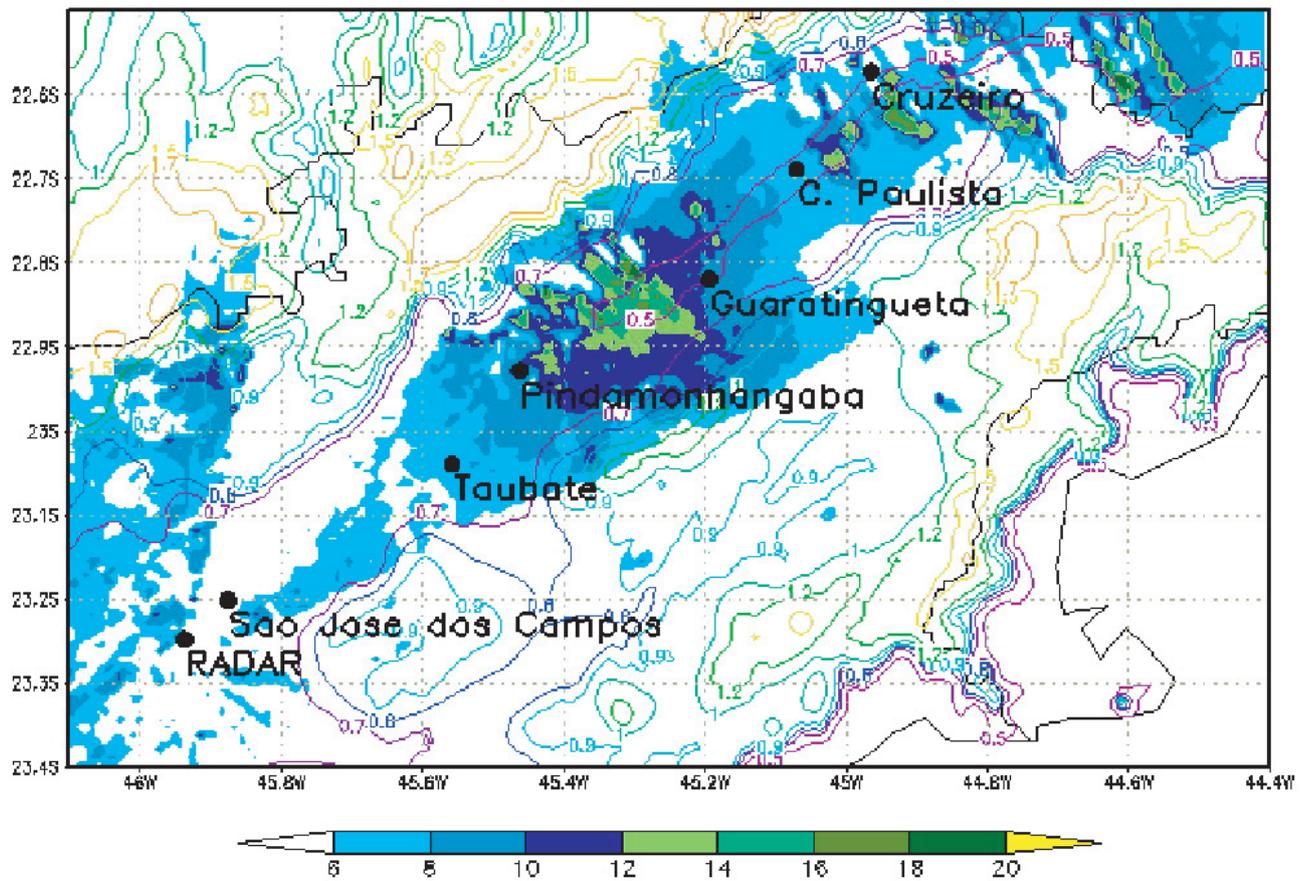


Figura 4: Ocorrência total de ecos (%) no Vale do Paraíba do Sul (hachurado) com as linhas de relevo (contorno).

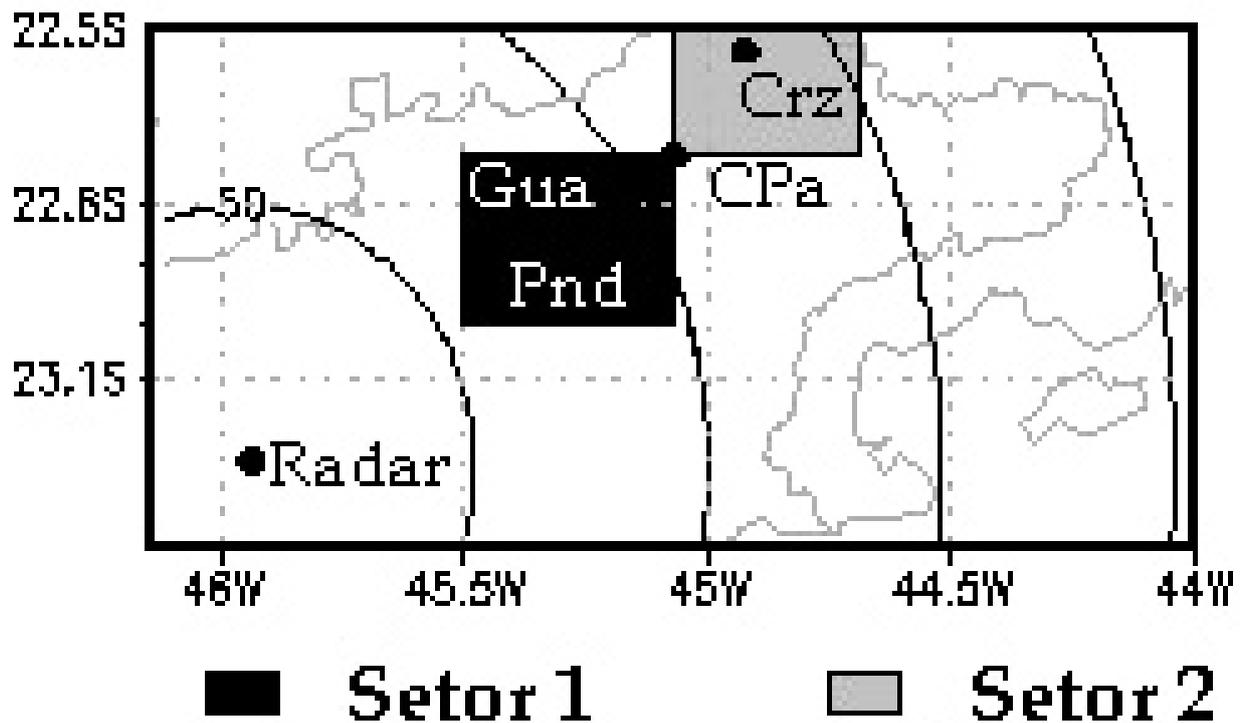


Figura 5: Localização das áreas A1 e A2.

Um estudo da atividade convectiva no verão sobre o Vale do Paraíba  
através do radar banda-s de São José dos Campos

A Figura 6 mostra seções tempo-latitude da média meridional dos ecos mais intensos para A1 e A2. Nota-se que na região A1 a intensidade de eco cresce gradualmente, ampliando a extensão da convecção a partir das 19:00Z. Por volta das 19:30Z a atividade cresce rapidamente, atingindo um máximo de 30 dBz por volta das 21:30Z. A partir deste horário ela diminui, também rapidamente, até as 22:00Z, mantendo, porém, uma ampla área com ecos relativamente fracos, provavelmente associados a chuva estratiforme.

Pode-se notar que a convecção desloca-se em direção sul, com uma velocidade média meridional calculada em cerca de 4,0 km/h. Ou seja, o sistema claramente tende a se deslocar em direção ao meio do Vale, que fica em 22,85 °S, na longitude de 45,3 °W. Nestas coordenadas também está situada a Rodovia BR-116.

A atividade convectiva da área A2 inicia por volta das 18:00Z. O desenvolvimento é rápido, atingindo a sua intensidade máxima as 18:30Z, quando se encontra próximo ou sobre a BR-116. Apesar de que a convergência entre a circulação de vale e da Alta do Atlântico Sul ocorre por volta das 15:00Z. É interessante notar que quando a atividade convectiva atinge o seu máximo (mínimo) na A1, a convecção atinge o seu mínimo (máximo) na A2. Esta redução da atividade convectiva na A2 poderia estar relacionada a subsidência provocada pela convecção na região A1, que neste momento ganha intensidade com a chegada da frente de brisa marítima no fundo do Vale. A correlação entre os dois campos foi calculada em -0,71. Esta alta correlação demonstra que o comportamento das duas áreas está fortemente associado.

A Figura 7 mostra o corte zonal feito para a

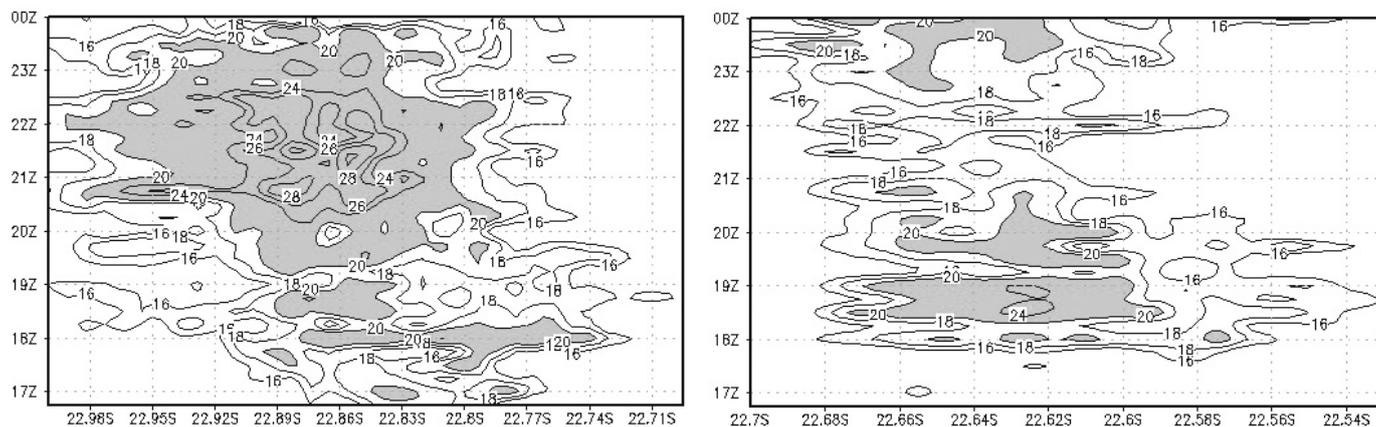


Figura 6: Média meridional dos ecos máximos na região A1 (esquerda), e na região A2 (direita). Valores acima de 20 dBz estão sombreados.

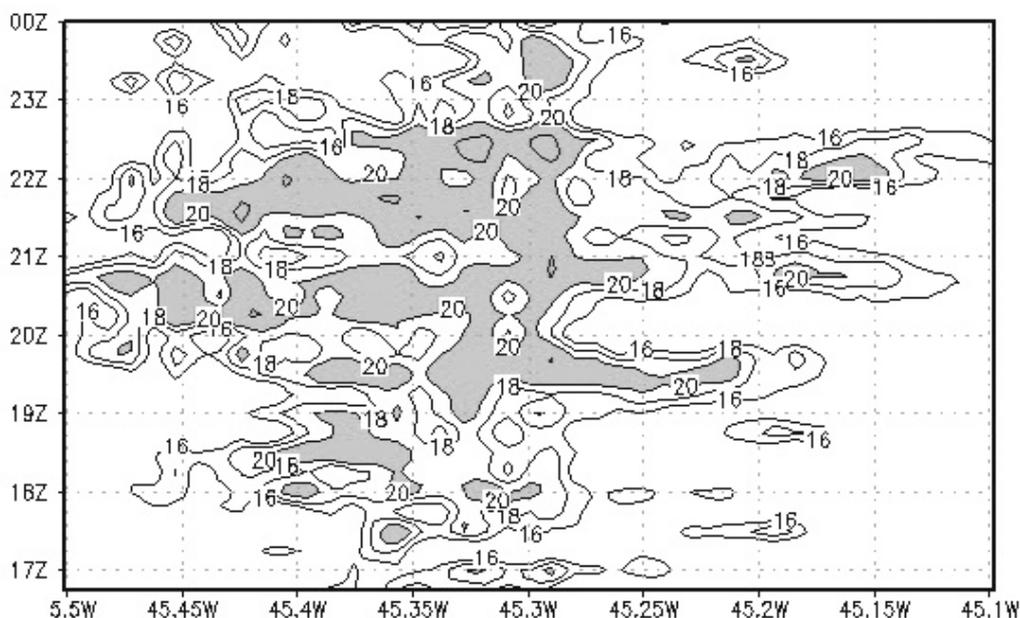


Figura 7: Média zonal dos ecos máximos em A1. Os valores acima de 20 dBz estão sombreados.

região A1. Como se pode notar o padrão é diferente de seu comportamento meridional. Inicialmente a convecção aparece as 17:00Z, entre 45,3W e 45,4W, porém somente a partir das 19:00Z ela começa a ampliar a sua área de atuação. A partir deste momento a área convectiva se expande como uma pluma, porém o seu núcleo permanece semi-estacionário em 45,3W. Entre

20:30Z e 22:30Z quase toda região A1 está tomada pela convecção. A partir deste horário a atividade convectiva decai rapidamente, mas permanece ativa imediatamente ao leste de 45,3W.

A Figura 8 apresenta a ocorrência dos ecos em intervalos de intensidade dos ecos. Em geral, as ocorrências menores são observadas nos intervalos de

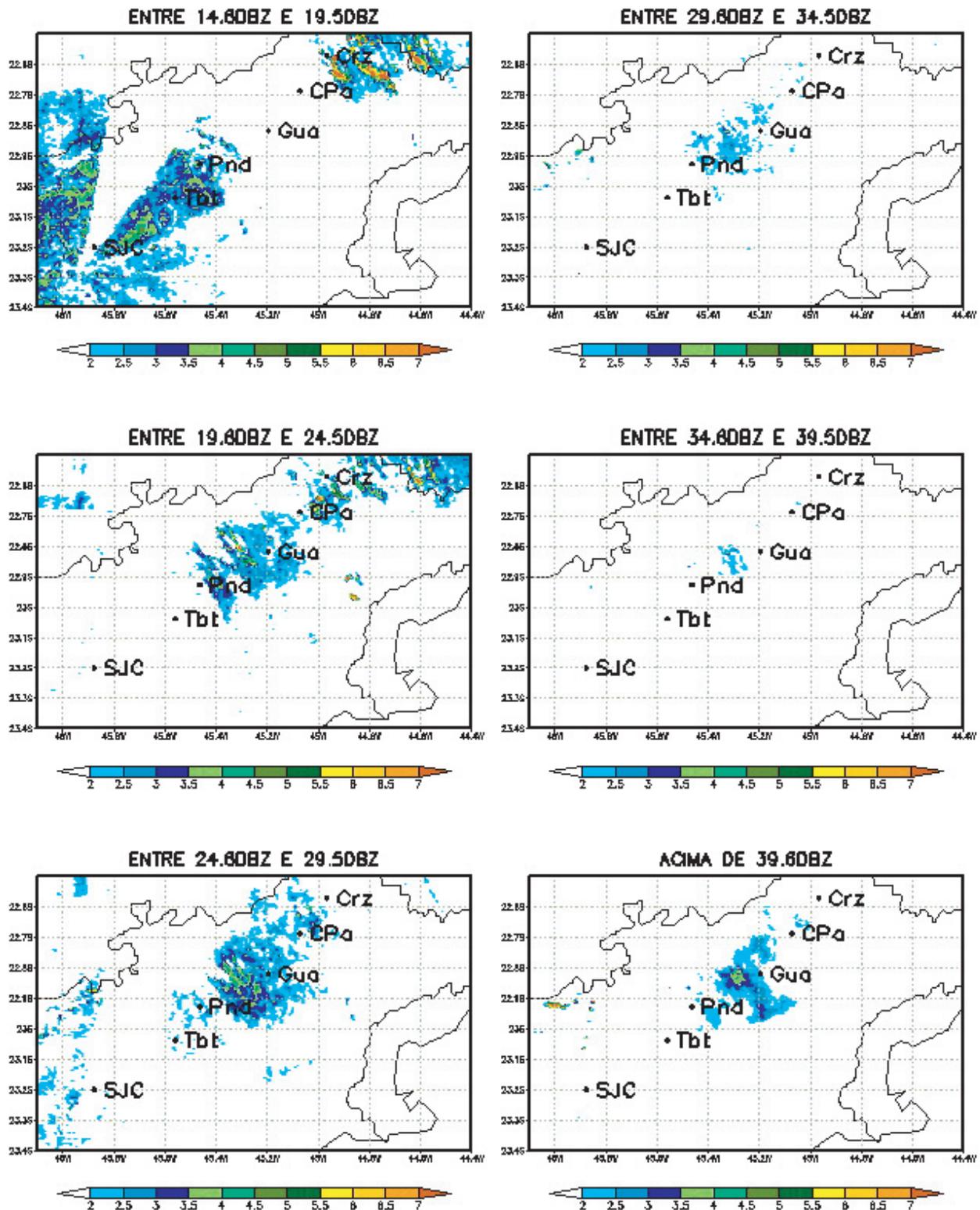


Figura 8: Ocorrência de ecos (%) em intervalos de intensidade.

Um estudo da atividade convectiva no verão sobre o Vale do Paraíba  
através do radar banda-s de São José dos Campos

14,6 a 19,5 dBz e de 29,6 a 39,5 dBz. Observa-se uma grande quantidade de ecos, no intervalo de 14,6 a 19,5 dBz, próximos do radar e na área ao leste de CRZ. Ao norte da cidade de SJC, também há uma área significativa com convecção fraca que, provavelmente, está associada a frente de brisa marítima.

Os ecos ao leste de CRZ são relativos aos CB's que foram descritos anteriormente. Eles têm uma ocorrência que fica em torno de 13% dos dias, na faixa de intensidade de 14,6 a 24,5 dBz. Provavelmente, estes sistemas de CB's são mais intensos dos que os detectados pelo radar. Mesmo com a correção com a distância aplicada conforme as equações 1 a 3, o sinal é subestimado.

O Cumulo-nimbus situado entre GUA e PND (CB-G/P) se apresenta nesta mesma faixa. No geral, a sua ocorrência não é muito alta (entre 2 e 3%). Todavia, há um pequeno núcleo com uma ocorrência acima de 8% entre GUA e PND. O CB-G/P pode ser percebido entre 24,6 dBz e 29,5dBz, o que corresponde, na equação de Marshall-Palmer (Marshall e Palmer, 1948) a uma razão de chuva entre 1,26 e 2,54 mm/h. Entre 29,6 dBz e 34,5 dBz o CB ainda pode ser notado, o mesmo já não ocorrendo com os demais sistemas convectivos.

Entre 34,6 dBz e 39,5 dBz, curiosamente, não é notado nenhum sinal. Para valores acima de 39,6 dBz novamente o CB-G/P aparece na imagem. Além de ser um sistema que domina o padrão atmosférico local, ele é seletivo com relação à faixa de ecos, atuando nas faixas de baixas intensidades (19,6 dBz a 24,5 dBz) associadas a chuvas fracas (0,6 a 1,2 mm/h) e em valores associados a chuvas moderadas e fortes (acima de 10,0 mm/h).

A região ao norte de SJC, na encosta da Serra da Mantiqueira, apresenta uma elevada ocorrência de ecos de alta intensidade. Muitos destes ecos, com valores acima de 90 dBz, são provocados por uma elevação de 1500 m de altura.

### 3.1. Comportamento da Convecção no dia 05/11/2000

O dia 05 de novembro de 2000 foi um dia típico de verão. Neste dia a convecção tropical dominava todo o Brasil Central. Grande parte do país estava com céu nublado a encoberto. Sobre o Estado de São Paulo o céu estava encoberto principalmente com nuvens altas. A pressão à superfície as 24:00 era de 1008,0 hPa na cidade de São Paulo. No interior do Estado estes valores

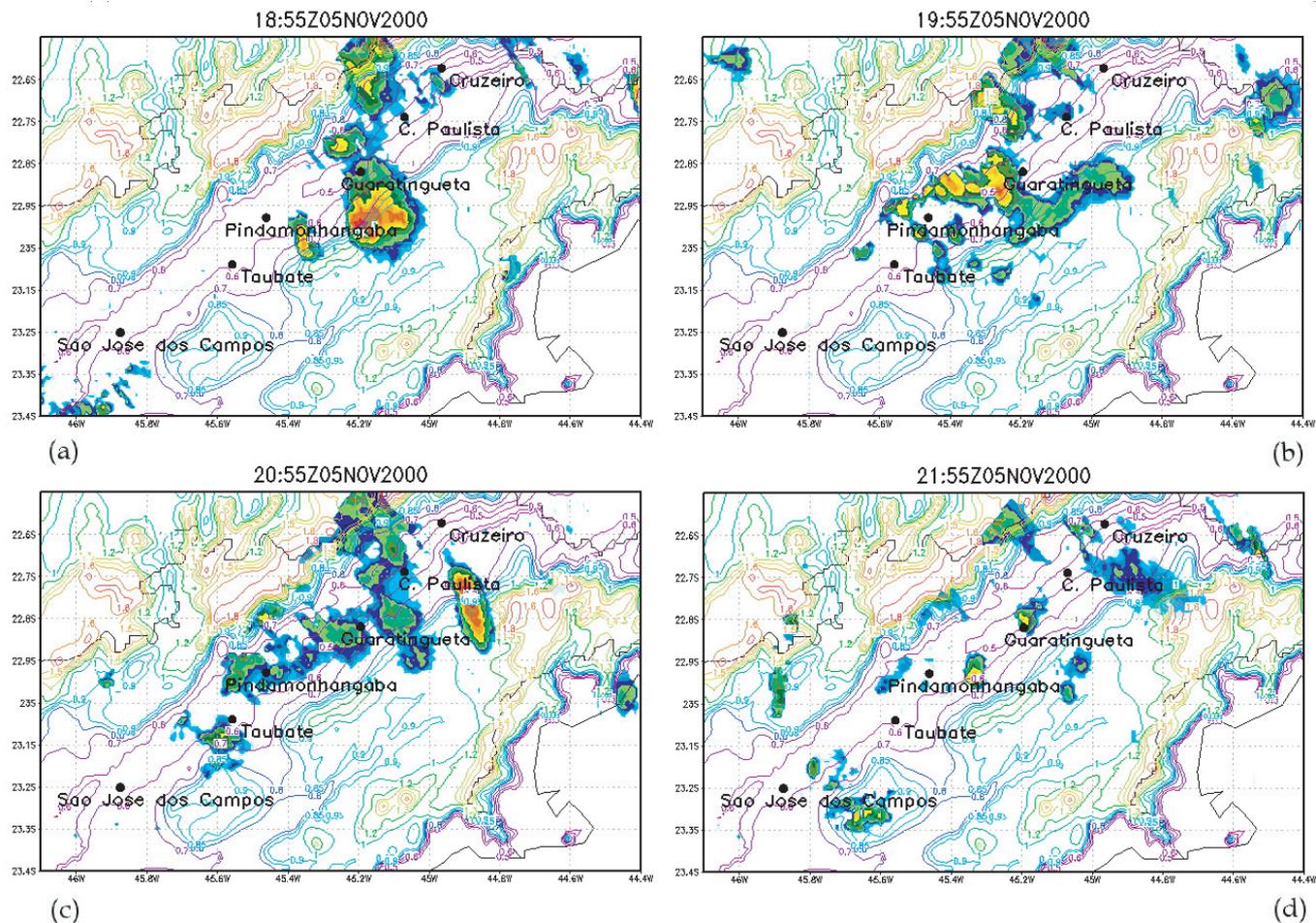


Figura 9: Intensidade média horária do eco do radar no dia 05 de novembro de 2000 entre 18:55Z e 21:55Z.

chegavam 1004,0 hPa no setor norte e 1007,0 hPa no oeste. Os ventos estavam calmos na faixa leste do estado e de sul no oeste.

As Figuras 9a-d mostram a distribuição dos ecos médios horários sobre o Vale do Paraíba. A convecção começou as 17:00Z (não mostrado), quando se formou células convectivas sobre o Vale e redondezas, em especial na região do município de Resende, no Estado do Rio de Janeiro, próximo a C. Paulista. Algumas células também já podiam ser vista no litoral sul do RJ e no meio da Serra do Mar. A partir das 18:55Z (Figura 9a) uma forte célula convectiva encontrava-se ao sul de GUA. Ela se formou por volta das 17:25Z (não mostrado), nas encostas da Serra da Mantiqueira. Esta célula já podia ser vista a oeste de GUA as 17:55Z (não mostrado). As 18:25Z (não mostrado) formou-se uma linha de instabilidade desde GUA até aos contrafortes da Serra da Mantiqueira ao norte de CPA. Esta linha seguiu o fluxo de retorno da corrente de brisa, que fluí de noroeste (Lemos, 2000).

Após este horário, a célula que estava ao leste de GUA deslocou-se rapidamente para o meio do Vale, sendo que as outras desapareceram. Neste momento foram registrados valores de 90 dBz, sendo um provável indício de que havia granizo dentro do sistema. As 18:55Z a célula atingiu a Serra Quebra Cangalha. Neste momento, teoricamente, a frente de brisa marítima estaria sobre esta serra, tendo a convergência associada tomado uma forma de T invertido e que se estendeu pelo meio do Vale (Barros et al., 1987). As 19:10Z (não mostrado), o sistema desapareceu do campo do radar. Às 19:25Z (não mostrado), no mesmo local surgiu um outro sistema, o qual havia desaparecido as 19:40Z. A partir das 19:55Z (Figura 9b) são observadas várias áreas de chuva sobre o Vale. Outros núcleos de atividade convectiva são percebidos próximos na encosta da Serra da Mantiqueira e ao norte de Cachoeira Paulista.

As 20:55Z (Figuras 9c), onde normalmente se esperaria a maior intensidade de convecção, as células perderam força, com exceção de uma surgida ao sul de CRZ próxima a Serra da Bocaina. A partir das 21:55Z (Figura 9d) surgem várias células pequenas sobre o Vale, algumas com até 55 dBz de intensidade. Um pouco antes das 22:00Z, a atividade convectiva aumentou significativamente na região CRZ. Esta atividade manteve-se até as 24:00Z, o que confirma a correlação negativa entre a áreas próximas a GUA e a CRZ.

É interessante notar que, em toda a área estudada, a porcentagem de ecos acima de 43,83 dBz foi de 8,8%.

#### 4. CONCLUSÕES

A atividade convectiva sobre o Vale do Paraíba apresenta padrões que são claramente influenciadas pelo

relevo local e o contraste terra e mar (brisa marítima). A área de atividade convectiva entre Guaratinguetá e Pindamonhangaba é o padrão dominante e o mais importante de todo o Vale. A origem da convecção não relacionada a sistemas sinóticos entre as cidades de GUA e PND está associada a convergência das brisas de vale e do mar. A modelagem feita com o RAMS (Sakuragi e De Souza, 2000) demonstrou que a convergência sobre a região se dá as 19:00Z. Todavia, os maiores ecos ocorrem entre 21:00Z e 21:59Z, no meio do Vale do Paraíba. Uma possível explicação do atraso é que o aprofundamento da convecção só ocorre quando a frente da brisa marítima se aproxima do meio do Vale (Atkins et al., 1995).

A atividade convectiva apresenta uma faixa de ecos preferencial em torno de ecos fracos (19,6 e 29,5 dBz) e ecos fortes (acima de 39,6 dBz). Quando o sistema está mais ativo, ele encontra-se sobre a área da BR-116 (Rodovia Presidente Dutra), próximo a GUA.

Dois regiões apresentam elevadas ocorrências de ecos, uma entre GUA e PND (A1) e outra entre CPA e GUA (A2). Os ecos destas duas regiões apresentam uma forte correlação negativa. Quando A1 atinge o máximo de atividade convectiva por volta de 21:30Z, o eco da região A2 enfraquece, provavelmente devido aos movimentos descendentes provocados pela atividade em A1. A região A2 apresenta duas células de CB's, atingindo suas intensidades máximas sobre a BR-116, entre 18:00Z e 19:00Z.

Por fim, os mapas apresentados nas Figuras 3, 4 e 6 são úteis para a previsão de tempo operacionais da região do Vale do Paraíba. Estas figuras demonstram que o padrão de convecção sobre o Vale tem algum grau de previsibilidade no que se refere a sua intensidade, localidade e hora de atuação.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao Dr. Roberto Calheiros pelas informações passadas sobre a calibração do radar de Bauru, aos colegas Jójhy Sakuragi e Marcos Bottino que nos deram preciosas informações quanto a digitalização das imagens do radar de São José dos Campos, ao Dr. Marcelo Selluchi e aos colegas do Setor de Previsão de Tempo do CPTEC, em especial a Sergio Calbete Rocha, Nuri Oyanburo, Viviane Regina Algarve e Miriam Caetano pelas informações sinóticas passadas.

#### 6. BIBLIOGRAFIA

ATKINS, N.T., WAKIMOTO, R.M., WECKWERTH, T. M. Observations of the sea-breeze front during CaPE. Part II: Dual-Doppler and aircraft analysis.

Um estudo da atividade convectiva no verão sobre o Vale do Paraíba  
através do radar banda-s de São José dos Campos

- Monthly Weather Review**, v. 123, p. 944-969, 1995.
- BARROS, M.T.L., PEREIRA FILHO, A.J., BRAGA JR., B.P.F. Climatologia da precipitação na área do radar meteorológico de São Paulo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS, 7., 1987, Salvador. **Anais...** São Paulo: Associação Brasileira de Hidrologia e Recursos Hídricos, 1987. v. 2, p. 1-17.
- CALHEIROS, R.V. **Resolução espacial de estimativas de precipitação com radar hidrometeorológico**. 1982. 229 f. Tese (Doutorado em Meteorologia) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2001: **Características de nuvens convectivas**. Comunicação Pessoal.
- FISCH, G. **Distribuição da precipitação em Taubaté, Vale do Paraíba (SP)**. Taubaté: UNITAU - Departamento de Ciências Agrárias, 1995. 8 p.
- LEMOS, C.F. **Caracterização e variabilidade climática do Vale do Paraíba - SP**. 2000. 114 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - UNITAU - Universidade de Taubaté, Taubaté.
- LIBRELATO, A.S. **Introdução ao Sistema Radar Meteorológico Doppler RMT0100D**. São José dos Campos, 1997. 29 p. Curso de Interpretação de Imagens e Análise Meteorológica. UNIVAP - Universidade do Vale do Paraíba.
- MARSHALL, J.S., PALMER, W.M. The distribution of raindrops with size. **Journal of Meteorology**, v. 5, p. 165-166, 1948.
- SAKURAGI, J., DE SOUZA, L.H. Modelagem de brisas circulação vale-montanha para o Vale do Paraíba e Litoral utilizando o RAMS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 11., 2000, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBMET, 2000. p. 1618-1625.