



Autores: Alan J. P. Calheiros e Luiz A. T. Machado

Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais - DSA/CPTEC/INPE
 Rodovia Pres. Dutra, km 40, Cachoeira Paulista/SP - 12630-000, Brasil
 e-mail: alan.calheiros@cptec.inpe.br e luiz.machado@cptec.inpe.br



Ministério da
 Ciência, Tecnologia
 e Inovação



1. INTRODUÇÃO

Cerca de 67,7% da Terra é coberta por nuvens, conhecer as propriedades físicas das nuvens é fundamental para diagnosticar o balanço de energia e água. A grande variabilidade dos hidrometeoros é em função de uma gama de complexos processos físicos na atmosfera, que impactam diretamente nas condições de tempo e clima. Por exemplo, a quantidade de água das nuvens influencia na quantidade do calor latente e consequentemente nos movimentos ascendentes e descendentes no interior da nuvem. Também, o balanço de energia é fortemente dependente do conteúdo de água e gelo de nuvens, tendo uma influência direta no clima. No entanto, a falta de informações destes complexos processos, principalmente a cerca da microfísica de nuvens tem limitado os esquemas de parametrizações em modelos numéricos de alta resolução, e as estimativas de precipitação por satélites e radares meteorológicos.

Somente a partir de experimentos de campos, empregando sinergicamente diversos sensores passivos e ativos, é que se torna possível descrever os processos físicos e radiativos das nuvens. Durante o período de 2010 a 2014 o projeto CHUVA (*Cloud process of the main precipitation system in Brazil: A contribution to cloud resolving Modeling And to the Global Precipitation Measurement*) coletou informações sobre as nuvens e a chuva nos diferentes regimes de precipitação do Brasil. Até março de 2014 já haviam sido realizados sete experimentos de campo, localizados no Norte, Nordeste, Sudeste e Sul do Brasil, cobrindo as regiões do semiárido, da Amazônia e intertropicais. Assim, um dos objetivos desse trabalho é apresentar uma descrição regional das características macrofísicas das nuvens e da chuva, igualmente como para os diferentes tipos de nuvens, já que parâmetros como a espessura e o conteúdo de água na atmosfera (vapor d'água e água líquida) são propriedades essenciais na determinação do potencial de uma nuvem em produzir precipitação. São descritas, também, as características regionais da microfísica das nuvens precipitantes (concentração do número de gotas e parâmetros derivados) e da precipitação na superfície, assim como as condições termodinâmicas predominantes.

2. DESENVOLVIMENTO

A Tab. 1 apresenta os valores de conteúdo de água líquida (LWC) integrado (ILW) para nuvens não precipitantes, ILW_C (calculado pelo radiômetro de superfície em micro-onda - MWR) e ILW_{adia} (conteúdo adiabático baseados em radiossondagens), e precipitante, ILW_R (determinados pelos radares MRR e XPOL), para os primeiros quatro experimentos do CHUVA. Para nuvens não-precipitantes, notou-se, de uma forma geral, que as distribuições são relativamente similares. Alcântara e Belém apresentam os valores proporcionalmente maiores do que aqueles observados para Vale e Fortaleza no que diz respeito ao ILW_C . Além disso, podemos afirmar que os sites tropicais apresentam maiores valores de ILW_C . A comparação entre o ILW_C e ILW_{adia} mostra os efeitos não-adiabáticos (i.e. entranhamento) nas regiões de alta convecção (Vale e Belém), uma vez que ILW_C foi menor que ILW_{adia} . Com relação aos valores de LWC_R (Fig. 1) e ILW_R (Tab. 1), foram observados que ILW_R na camada quente da nuvem foi similar entre Fortaleza e Alcântara, assim como, entre o Vale do Paraíba e Belém. Isto reflete as características individuais dos regimes de precipitação das nuvens sobre estas regiões. Os valores mais significativos foram observados na região tropical, que poderiam estar associados com os processos de nuvens quentes, principalmente na costa. Por outro lado, as camadas superiores das nuvens (representado pelo VIL) mostram valores mais altos para Belém e Vale do Paraíba, o que indica que os processos de nuvens frias são mais predominantes.

Tab 1. Conteúdo de água líquida de nuvens e precipitação baseada em sensores ativos e passivos para diferentes regimes de precipitação e tipos de sistemas chuvosos no Brasil durante as campanhas do experimento CHUVA.

Sítio	Conteúdo de água líquida integrado (mm)									
	Não-Precipitante		Precipitante							
	ILW_C MWR	ILW_{adia} Radiossonda	MRR		XPOL				VIL	
			Geral	Quente	ILW _R (H _{NCL} -H _{0°C-1km})	Convecção Profunda	Mistura	Glaciada		
Alcântara/MA	Média	0.34	0.20	-	0.38	0.11	0.38	2.15	0.07	0.01
	Desvio	0.22	0.31	-	0.81	0.19	0.31	2.34	0.10	0.02
Fortaleza/CE	Média	0.21	0.25	0.26	0.58	0.17	0.19	5.11	0.13	0.02
	Desvio	0.22	0.34	0.47	1.92	0.27	0.20	4.73	0.36	0.04
Belém/PA	Média	0.39	0.38	0.45	0.38	0.10	0.15	2.61	0.20	0.08
	Desvio	0.55	0.45	0.75	0.91	0.18	0.11	1.60	0.49	0.20
Vale do Paraíba/SP	Média	0.13	0.32	0.49	0.29	0.02	0.20	2.87	0.23	0.03
	Desvio	0.08	0.52	1.86	0.89	0.05	0.18	2.21	0.93	0.11
Chuva Quente	Média			0.27	0.09					
	Desvio			0.90	0.19					
Estratiforme (com BB)	Média			0.21	0.22					
	Desvio			0.79	0.22					
Convectiva	Média			2.35	3.60					
	Desvio			3.45	3.55					

BB – (Banda Brilhante)

A Fig. 2 apresenta a distribuição do tamanho de gotas (DSD, em inglês) para os sítios analisados. Nota-se que os eventos quentes e convectivos apresentam características regionais distintas, principalmente para as gotas maiores. No entanto, pequenas diferenças foram observadas para eventos estratiformes.

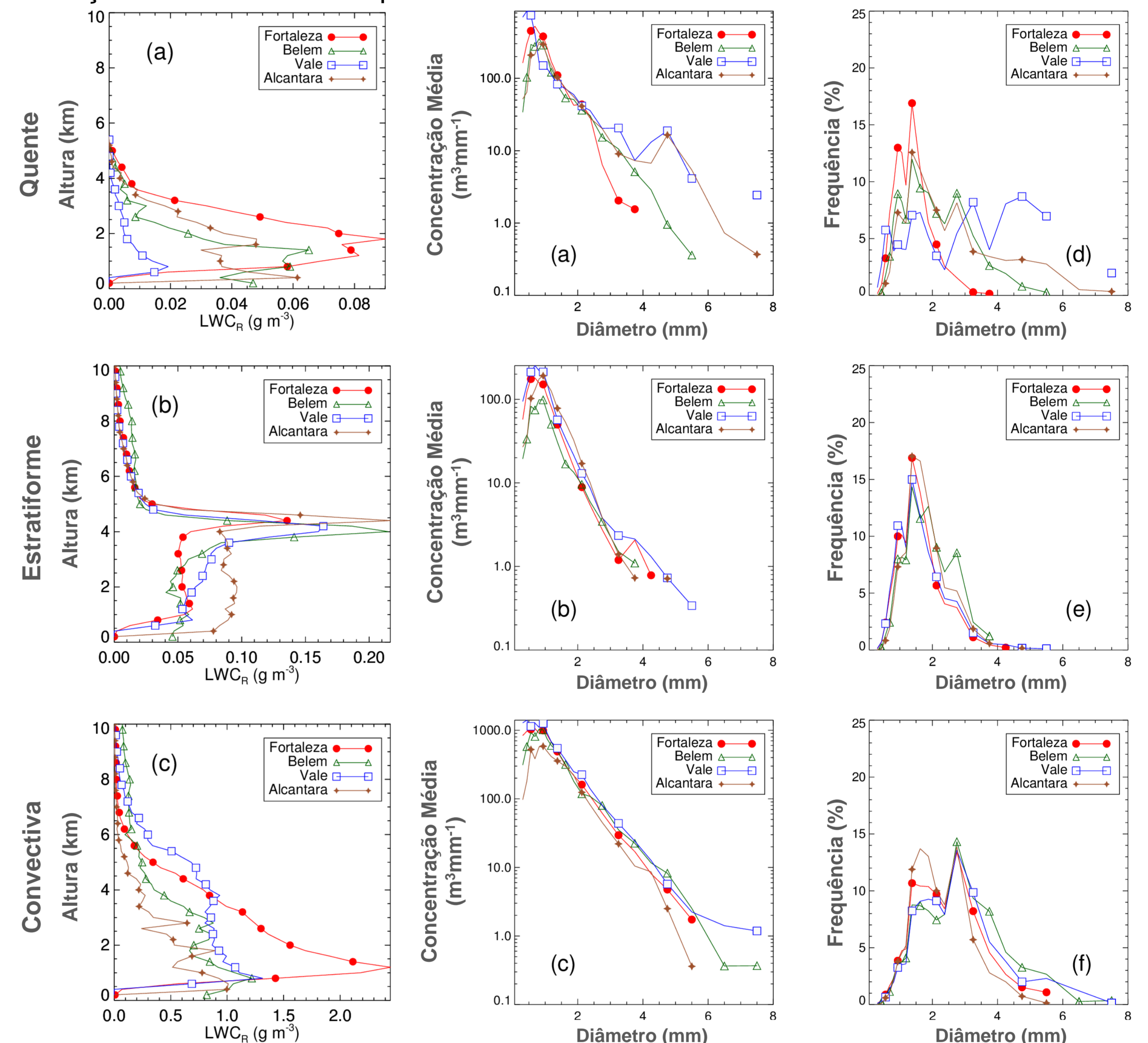


Fig 1. Perfis médios do conteúdo de água líquida de chuva (LWC_R) estimada pelo XPOL para todos os sítios da campanha chuva e diferentes sistemas precipitantes: (a) chuva quentes; (b) estratiforme; e (c) convectiva.

Fig 2. Concentração média das gotas de chuva para (a) nuvens quentes, (b) estratiformes e (c) convectivas e a relação (%) entre o conteúdo de água líquida para cada diâmetro (Di) e o total observado para cada DSD observada pelo disdrômetro PARSIVEL para: (d) nuvens quentes, (e) estratiformes e (f) convectivas durante a campanha CHUVA.

3. CONCLUSÃO

O conteúdo de ILW_{adia} quando comparado ILW_C permitiu entender o maior efeito do entranhamento de ar seco nos sítios do Vale do Paraíba. Neste último, assim como em Belém, também foi observado a importância dos movimentos verticais a partir do uso dos radares MRR e XPOL.

Uma grande variabilidade regional foi observada, tanto para variáveis macrofísicas (ILW e vapor d'água) como microfísica (DSD), a razão para tal característica pode estar associada a frequência dos diferentes sistemas precipitantes relacionado ao ambiente de grande escala e condições sinóticas observadas, que refletiu nas diferentes taxas de precipitação entre os sítios.

Com relação aos eventos quentes, o Vale do Paraíba foi sítio que apresentou os menores valores de conteúdo de água líquida, possivelmente associado ao maior efeito de entranhamento de ar seco sobre a região, ao maior concentração de aerossóis continentais e o menor conteúdo de vapor integrado (IWV). Contudo, para os outros sítios, diferenças significativas não foram observadas. Foi notado que quanto maior a taxa de precipitação, maiores são as diferenças regionais, ou seja, sistemas convectivos apresentam maior variabilidade do que eventos estratiformes. Com relação a esta última, as variações da altura da banda brilhantes mostram que eventos próximos a costa tendem a ter mais rápido processo de derretimento de gelo que os outros sítios, onde a convecção profunda é mais pronunciada.

As DSD observadas para nuvens convectivas apresentam maior variabilidades, principalmente para gotas maiores, do que as nuvens estratiformes, cuja similaridade é observada entre os sítios.

AGRADECIMENTOS: FAPESP Nº 2009/15235-8 e CNPQ Nº 140818/2011-1.

Maiores detalhes podem ser encontrados em: Calheiros, AJP, Machado, LAT, 2014. Cloud and Rain Liquid Water Statistics in the CHUVA Campaign. Atmospheric Research.

