

Avaliação dos eventos extremos de chuvas em Caracas, Venezuela, de 12 –16 Dezembro 1999

Jose A. Marengo, Josiane F. Bustamante, , Lúcia Helena R. Machado, Marcus J. Bottino, Jorge L. Gomes

Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE)

Rodovia Presidente Dutra Km. 40, 12630-000, Cachoeira Paulista, São Paulo, Brasil

(tel: 012-560 8464, fax: -12-561 2835, email:marengo@cptec.inpe.br)

Maria Isabel Rojas

Universidad de los Andes, Merida, Venezuela

Abstract

We assess some of the oceanic and atmospheric conditions that preceded the extreme rainfall events in the state of Vargas, in the northern Caribbean coast of Venezuela during December 12 and 15-16 1999. These events were related to interactions between anomalies in sea surface temperature in both Pacific and Atlantic on the Caribbean side of the country, and combined with deforestation of the hills and the saturated soil, produced avalanches in the northern side of the city of Caracas, destroying entire neighborhoods and killing an estimate of 30,000 people. Detailed analysis of sea surface temperature, surface and upper air circulation of these two cases indicate that both events were similar in rainfall intensity, but were different in terms of oceanic conditions and surface circulation and rainfall diurnal variability.

1. Introdução

O objetivo principal deste trabalho é de apresentar uma análise observacional das condições da temperatura da superfície do mar, da circulação atmosférica em superfície e da convecção que precederam os eventos extremos de chuva dos dias 12 e 15-16 de Dezembro de 1999. Resultados das saídas dos modelos global e regional do CPTEC para a região de estudo durante este evento podem ser obtidos em Rozante et al. (2000), onde é avaliado o desempenho dos modelos do CPTEC rodados com diferentes condições de contorno para esse período de chuvas extremas na Venezuela, fornecendo assim um indicador da previsibilidade de tempo na região Caribenha das Américas e do Atlântico tropical.

As chuvas que atingiram a Venezuela na semana de 12-16 de Dezembro de 1999 estão sendo consideradas como o maior desastre natural ocorrido na história recente deste país. A região mais atingida foi o litoral do Caribe, no Estado de Vargas, que ocupa uma faixa de terra entre o mar e as montanhas. Nos dias 15 e 16 de Dezembro, os registros de chuva na cidade de Caracas indicaram 85 mm acumulados para o dia 15 e 70 mm acumulados no dia 16, durante um período do ano que climatologicamente corresponde a estação seca. O total de chuvas acumulado em Caracas em Dezembro 1999 foi de 282 mm, sendo que a média climática do mês é de 52 mm segundo a CRU (Climate Research Unit da University of East Anglia, UK). A CRU indica que no período 1951-80 a média histórica para Caracas é de 855 mm/ano. No mês de Dezembro de 1999 no período de 8 até 16 a chuva acumulada foi de 242 mm. Ou seja, 87% do total da chuva mensal aconteceu nesse período. Os dias mais chuvosos foram 12 de Dezembro e 15 e 16 Dezembro, sendo que as chuvas destas datas têm, possivelmente, diferentes causas físicas.

Estes eventos de chuvas extremas causaram um enorme prejuízo social. Os mortos pelas chuvas na região de Caracas podem ultrapassar 30,000, segundo o governo, como consequência das inundações e deslizamentos de terra associadas às chuvas extremas nesses dois períodos, especialmente no segundo caso. Ainda que as chuvas não tenham sido tão abundantes como em outras regiões tropicais, o efeito de desmatamento e mudanças de uso da terra na região foi tal que a terra ficou exposta numa área de vale, e após a chuva do dia 12, o solo ficou quase saturado. Com as chuvas dos dias 15 e 16 produziu-se uma correnteza de água e lama que desceu pelo vale levando sedimentos e arrastando casas e habitantes até o Mar do Caribe.

Neste estudo, foi analisado a situação sinótica que antecedeu e prevaleceu durante estes episódios de chuvas intensas, nos dias 12, 15 e 16 de Dezembro de 1999. São discutidas as condições do fluxo atmosférico em baixos níveis (850 hPa), as condições da temperatura da superfície do mar na região do Caribe, e a circulação atmosférica em escala regional, assim como os padrões de convecção nesses períodos. O objetivo é determinar as causas físicas que levaram a esses extremos de chuva, e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico Equatorial nestes episódios.

2. Antecedentes

As precipitações abundantes que afetaram o país em Dezembro de 1999 podem ser explicadas, em parte, pelo efeito remanescente de frentes frias vindas do norte, chamadas localmente de “Situaciones Nortes”, as quais estão associadas a chuvas pouco intensas e muito persistentes. As frentes na sua parte mais ao norte, em latitudes altas, tem sua gênese nos centros de baixa pressão e, eventualmente, se estendem até a região tropical. Durante o mês de Dezembro, assim como nos meses da estação seca, situações como esta podem atingir o litoral central da Venezuela, com uma frequência de 3 a 4 vezes por mês. Os efeitos remanescentes das frentes que chegam até a costa caribenha da América do Sul são fracos, porém, quando atingem a costa são afetados pela orografia intensificando-se e gerando chuvas fracas por vários dias. Em alguns anos, os sistemas frontais podem chegar mais intensos e, conseqüentemente, geram precipitações maiores que o normal por vários dias consecutivos.

Com pouca frequência os efeitos remanescentes das frentes podem chegar a região costeira da Venezuela muito intensos, gerando chuvas intensas por alguns dias e produzindo enchentes, como a ocorrida em fevereiro de 1951 e agora em 15 e 16 Dezembro 1999.

Um relatório técnico, divulgado pelo governo da Venezuela, indica que durante o dia 16 de Dezembro de 1999 ocorreu uma situação de divergência nos altos níveis da atmosfera sobre o centro-norte do país, o que possivelmente favoreceu a formação de nebulosidade de pouca espessura, associada a chuvas fracas e contínuas, que se desenvolveram até gerar nuvens convectivas responsáveis por temporais ocorridos durante a manhã e ao meio dia do dia 16 de Dezembro.

Ainda que as chuvas não tenham sido muito intensas, o efeito humano sobre o meio ambiente acarretou, como consequência, uma intensificação da catástrofe. Não temos por enquanto uma idéia clara do que aconteceu com as condições atmosféricas e oceânicas durante esses dois episódios de chuvas abundantes. Meteorologistas locais indicaram que as chuvas foram originadas pela passagem de ondas de mau tempo sobre o Mar Caribe ao norte da Venezuela, associado ao aquecimento diurno, responsável pelo desenvolvimento de nebulosidade convectiva, e a ventos e ondas fortes no oceano. Afirma-se que estas precipitações não são comuns nesta época do ano. Alguns atribuem estas catástrofes ao fenômeno La Niña, ou às mudanças climáticas, tal como o aquecimento da terra devido ao aumento da concentração dos gases, responsáveis pelo efeito estufa. No entanto é impossível dizer o quanto estes fenômenos efetivamente contribuíram para este desastre.

3. Dados e metodologia

Foram utilizadas informações diárias de chuva da estação do Aeroporto Internacional Simon Bolivar da cidade de Caracas, para Dezembro de 1999, fornecidas pelo Dr. Luis Jose Matta da Universidade de Bonn-Alemanha, e da Fuerza Aerea Venezolana, além de informações climáticas de Caracas desde 1901 a 1988 fornecida para Climate Research Unit-University of East Anglia, UK.

Informações diárias da temperatura média semanal do oceano Atlântico (TSM) na região de estudo (30N-15S, 85W-15W) no período de 9-19 de Dezembro foram fornecidas pelo NCEP (National Center for Environmental Predictions). As análises diárias foram fornecidas pelo NCEP a uma resolução de 1,875x1,875 graus de latitude-longitude para as 00 e 12 Z. As variáveis analisadas são circulação e altura geopotencial em 200 e 850 hPa. Imagens de satélite GOES foram utilizadas para observar o deslocamento dos sistemas convectivos que produziram a chuva na região, durante os dois períodos de estudo, 10-13 e 14-17 Dezembro de 1999. A figura 1 mostra a distribuição diária de chuvas em Caracas, para o mês de Dezembro de 1999. Nesta figura pode-se observar os períodos mais chuvosos mencionados anteriormente, que serão utilizados como os casos para estudo.

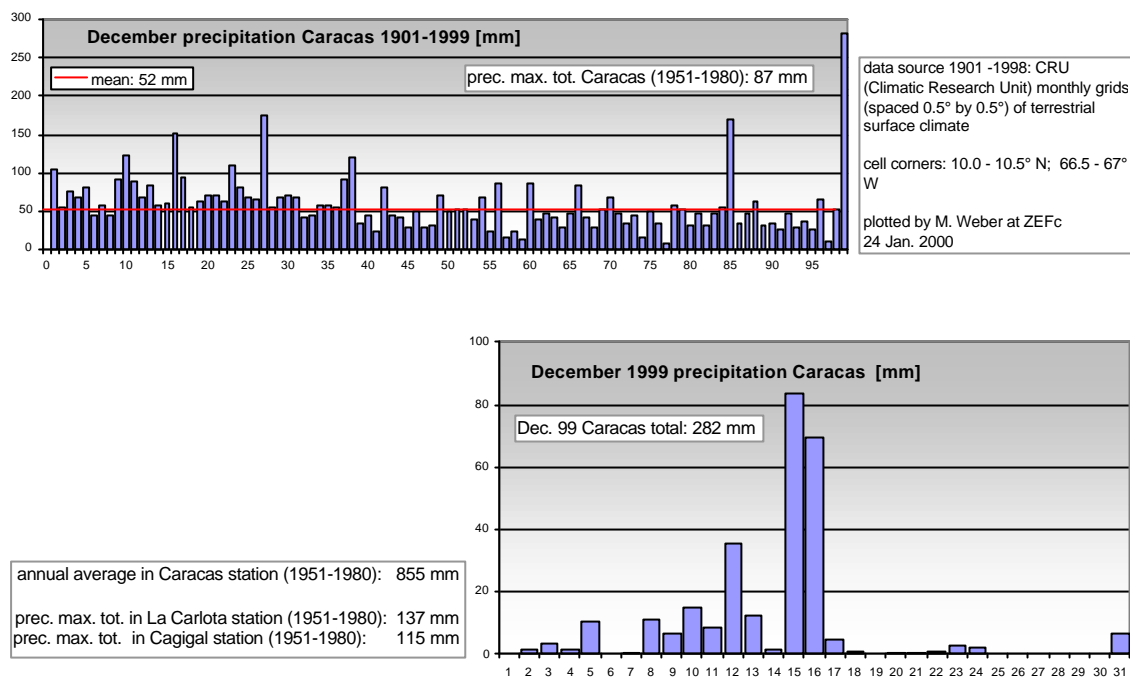


Figura 1: Distribuição diária de chuvas em Caracas, Venezuela durante Dezembro de 1999 e precipitação média de Caracas desde 1901 a 1998, fornecidas por la CRU (fonte. Luis Jose Matta, Universidade de Bonn-Alemanha).

4. Situação sinótica de TSM tropicais

Os meteorologistas locais detectaram no início de Dezembro de 1999, um escoamento com fluxo de oeste proveniente da América Central, associado com a parte ativa de um cavado em altitude, gerando bandas de nebulosidade sobre o Caribe, influenciando as precipitações, especialmente, sobre o norte do país. Estas precipitações afetaram o Norte dos estados de Zulia, Cumarebo, Dabajuro, Península de Paraguaná, Coro, Mirimire, e Tocuyo de la Costa en el Norte do estado Falcón; e com chuvas intermitentes em Naiguatá, Caraballeda, La Guaira y Catia La Mar, e no estado de Vargas.

a) O Caso de 10-13 de Dezembro de 1999

No período anterior a 10 de Dezembro (Figura 2), observam-se anomalias frias de TSM (de até -1.2° C) sobre o mar do Caribe próximo a Cuba e o sueste dos Estados Unidos (22 N 77W) que se mantêm intensas até o dia 13 de Dezembro. Neste mesmo período, sobre o oceano Atlântico tropical (8N 40W), uma anomalia de TSM positiva é observada mantendo-se estável em torno de $+1^{\circ}$ C. Deste modo há um gradiente de TSM entre a região do Mar do Caribe e do Golfo do México e a região do Atlântico tropical central, que parece se intensificar antes do episódio de chuvas intensas do dia 12.

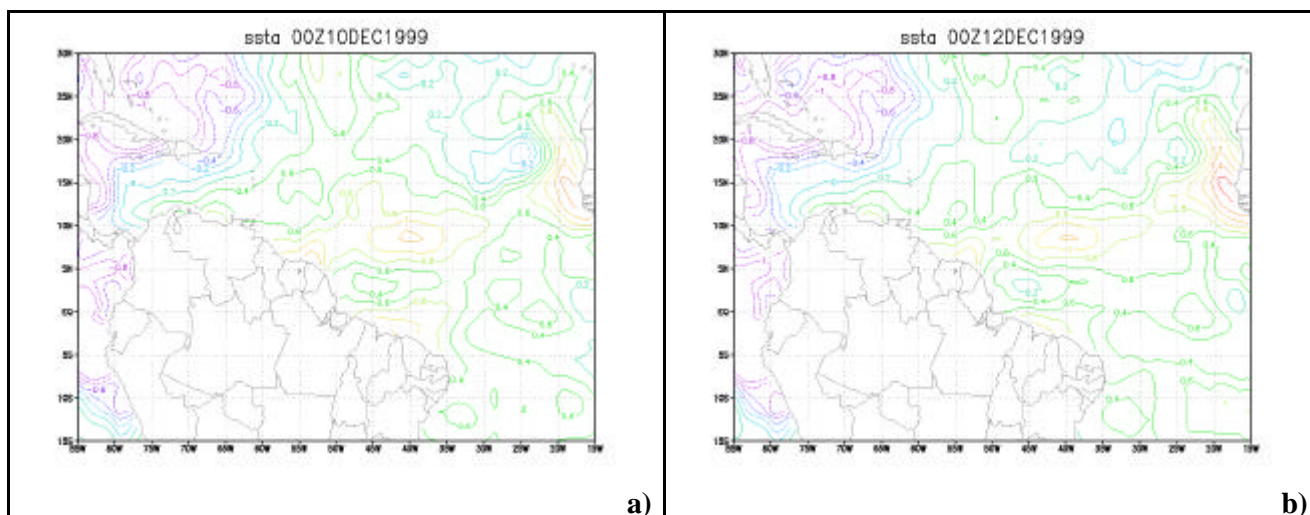


Figura 2. Anomalia da temperatura da superfície do mar: (a) 00 Z do dia 10 de Dezembro, (b) 00 Z do dia 12 de Dezembro 1999.

Uma anomalia ciclônica é detectada (associada a um vórtice ciclônico) desde o dia 9 até o dia 13 sobre o interior de Nordeste do Brasil, intensificando-se durante os dias 10 e 11. Na Tabela 1 pode-se observar os valores de chuvas ocorridas em diferentes regiões da Venezuela.

Tabela 1. Chuvas acumuladas nos dias 11-13 de Dezembro 1999 na Venezuela (Fonte: Fuerza Aerea Venezolana, FAV 1999)

Data	Estação (Estado)	Precipitação (mm)
11 / 13 Dezembro (72 horas)	Coro (Falcón)	62,8
	La Negrita (Falcón)	85,6
	Tocopero (Falcón)	131,2
	Mene Mauroa (Falcón)	301,2
	Tacarigua (N.Esparta)	90,0
	La Asunción (N.Esparta)	176,0
	San Juan (N. Esparta)	196,0
	Barquisimeto (Lara)	19,7

A análise da circulação em 850 hPa (Figura 3), durante os dias anteriores as chuvas do dia 12, apresenta uma circulação anticiclônica sobre a região próxima a Miami e uma baixa pressão intensa que tende a se deslocar para o norte. A região da costa da Venezuela apresenta circulação intensa de leste que se estendendo pela região dominada pelos ventos de leste até 15°S sobre América do Sul e Atlântico Tropical Sul. Ao sul de 5°N, o vento que vem do Atlântico alcança a costa do Maranhão até o leste de Venezuela com componente de leste bastante intensa. Toda a área próxima ao Golfo do México, apresenta também condições de céu claro, associados a intensificação da alta pressão sobre a área, com anomalias negativas de TSM. Observa-se uma frente fria deslocando-se para o sudeste e convecção isolada sobre o litoral de Venezuela consistente com as anomalias positivas de TSM nesta área.

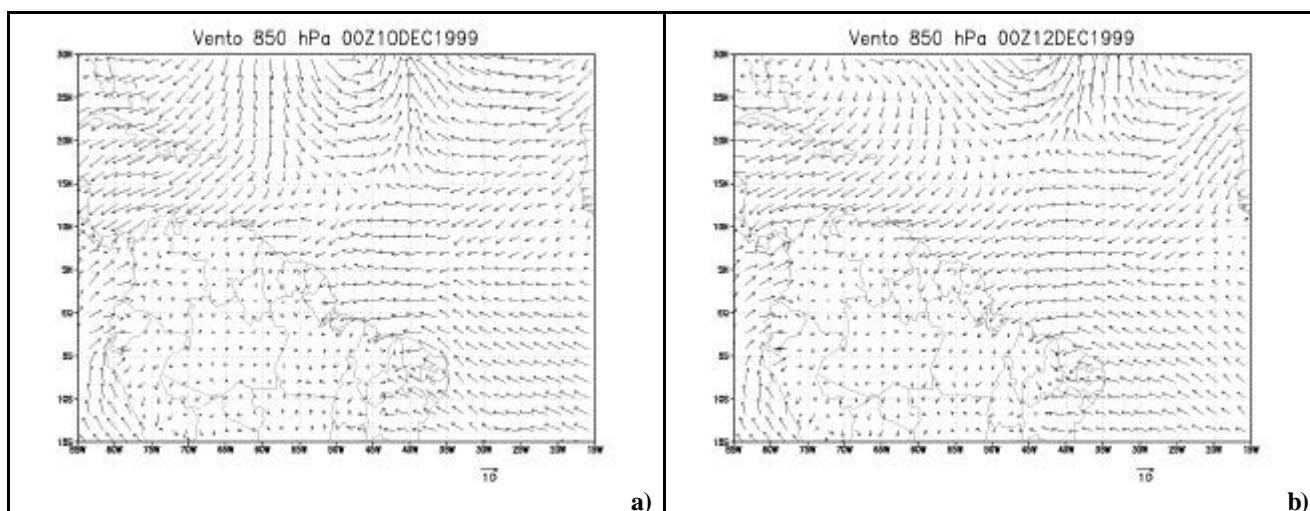


Figura 3. Circulação em 850 hPa: (a) 00 Z do dia 10 de Dezembro, (b) 00 Z do dia 12 de Dezembro 1999.

As imagens de satélite para o período de 10-13 de Dezembro (Figura 4) apresentam uma região de convecção relativamente pequena sobre a região de Caracas, além de uma área de grande desenvolvimento convectivo ao leste da Colômbia. A área de convecção sobre Caracas intensifica-se sobre o litoral do país aproximadamente as 11-12 Z e depois desloca-se para o interior do país, com maiores intensidades após as 20 Z.

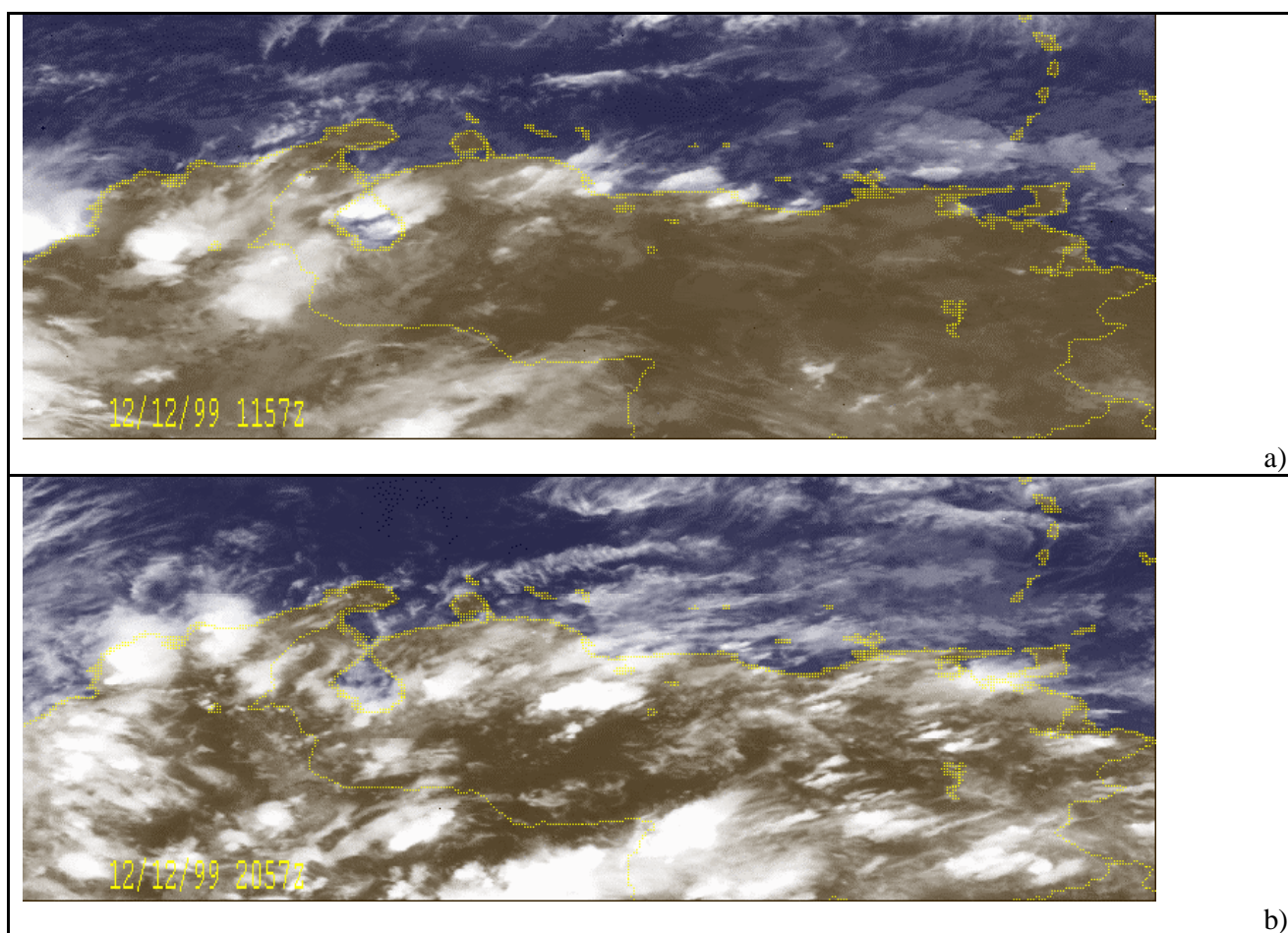


Figura 4. Imagens de satélite para o dia 12 de Dezembro. (a) 1157 Z, (b) 2057 Z.

b) O Caso de 15-16 de Dezembro de 1999

Este evento foi caracterizado por chuvas superiores a 150 mm nos dois dias. Os campos de TSM indicam de fato uma intensificação das anomalias de TSM na região central do Atlântico entre 10N-45W, com anomalias maiores que $+1^{\circ}\text{C}$. A região com anomalias positivas estende-se para oeste alcançando o litoral das Guianas e o leste da Venezuela, intensificando no dia 15 ($+1,6^{\circ}\text{C}$), e recuando até sua posição no Atlântico central no dia 16. Observa-se também que o gradiente de TSM é mais intenso neste período do que o gradiente observado no caso do dia 12 (Figuras 2 e 5).

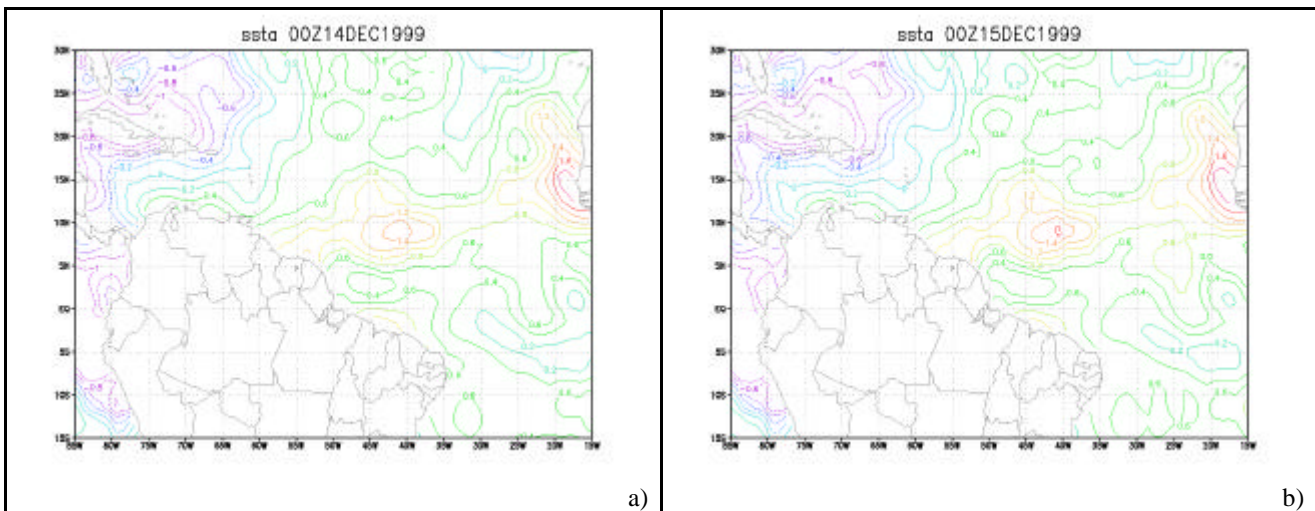


Figura 5. Anomalia da temperatura da superfície do mar: (a) 00 Z do dia 14 de Dezembro, (b) 00 Z do dia 15 de Dezembro de 1999 .

O aquecimento do Atlântico tropical do norte, estendendo-se desde os 40W até 60W no litoral da Venezuela, assim como a intensificação das anomalias é consistente com os campos de temperatura e circulação próximos à superfície nessa área. O campo de circulação em superfície (Figure 6a) apresenta como no primeiro caso de estudo, ventos predominantemente zonais de leste, mas diferentemente do primeiro caso, os ventos tem a componente nordeste mais forte e, conseqüentemente, transportam mais umidade e ar quente quando se deslocam sobre a área de anomalias quentes do Atlântico tropical, alimentando a convecção nesta área. Esta convecção é também favorecida pela circulação em altos níveis e a presença de elevação do terreno numa faixa próxima ao litoral.

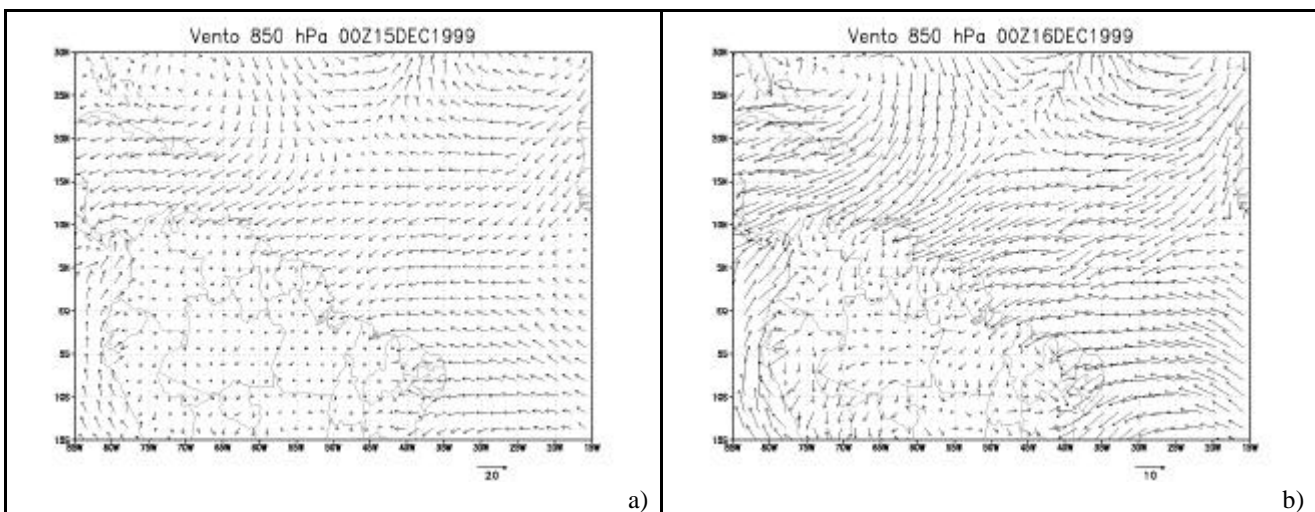


Figura 6. Circulação em 850 hPa: (a) 00 Z do dia 10 de Dezembro, (b) 00 Z do dia 12 de Dezembro 1999.

Para o dia 16 (Figura 6b), já haviam ocorrido 14 dias com chuvas contínuas sobre o norte e centro do país, originadas em grande parte pelos sistemas frontais no Atlântico e no Caribe Oriental, com uma influência direta dos efeitos remanescente de frentes frias estacionárias sobre o litoral da Venezuela. Tudo isto foi favorecido pela

presença de águas superficiais relativamente mais quentes sobre o Atlântico próxima ao litoral da Venezuela, durante os dias 14-16 de Dezembro. O processo de chuvas acumuladas alcança valores máximos nos dias 15 e 16 (Tabela 2). A grande quantidade de chuva elevaram o nível dos rios, provocaram deslizamento de lama e rochas, e desabamentos de boa parte das regiões de morro e de elevação que foram desmatadas para instalar as construções e casas no litoral central e ocidental, além de enchentes na cidade de Caracas e no estado Táchira. No dia 16 ocorreram transbordamento de alguns rios no estado de Táchira, e relatórios indicam quantidades de 150 e 113,2 mm de chuva entre as 0330 e 0730 (hora local venezuelana).

A circulação de altos níveis também apresenta o padrão de onda do caso anterior, mas a crista está mais deslocada para leste, aproximadamente a 70W no dia 15, chegando até 65W no dia 16, a crista estende-se através da Venezuela até Roraima. O cavado que fica a 40W fica mais intensa e estende-se até a foz do Rio Amazonas.

As imagens de satélite (Figura 7) apresentam um desenvolvimento convectivo ainda mais intenso que no caso anterior. Neste caso, no dia 15 as 0427 Z começa a desenvolver a atividade convectiva próximo a Caracas (Figura 7a), chegando a maiores intensidades às 1357 Z (Figura 7b), e se dissipando às 2357 Z (Figura 7c). Uma convecção desenvolve-se novamente desde às 0457 Z (Figura 7d), ficando intensa entre às 647 a 1357 Z (Figura 7e) deslocando-se para o oeste, e se dissipando a partir de 2157 Z (Figura 7f). Os sistemas convectivos do dia 16 foram mais intensos e contínuos que no dia 15.

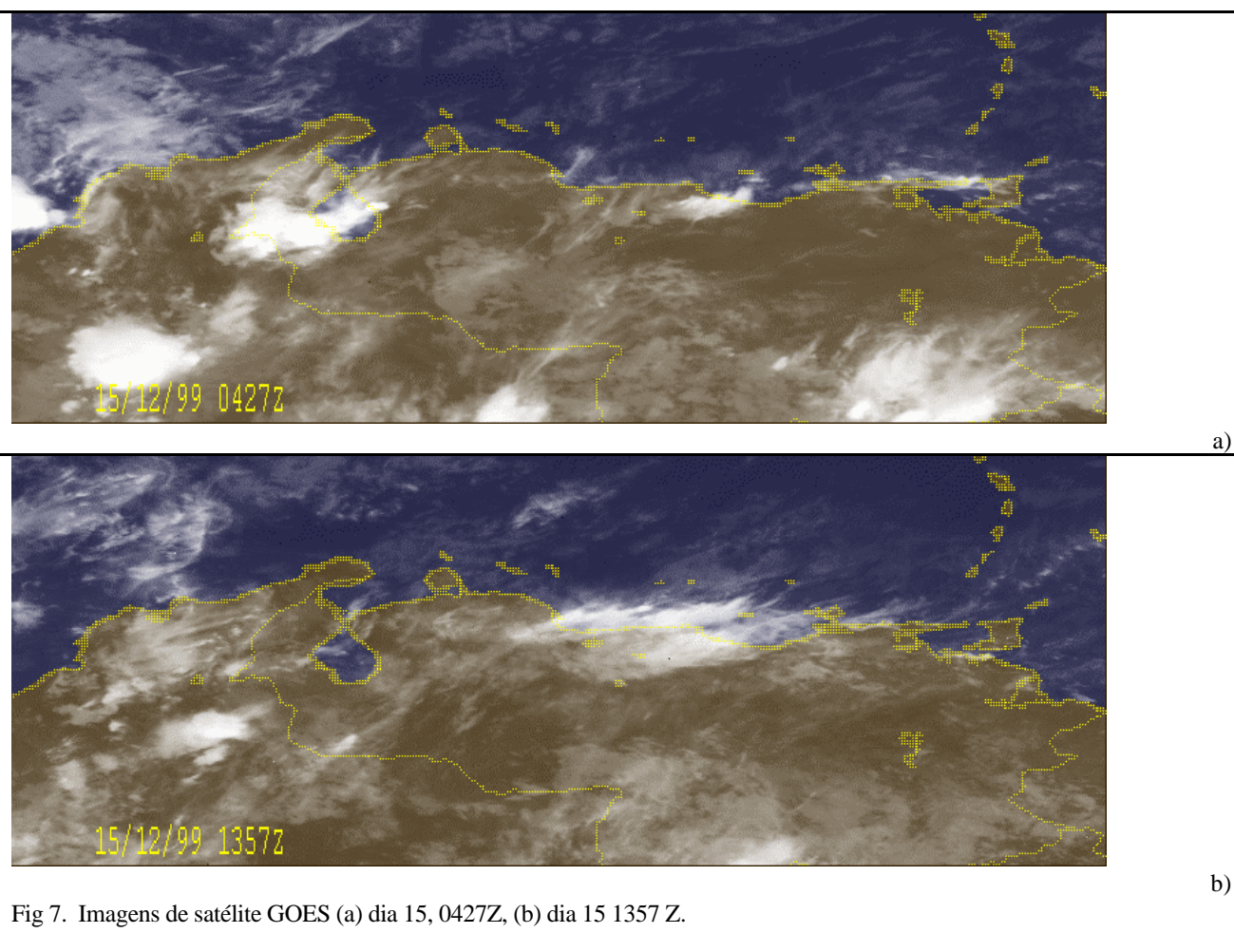


Fig 7. Imagens de satélite GOES (a) dia 15, 0427Z, (b) dia 15 1357 Z.

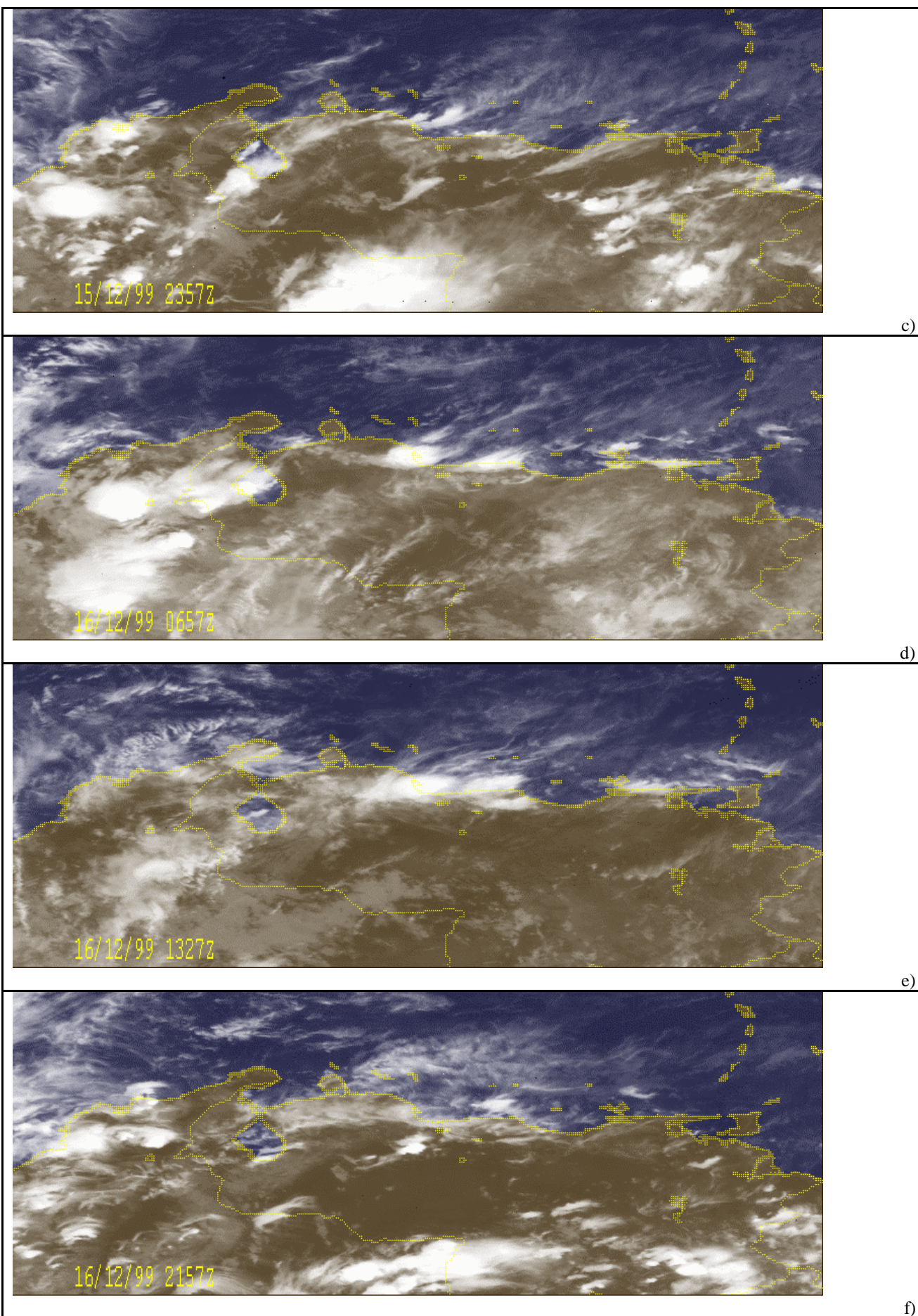


Fig 7. Cont... Imagens de satélite GOES (c) dia 15 2357 Z, (d) dia 16 647Z, (e) dia 16 1357 Z, (f) dia 16 2157 Z.

Tabela 2. Precipitação diária nas estações do norte da Venezuela no mês de Dezembro 1999 (Fonte: Fuerza Aerea de Venezuela, FAV 1999)

DIA	LA CARLOTA FAV	CAGIGAL	MIQ. FAV	MAMO
1	0,0	0,3	6,0	20,1
2	0,0	0,0	81,0	31,1
3	23,2	3,5	81,0	29,5
4	4,7	2,8	3,0	1,0
5	0,0	1,9	3,0	Sem inf.
6	6,7	0,5	1,0	Sem inf.
7	1,2	0,0	3,0	3,0
8	4,5	16,0	8,0	2,6
9	9,4	7,3	8,0	1,8
10	4,2	1,9	0,0	Sem inf.
11	4,4	0,3	27,0	10,3
12	3,3	8,6	45,0	20,0
13	30,0	10,8	10,0	1,2
14	6,2	0,6	50,0	10,4
15	18,9	61,5	Sem inf.	99,4
16	47,9	38,6	Sem inf.	198,4
17	43,2	1,4	Sem inf.	9,1
Total PRC.	207,8	156,0	326,0	437,9

5. Conclusões

A intensidade da situação, com mais de 13 dias de chuvas moderadas e intensas continuamente, reativadas depois por dois dias de chuvas muito intensas, o que não acontecia desde fevereiro de 1951, causou uma das maiores catástrofes da história da Venezuela. Mais este evento pode se caracterizar como um recorrente. A construção não planejada de casas e prédios na zona de desabamento, com desmatamento das ladeiras do vale, deixaram o solo pouco protegido, e as chuvas abundantes motivaram uma rápida saturação, favorecendo o deslizamento de terra, lodo e rochas, e a destruição de tudo ao redor. Isto é um exemplo dos impactos na sociedade do que eventos extremos de tempo podem causar. Estudos de modelagem podem ajudar a prever situações como estas, que não somente acontecem na Venezuela, mas também outras, tais como a que aconteceu no norte de Peru durante as chuvas intensas associadas ao fenômeno El Niño (567 mm em 24 horas em 15 de abril de 1983), ou a ocorrida nas cidades do Nordeste do Brasil tal como em Recife em 1996.

Referências:

FAV, 1999: Reporte interno sobre las lluvias de Diciembre 1999 que afectaron el Estado de Vargas, Norte de Venezuela. Fuerza Aerea Venezolana, 1999, 12 pp. (no publicado)

Rozante, J. R.; Bustamante, J. F.; Chou, S.C., 2000: Influência da resolução horizontal das condições iniciais e de contorno na previsão de chuvas tropicais, XI Congresso Brasileiro de Meteorologia.