

## ANÁLISE DE UMA CHUVA INTENSA REAL

Jorge Víctor Pilar <sup>(1)</sup>, Carlos Alberto Depettris<sup>(2)</sup>

**Resumo** – Durante o evento El Niño 1997-98 aconteceu na cidade de Goya (Corrientes – Argentina) uma chuva de grande intensidade, que alagou mais de 70% do perímetro urbano. As autoridades da Administração Provincial da Água da Província do Chaco consultaram ao Departamento de Hidráulica da Faculdade de Engenharia da Universidade Nacional do Nordeste se eventos como este poderiam acontecer sobre a área metropolitana de Resistencia, capital da província do Chaco, considerando que no Nordeste argentino os procesos convectivos são os responsáveis de chuvas críticas. A humidade precipitável presente na camada inferior da atmosfera representou menos de um terço do volume precipitado medido. Mas, nos dias prévios ao evento analisado foi observado um sistema atmosférico de baixa pressão que interagiu com uma frente fria chegada do oceano, o que provocou chuvas intensas em toda a região. Conclue-se que as condições atmosféricas regionais permitiram o acontecimento de um evento convectivo sobre a cidade de Goya e muito localizado no espaço. Portanto, nesta região, este tipo de situações devem ser avaliadas com muito cuidado na hora de escolher as chuvas de projeto.

**Abstract** – During the “El Niño” event (1997-98) a great intensity rain occurred at Goya City (Corrientes-Argentina) that left under water more than 70% of the urban perimeter. Authorities of the Provincial Administration of Water of Chaco Province consulted to Hydraulic Department of the Engineering College of U.N.N.E. about if this kind of events could occur over the metropolitan area of Resistencia City, considering that in the Argentine Northeast convection processes are responsible for critical rains.

The water moisture in the lower layers of the atmosphere represented less than a third of the measured precipitated volume. But, during the previous days to the analyzed event, an atmospheric system of low pressure was observed, which interacted with a cold front coming from the ocean and promoted intense rains all over the are

We conclude that the atmospheric conditions of the region allowed the appearance of a convective process located at the space over Goya City. So, in this region, that kinds of situations must be evaluated carefully at the moment of choosing projects rains

---

<sup>(1)</sup> Docente; Departamento de Hidráulica – Faculdade de Engenharia – Universidade Nacional do Nordeste – Argentina; Av. Las Heras 727 – (3500) Resistencia – Chaco – Argentina; Telefone: 0054 – 3722 – 425064/119 – E-mail: [jvpilar@yahoo.com](mailto:jvpilar@yahoo.com); Página web: [www.jorge-pilar.amazonas.net](http://www.jorge-pilar.amazonas.net)

<sup>(2)</sup> Docente; Departamento de Hidráulica – Faculdade de Engenharia – Universidade Nacional do Nordeste – Argentina; Av. Las Heras 727 – (3500) Resistencia – Chaco – Argentina; Telefone: 0054 – 3722 – 425064/119 – E-mail: [cdepettris@ing.unne.edu.ar](mailto:cdepettris@ing.unne.edu.ar)

**Palavras-Chave** – Chuvas de projeto; Chuvas críticas

## **INTRODUÇÃO**

### **O**

As cidades do nordeste argentino, localizadas às margens do rio Paraná, têm sua drenagem pluvial seriamente comprometida pela baixa declividade regional.

A ocorrência de uma precipitação muito intensa na cidade de Goya, na província de Corrientes, chamou a atenção das autoridades da Administração Provincial da Água – APA, da província do Chaco que, na atualidade, está finalizando os estudos hidrológicos prévios para o projeto das obras definitivas de defesa contra inundações da área metropolitana de Resistencia, capital desta província. Este projeto contempla a construção de um dique perimetral (polder) e estações de recalque para drenar a área urbana de 5500 ha que ficam no recinto interior ao dique.

A cidade de Goya fica a 300 km a jusante de Resistencia pelo rio Paraná e ambas cidades são afetadas pelos mesmos sistemas atmosféricos frontais. Portanto, o entendimento de um evento de precipitação de alta magnitude, mesmo que ocorrido na cidade de Goya, é de grande importância para o projeto do sistema de defesas da cidade de Resistencia.

A pluviometria de Goya é medida pela Associação de Produtores de Fumo e pela Polícia provincial, porém o registro histórico não é muito extenso.

Em situações como estas é comum recorrer à transposição de dados de locais vizinhos. Mas, é importante considerar de forma adequada a escala temporal para que esta transposição aporte alguma informação adicional, mais ainda em regiões subtropicais, onde a atividade convectiva é importante e acontece em qualquer época do ano, inclusive em outono e inverno.

Neste trabalho são apresentados os estudos que foram feitos pelo Departamento de Hidráulica da Faculdade de Engenharia da Universidade Nacional do Nordeste (Argentina) para tentar entender a precipitação ocorrida na cidade de Goya, no dia 12 de abril de 1998 e avaliar a possibilidade de semelhante evento acontecer sobre a área metropolitana de Resistencia.

## **O EVENTO ANALISADO**

No dia 12 de abril de 1998 aconteceu na cidade de Goya uma precipitação que alagou mais de 70% do perímetro urbano da cidade. As chuvas desta cidade não estão sendo monitoradas por órgãos oficiais nem de pesquisa, o que permitiu a proliferação de informações não comprovadas sobre este evento, inclusive com relatos de uma chuva 500 mm em 36 horas. Uma chuva destas características sobre a área metropolitana de Resistencia, com uma área de 5500 hectares e uma impermeabilidade média superior a 50%, levaria o sistema de drenagem e recalque ao colapso.

Ante a escassez de informações geradas na própria cidade de Goya foi feita uma recopilação de toda a informação pluviométrica disponível nos arredores e correspondentes à época do evento em questão. Esta informação é sintetizada na Tabela Na cidade de Santa Lucia, distante 24 km da cidade de Goya e na mesma bacia hidrográfica, existe uma estação pluviométrica operada pela consultora EVARSA, com um registro extenso de observações. Portanto, considerou-se que esta informação poderia ajudar na tarefa de tentar entender o acontecido na cidade de Goya.

Finalmente, os dados que foram analisados corresponderam à precipitação diária de Santa Lucia e Resistencia e dados de precipitação diária dos últimos quatro anos de Reconquista, cidade localizada na mesma latitude que Goya, porém na margem ocidental do rio Paraná. Os dados de Goya corresponderam à precipitação mensal e diária apenas do mês de abril de 1998.

### **PROCESAMENTO DA INFORMAÇÃO**

Dada a disponibilidade de dados de precipitação diária de Santa Lucia, foi feito um ajuste de eventos extremos tipo I (Gumbel), segundo a metodologia proposta por Chow e apresentada em Chow, Maidment e Mays (1994). O resultado deste ajuste é mostrado na Figura 1.

Para verificar se a informação obtida deste ajuste poderia ser válida para Goya, foram comparados os volumes de precipitação mensal de ambos locais. Foi observada uma correlação aceitável para os dados posteriores a 1987 (Figura 2).

Porém, na região nordeste da Argentina, os fenômenos atmosféricos a escala sinóptica (da ordem de um dia) podem provocar processos convectivos muito localizados no espaço. Processos deste tipo foram observados na região: a interação de um sistema de baixa pressão e uma frente fria observada no dia 10 de abril foram a causa de chuvas intensas na região, mas com as variações de magnitude mostradas na Tabela 1. Isto, naturalmente, foi consequência de intensa atividade convectiva.

Para tentar entender se as variações observadas foram originadas em condições locais de humidade foi estimada a quantidade de água precipitável nos 10 km inferiores da atmosfera, tanto na cidade de Resistencia quanto na cidade de Reconquista (Chow, Maidment e Mays, 1994; Bertoni, 1997). Ambas cidades possuem estações climatológicas que monitoram variáveis que permitem esta estimativa e cuja informação encontra-se disponível na Internet (NCDC-NOAA, 1998). A humidade atmosférica não justificou mais de 50 mm em Resistencia e não mais de 60 mm em Reconquista. Os resultados destas estimativas são mostrados na Figura 3 e na Figura 4.

### **ANÁLISE DOS RESULTADOS**

Com referência à análise estatística da informação de Santa Lucia, as chuvas intensas observadas no mês de abril de 1998 e com duração de 1, 2 e 3 dias, têm uma recorrência que não supera 30 anos. Já a partir de 4 dias e até 6 dias de duração as recorrências sobem para aproximadamente 140 anos. Isto é consequência de que as durações maiores corresponderam a uma associação de vários eventos intensos.

Como já foi dito, para Resistencia e Reconquista foram estimadas as lâminas de

água precipitável, mas isto não justificou mais de 50 mm em Resistencia e 60 mm em Reconquista. Portanto, poderia se pensar que o resto da humidade foi transportada desde outras áreas por processos atmosféricos de altura.

### **A EXPLICAÇÃO DESDE A ATIVIDADE ATMOSFÉRICA**

A explicação dos resultados obtidos foram procurados na atividade atmosférica observada durante o mês de abril de 1998. A informação de base a foi obtida da revista Climanálise (CPTEC-INPE, 1998).

#### **A escala continental**

Durante o mês de abril de 1998 ainda foram observadas anomalias no Pacífico Equatorial (fenômeno El Niño), mais com uma intensidade relativamente baixa, de entre 2°C y 4°C acima da média climatológica.

No que se refere ao campo de pressões ao nível do mar (PNM), durante esse mês, a Alta Subtropical do Pacífico Sul esteve mais intensa que o normal e deslocada para o oeste. Isto esteve associado a anomalias ciclônicas. Sobre o sul e centro de Sulamérica foram observadas anomalias positivas das PNM.

Houve importante atividade convectiva sobre o Pacífico Equatorial Central e Oriental, o que favoreceu a ocorrência de precipitações importantes no Nordeste argentino. As circulações anti-ciclônicas associadas à convecção anômala sobre o Pacífico Equatorial concentraram-se mais ao leste que nos meses anteriores, o que provocou circulação ciclônica na área de estudo.

#### **A escala regional**

Na região foram observados quatro sistemas frontais durante abril de 1998. Estes sistemas foram intensificados pela presença de vórtices ciclônicos em altos níveis da atmosfera.

Por volta do dia 10, um sistema de baixa pressão que tinha-se instalado na área de estudo interagiu com uma frente fria que chegou do oceano e a intensificou. Isto foi a causa das chuvas intensas registradas nessa data.

Na Figura 5 são representados num gráfico as frentes frias observadas e as precipitações registradas nas cidades de Goya, Santa Lucia, Reconquista e Resistencia.

### **CONCLUSÕES**

As precipitações intensas observadas em Goya, Santa Lucia, Reconquista e Resistencia tiveram a mesma gênese: a interação entre um sistema de baixa pressão e uma frente fria.

Na região são comuns os fenômenos convectivos muito localizados no espaço. Condições atmosféricas muito particulares agem como “gatilhos”, que provocam a formação de colunas de cumulus-nimbus e a conseqüente precipitação, muito localizada.

As intensas precipitações observadas em Goya nos dias 12 e 13 de abril de 1998

não estariam justificadas por uma condição local de humidade, considerando que as estimativas feitas para a localidade de Reconquista fossem representativas da situação de Goya.

Estes fenômenos convectivos devem ser cuidadosamente avaliados na hora de fazer estimativas com base em observações em postos vizinhos, mais ainda quando estão sendo analisados eventos climatológicos a escala sinóptica ou sub-sinóptica.

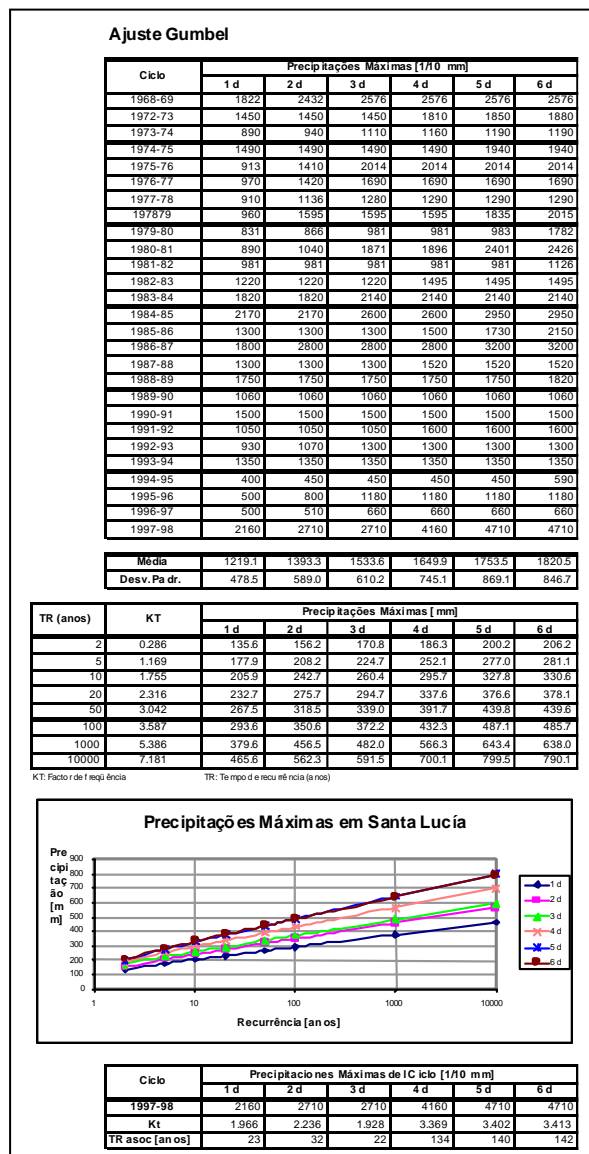
Finalmente, poderia-se concluir que o evento analisado poderia ter acontecido em qualquer ponto da região onde foram observadas chuvas que tiveram a mesma gênese: a interação de um sistema de baixa pressão e uma frente fria.

#### **REFERÊNCIAS**

- BERTONI, J.C. 1997. Elementos de hidrometeorologia. In: TUCCI, C.E., org. Hidrologia: ciência e aplicação. 2ed. Porto Alegre: Ed. da Universidade/UFRGS: ABRH, cap.3, p.53-78.
- CHOW, V.T.; MAIDMENT, D.R.; MAYS, L.W. 1994. Hidrología aplicada. Santafé de Bogotá: McGraw-Hill. 584 p.
- CPTEC-INPE. 1998. Climanálise. Abril/98. [Comunicação via Internet: [www.cptec.inpe.br/products/climanalise/](http://www.cptec.inpe.br/products/climanalise/)]
- NCDC-NOAA. 1998. Global surface summary of day data – version 5 [Comunicação via Internet: <ftp://ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data/globalsod/> ]

**Tabela 1** - Síntese da informação disponível

POSTO	DADO [mm]		FONTE	OBSERVAÇÕES
Goya	1 d	313	Instituto Provincial do Fumo (Ctes.)	Dia 12
	2 d	448.5		Dias 12-13
	3 d	488.5		Dias 12-13-14
	4 d	536.5		Dias 12-13-14-15
	5 d	568		Dias 11-12-13-14-15
	6 d	573		Dias 10-11-12-13-14-15
Goya	15 h	300	Polícia Departamental	Antes do Dia 20 (Journal El Litoral)
Goya	1 d	311	Defesa Civil – Provincia de Corrientes	(Journal El Litoral)
Mercedes	1 d	400	Polícia Departamental	(Journal El Litoral)
San Roque	1 d	210	Polícia de Corrientes	(Journal El Litoral)
Chavarría	1 d	200	Polícia de Corrientes	(Journal El Litoral)
Bella Vista	1 d	90	Polícia de Corrientes	(Journal El Litoral)
Esquina	?	200	- - -	
Paso de los Libres	30 h	250	Aeroporto - SMN	
Paso de los Libres	1 d	168.91	SMN (NOAA)	Dia 12
	2 d	290.8		Dias 12-13
	3 d	347.7		Dias 12-13-14
	4 d	376.7		Dias 11-12-13-14
	5 d	377.7		Dias 11-12-13-14-15
	6 d	382.8		Dias 11-12-13-14-15-16
Santa Lucia	1 d	216	EVARSA	Dia 12
	2 d	271		Dias 11-12
	3 d	271		Dias 10-11-12
	4 d	416		Dias 12-13-14-15
	5 d	471		Dias 11-12-13-14-15
	6 d	471		Dias 10-11-12 -13-14-15
Reconquista	1 d	96	SMN (NOAA)	Dia 13
	2 d	184.9		Dias 12-13
	3 d	165.9		Dias 13-14-15
	4 d	292.9		Dias 12-13-14-15
	5 d	316.7		Dias 11-12-13-14-15
	6 d	319.8		Dias 11-12-13-14-15-16
Reconquista	Mês	483	Chefia de Gabinete de Ministros	



**Figura 1** – Ajuste de Gumbel para as precipitações diárias de Santa Lúcia

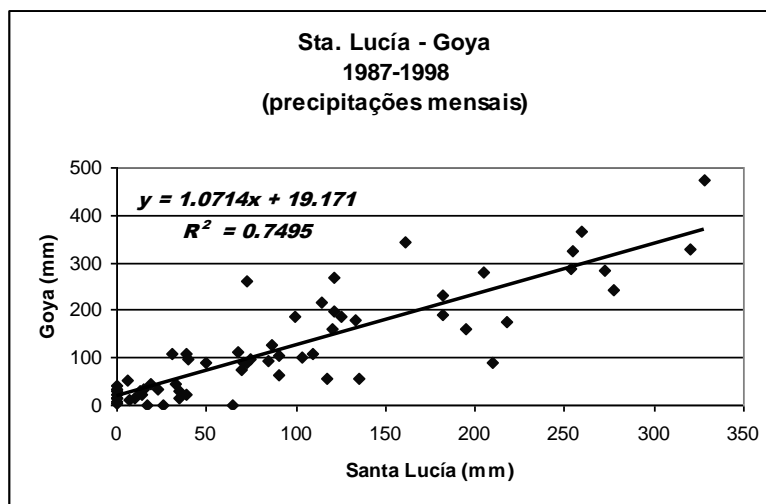


Figura 2 – Correlação entre as precipitações mensais de Santa Lucía e Goya



Estação: AEROPORTO RESISTENCIA

ÁGUA PRECIPITÁVEL

Dia: 13/04/98  
 $\alpha = 0.0065 \text{ } ^\circ\text{C/m}$

Chuva observda = 70.1 mm  
 Água precipitável = 45.8 mm

Altitude z	Temperat T	Temperat T	Pressão p	Dens $\rho_a$	Press de Vapor e	Hum. Espec. qv	Média qv	$\rho_a$	Quant. Água $\Delta m$	Percent. de massa
km	$^\circ\text{C}$	K	kPa	kg/m <sup>3</sup>	kPa	kg/kg	kg/kg	kg/m <sup>3</sup>	kg	total
0	21.7	294.7	100.4	1.19	2.60	0.0161				
2	8.7	281.7	79.2	0.98	1.13	0.0088	0.0125	1.08	27.0	59%
4	-4.3	268.7	61.8	0.80	0.44	0.0045	0.0067	0.89	11.9	26%
6	-17.3	255.7	47.6	0.65	0.16	0.0021	0.0033	0.72	4.7	10%
8	-30.3	242.7	36.2	0.52	0.05	0.0008	0.0014	0.58	1.7	4%
10	-43.3	229.7	27.1	0.41	0.01	0.0003	0.0006	0.46	0.5	1%

45.8 100%

Dia: 14/04/98  
 $\alpha = 0.0065 \text{ } ^\circ\text{C/m}$

Chuva observda = 71.9 mm  
 Água precipitável = 48.5 mm

Altitude z	Temperat T	Temperat T	Pressão p	Dens $\rho_a$	Press de Vapor e	Hum. Espec. qv	Média qv	$\rho_a$	Quant. Água $\Delta m$	Percent. de massa
km	$^\circ\text{C}$	K	kPa	kg/m <sup>3</sup>	kPa	kg/kg	kg/kg	kg/m <sup>3</sup>	kg	total
0	22.6	295.6	100.3	1.18	2.74	0.0170				
2	9.6	282.6	79.2	0.98	1.20	0.0094	0.0132	1.08	28.5	59%
4	-3.4	269.6	61.8	0.80	0.48	0.0048	0.0071	0.89	12.6	26%
6	-16.4	256.6	47.7	0.65	0.17	0.0022	0.0035	0.72	5.1	10%
8	-29.4	243.6	36.3	0.52	0.05	0.0009	0.0016	0.58	1.8	4%
10	-42.4	230.6	27.2	0.41	0.01	0.0003	0.0006	0.46	0.6	1%

48.5 100%

Dia: 15/04/98  
 $\alpha = 0.0065 \text{ } ^\circ\text{C/m}$

Chuva observda = 16 mm  
 Água precipitável = 46.7 mm

Altitude z	Temperat T	Temperat T	Pressão p	Dens $\rho_a$	Press de Vapor e	Hum. Espec. qv	Média qv	$\rho_a$	Quant. Água $\Delta m$	Percent. de massa
km	$^\circ\text{C}$	K	kPa	kg/m <sup>3</sup>	kPa	kg/kg	kg/kg	kg/m <sup>3</sup>	kg	total
0	22	295	100.3	1.18	2.64	0.0164				
2	9	282	79.1	0.98	1.15	0.0090	0.0127	1.08	27.5	59%
4	-4	269	61.7	0.80	0.45	0.0046	0.0068	0.89	12.1	26%
6	-17	256	47.6	0.65	0.16	0.0021	0.0033	0.72	4.8	10%
8	-30	243	36.2	0.52	0.05	0.0009	0.0015	0.58	1.7	4%
10	-43	230	27.1	0.41	0.01	0.0003	0.0006	0.46	0.5	1%

46.7 100%

Dia: 16/04/98  
 $\alpha = 0.0065 \text{ } ^\circ\text{C/m}$

Chuva observda = 3 mm  
 Água precipitável = 41.0 mm

Altitude z	Temperat T	Temperat T	Pressão p	Dens $\rho_a$	Press de Vapor e	Hum. Espec. qv	Média qv	$\rho_a$	Quant. Água $\Delta m$	Percent. de massa
km	$^\circ\text{C}$	K	kPa	kg/m <sup>3</sup>	kPa	kg/kg	kg/kg	kg/m <sup>3</sup>	kg	total
0	20	293	100.5	1.20	2.34	0.0145				
2	7	280	79.2	0.99	1.00	0.0079	0.0112	1.09	24.4	59%
4	-6	267	61.6	0.80	0.39	0.0039	0.0059	0.89	10.6	26%
6	-19	254	47.4	0.65	0.14	0.0018	0.0029	0.73	4.2	10%
8	-32	241	36.0	0.52	0.04	0.0007	0.0012	0.59	1.5	4%
10	-45	228	26.9	0.41	0.01	0.0002	0.0005	0.47	0.4	1%

41.0 100%

Figura 3 – Estimativa da água precipitável em Resistencia

Estação: AEROPUERTO RECONQUISTA

ÁGUA PRECIPITÁVEL

Chuva observda = 26.9 mm  
 Água precipitável = 56.2 mm  
 Dia: 11/04/98  
 $\alpha = 0.0065 \text{ } ^\circ\text{C/m}$

Altitude z km	Temperat T $^\circ\text{C}$	Temperat T K	Pressão p kPa	Dens $\rho_a$ kg/m <sup>3</sup>	Press de Vapor e kPa	Hum. Espec. qv kg/kg	Média qv kg/kg	$\rho_a$ kg/m <sup>3</sup>	Quant. Água $\Delta m$ kg	Percent. de massa total
0	24.9	297.9	99.9	1.17	3.15	0.0196				
2	11.9	284.9	79.0	0.97	1.39	0.0110	0.0153	1.07	32.6	58%
4	-1.1	271.9	61.8	0.79	0.56	0.0057	0.0083	0.88	14.6	26%
6	-14.1	258.9	47.8	0.64	0.21	0.0027	0.0042	0.72	6.0	11%
8	-27.1	245.9	36.4	0.52	0.07	0.0011	0.0019	0.58	2.2	4%
10	-40.1	232.9	27.4	0.41	0.02	0.0004	0.0008	0.46	0.7	1%

56.2 100%

Chuva observda = 88.9 mm  
 Água precipitável = 48.5 mm  
 Dia: 12/04/98  
 $\alpha = 0.0065 \text{ } ^\circ\text{C/m}$

Altitude z km	Temperat T $^\circ\text{C}$	Temperat T K	Pressão p kPa	Dens $\rho_a$ kg/m <sup>3</sup>	Press de Vapor e kPa	Hum. Espec. qv kg/kg	Média qv kg/kg	$\rho_a$ kg/m <sup>3</sup>	Quant. Água $\Delta m$ kg	Percent. de massa total
0	22.6	295.6	100.9	1.19	2.74	0.0169				
2	9.6	282.6	79.6	0.98	1.20	0.0093	0.0131	1.09	28.5	59%
4	-3.4	269.6	62.2	0.80	0.48	0.0048	0.0070	0.89	12.6	26%
6	-16.4	256.6	47.9	0.65	0.17	0.0022	0.0035	0.73	5.1	10%
8	-29.4	243.6	36.5	0.52	0.05	0.0009	0.0016	0.59	1.8	4%
10	-42.4	230.6	27.3	0.41	0.01	0.0003	0.0006	0.47	0.6	1%

48.5 100%

Chuva observda = 96 mm  
 Água precipitável = 43.2 mm  
 Dia: 13/04/98  
 $\alpha = 0.0065 \text{ } ^\circ\text{C/m}$

Altitude z km	Temperat T $^\circ\text{C}$	Temperat T K	Pressão p kPa	Dens $\rho_a$ kg/m <sup>3</sup>	Press de Vapor e kPa	Hum. Espec. qv kg/kg	Média qv kg/kg	$\rho_a$ kg/m <sup>3</sup>	Quant. Água $\Delta m$ kg	Percent. de massa total
0	20.8	293.8	100.4	1.19	2.46	0.0152				
2	7.8	280.8	79.1	0.98	1.06	0.0083	0.0118	1.09	25.6	59%
4	-5.2	267.8	61.7	0.80	0.41	0.0042	0.0063	0.89	11.2	26%
6	-18.2	254.8	47.5	0.65	0.15	0.0019	0.0030	0.73	4.4	10%
8	-31.2	241.8	36.0	0.52	0.04	0.0008	0.0013	0.58	1.6	4%
10	-44.2	228.8	26.9	0.41	0.01	0.0003	0.0005	0.46	0.5	1%

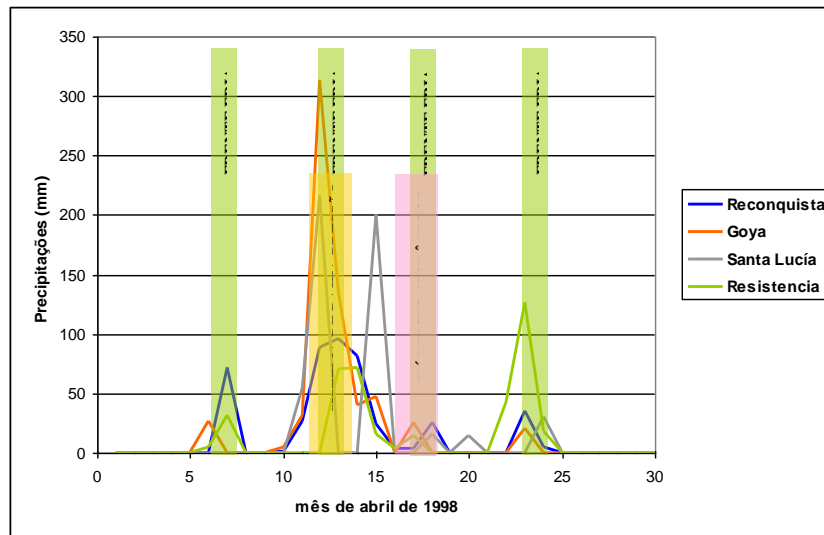
43.2 100%

Chuva observda = 81 mm  
 Água precipitável = 43.5 mm  
 Dia: 14/04/98  
 $\alpha = 0.0065 \text{ } ^\circ\text{C/m}$

Altitude z km	Temperat T $^\circ\text{C}$	Temperat T K	Pressão p kPa	Dens $\rho_a$ kg/m <sup>3</sup>	Press de Vapor e kPa	Hum. Espec. qv kg/kg	Média qv kg/kg	$\rho_a$ kg/m <sup>3</sup>	Quant. Água $\Delta m$ kg	Percent. de massa total
0	20.9	293.9	100.5	1.19	2.47	0.0153				
2	7.9	280.9	79.2	0.98	1.07	0.0084	0.0118	1.09	25.7	59%
4	-5.1	267.9	61.7	0.80	0.42	0.0042	0.0063	0.89	11.2	26%
6	-18.1	254.9	47.5	0.65	0.15	0.0019	0.0031	0.73	4.5	10%
8	-31.1	241.9	36.1	0.52	0.05	0.0008	0.0013	0.58	1.6	4%
10	-44.1	228.9	27.0	0.41	0.01	0.0003	0.0005	0.47	0.5	1%

43.5 100%

Figura 4 – Estimativa da água precipitável em Reconquista



**Figura 5** – Precipitações e atividade atmosférica durante abril de 1998