

Rede de Detecção de Granizo (“Hailpads”) e estudo da eletrificação de nuvens

Contribuição de Rachel I. Albrecht e Camila C. Lopes

Cinco eventos de granizo e de tempo severo na região de Campinas, que sensibilizaram a rede de *hailpads*, estão sendo estudados (bolsa de mestrado Fapesp [2017/06075-3](#)) e são sumarizados na Tabela 1. A Figura 1 mostra distribuição de tamanho de granizo para cada caso, onde vemos que todos os casos tiveram granizo com mais de 1 cm de diâmetro, sendo que o caso mais severo ocorreu na fronteira entre as cidades de Campinas e Indaiatuba no dia 2017-11-15, com granizo acima de 2,5 cm de diâmetro.

Para todos os casos, temos a distribuição de tamanho das pedras de granizo (Figura 1), observações de radares (XPOL; Fundação Centro Tecnológico em Hidráulica – FCTH; DECEA São Roque – SR) e dados de raios totais (intranuvem e nuvem-solo) da rede BrasilDAT. Com essas medidas podemos identificar e quantificar (i) os mecanismos físicos da formação de graupel e granizo e (ii) a relação entre o fluxo de massa de gelo e a atividade elétrica dentro da nuvem, buscando definir os parâmetros que levam à severidade das tempestades. Os cinco casos escolhidos são analisados por duas componentes observacionais:

- a) estimativa das propriedades físicas da precipitação;
- b) estimativa do campo de vento.

A primeira componente (a) visa a análise da evolução temporal da precipitação e atividade elétrica de tempestades que produziram tempo severo. Neste sentido, é estudada a estrutura vertical da precipitação e taxas de raios registradas pela rede BrasilDAT ao longo do ciclo de vida, fazendo a identificação de hidrometeoros por redes neurais (Liu and Chandrasekar 2000) e a estimativa da massa e tamanho de hidrometeoros. A segunda componente (b) visa o conhecimento da estrutura cinemática, a qual fornece uma visão da dinâmica da tempestade através da revelação de características de vento de mesoescala e da estrutura dos movimentos verticais. Neste sentido, é possível aplicar metodologias de síntese dual e multi-Doppler dos dados de refletividade e velocidade radial para recuperar o campo tridimensional de velocidade do vento (Doviak et al. 1976; Davies-Jones 1979; Doviak and Zrnić 1993).

O caso de granizo mais severo, diâmetros >2,5 cm em Campinas e Indaiatuba no dia 2017-11-15, a o sistema convectivo que gerou granizo se intensificou rapidamente entre 2130 e 2150 UTC (Figura 2), apresentando sua máxima intensidade em 3km de altura com valores de 67 dBZ, sendo precedido por um aumento súbito (porém modesto) na atividade elétrica de raios totais (saltou de 1 stroke/min para 10 strokes/min), característico de evento severo (Figura 2). A Figura 3 mostra um núcleo isolado de refletividade de 40 dBZ que se divide em dois entre 2140 e 2150 UTC, com o núcleo mais intenso localizado próximo ao hailpad. Às 2140 UTC, este núcleo se estende até 15 km de altura, com refletividade ~55 dBZ entre as isotermas de 0 e -40°C, e acima de 60 dBZ abaixo da isoterma de 0°C às 2150 UTC, indicando momentos distintos de formação e crescimento de hidrometeoros e precipitação subsequente. Antes de precipitar (2140 UTC), um centro de corrente ascendente distinto com velocidades de até 20 m s⁻¹ é encontrado neste núcleo de refletividade, com um fluxo ascendente entre 5 e 13 km de altura, divergente no topo e um fluxo descendente intenso (até 10 ms⁻¹) fora do núcleo de refletividade, com uma corrente descendente menos intensa dentro do núcleo. Dez minutos depois (2150 UTC), o centro de corrente ascendente (descendente) torna-se mais fraco (mais forte) dentro do núcleo de refletividade, com um gradiente intenso (cerca de 5 ms⁻¹km⁻¹) entre as alturas isotérmicas de 0 a -40°C. Próximo à posição do hailpad, a corrente descendente de 0°C até a superfície e a refletividade de até 70 dBZ perto da superfície indicam descida intensa de hidrometeoros, incluindo chuva e granizo grande, como observado no hailpad. De fato, no momento da queda do granizo em solo (2150 UTC), a identificação de hidrometeoros pela lógica fuzzy e estimativa de massa de gelo (Figura 4) mostra que esta célula convectiva é composta basicamente por granizo e graupel, com densidades de até 30 g m⁻³, estendendo-se até próximo à -40°C (~10 km de altura), com graupel de alta densidade até 12,5 km e graupel de baixa densidade até 17,5 km de altura.

Ao final da análise destes 5 casos de granizo pretendemos ter uma melhor compreensão sobre a formação da precipitação e sua influência no desenvolvimento elétrico, principalmente nos aspectos evolutivos da cinemática convectiva que levam ao desenvolvimento de tempestades tropicais produtoras de granizo. Parte desses resultados foram apresentados na *XVI International Conference on Atmospheric Electricity*, em Nara, Japão.

REFERÊNCIAS

Davies-Jones, R. P., 1979: Dual-Doppler Radar Coverage Area as a Function of Measurement Accuracy and Spatial Resolution. *J. Appl. Meteorol.*, **18**, 1229–1233, doi:10.1175/1520-0450-18.9.1229.

Doviak, R. J., and D. S. Zrnić, 1993: *Doppler Radar and Weather Observations*. 2nd ed. Dover Publications, Inc., Mineola, NY, 562 pp.

—, P. S. Ray, R. G. Strauch, and L. J. Miller, 1976: Error Estimation in Wind Fields Derived from Dual-Doppler Radar Measurement. *J. Appl. Meteorol.*, **15**, 868–878, doi:10.1175/1520-0450(1976)015<0868:EEIWF>2.0.CO;2.

Liu, H., and V. Chandrasekar, 2000: Classification of Hydrometeors Based on Polarimetric Radar Measurements: Development of Fuzzy Logic and Neuro-Fuzzy Systems, and In Situ Verification. *J. Atmos. Ocean. Technol.*, **17**, 140–164, doi:10.1175/1520-0426(2000)017<0140:COHBOP>2.0.CO;2.

Tabela 1 – Descrição dos casos selecionados para análise. Adaptado de:
<https://topicssoschuva.blogspot.com.br/2017/03/summary-of-case-studies.html>.

Caso	Descrição	Regiões afetadas	Tipo de severidade
2016-12-25	As condições de instabilidade na região levaram a vários sistemas convectivos	Campinas, Vale do Paraíba e São Carlos	Rajadas de vento, granizo
2017-01-31	Linha de instabilidade	Sorocaba, Itu, Araraquara	granizo
2017-03-14	Precipitação intensa e granizo na fronteira entre as cidades de Campinas e Indaiatuba, e também em Jacareí	Campinas, Indaiatuba, Jacareí	granizo
2017-11-15	Condições termodinâmicas favoráveis levaram à formação de sistemas convectivos concentrados no centro do estado de São Paulo	Indaiatuba, Bebedouro	granizo
2017-11-16	Condições termodinâmicas favoráveis e um cavado em níveis médios levaram à formação de sistemas convectivos	Lorena, Ribeirão Preto, Campinas, São Paulo, Itapeva	Rajadas de vento, granizo

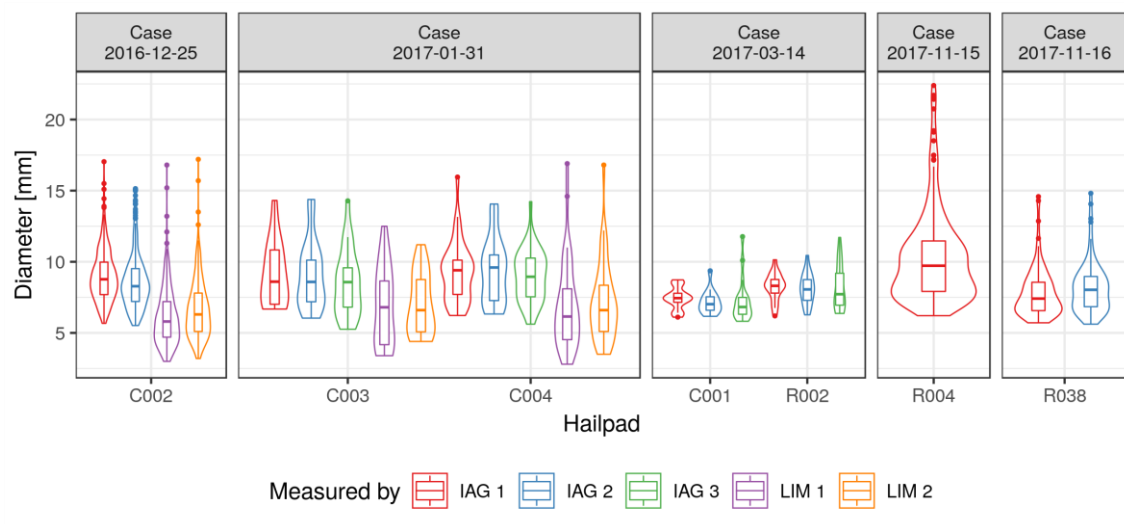


Figura 1 – Distribuição de tamanho de granizo para cada caso analisado, estando separadas por placa de hailpad sensibilizada (C002 à R038) e medições (IAG1 à LIM2).

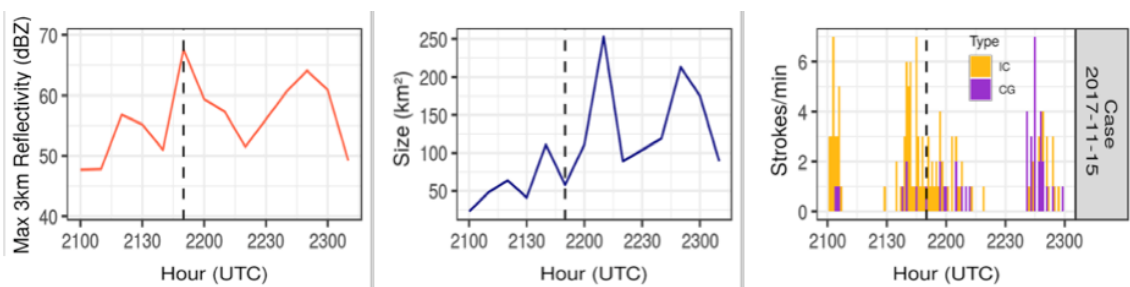


Figura 2 – (esquerda) Máxima refletividade em 3km de altura, (centro) área do sistema convectivo ($Z \geq 35\text{dBZ}$) e raios intranuvem (IC) e nuvem-sol (CG) para o caso de granizo mais severo detectado pelas redes de hailpads: 2017-11-15 em Campinas e Indaiatuba. Linhas tracejadas indicam o momento de detecção de granizo no hailpad: 2150 UTC.

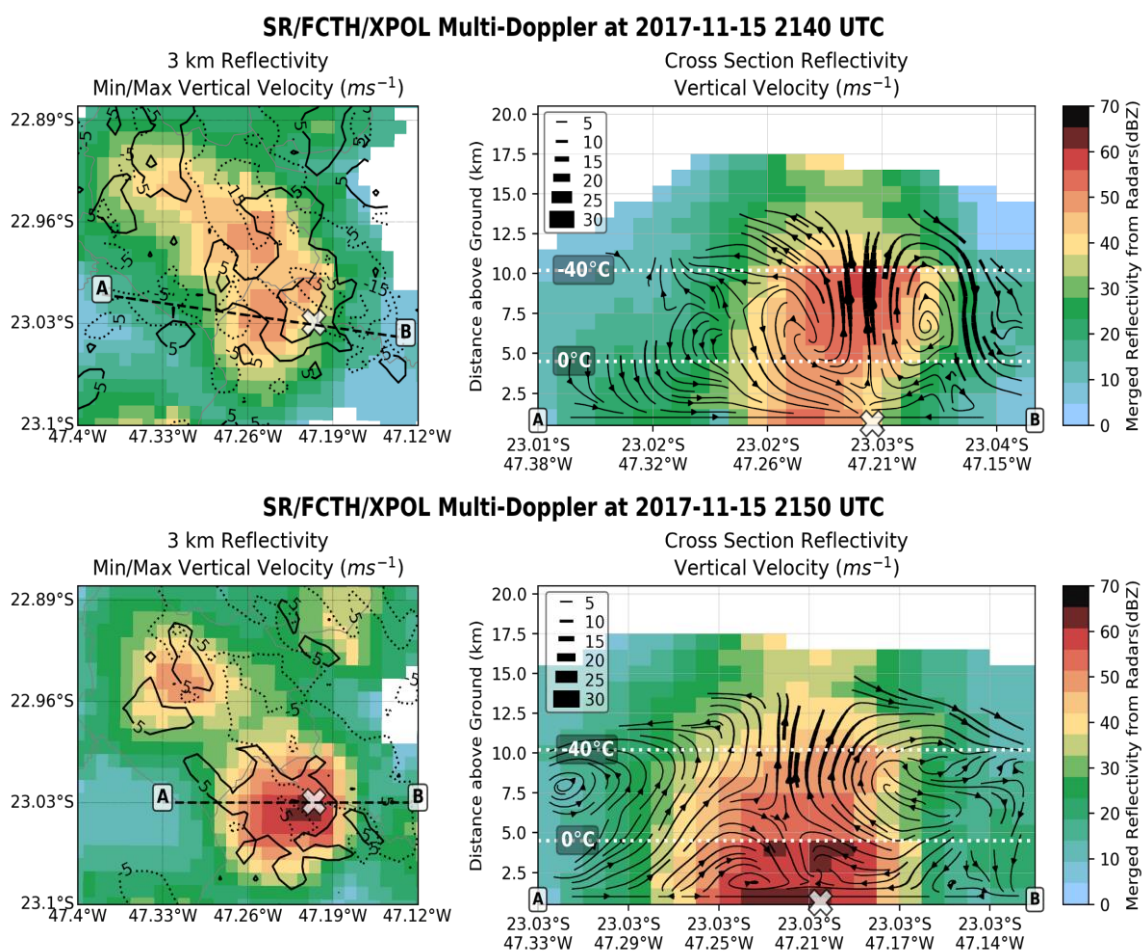


Figura 3 – Campos de velocidade de vento e refletividade mesclada da combinação Multi-Doppler SR/FCTH/XPOL para o caso de granizo severo de 2017-11-15 em Campinas e Indaiatuba, (superior) 10 minutos antes (2140 UTC) e (inferior) durante a queda de granizo (2150 UTC). Os painéis à esquerda mostram a refletividade horizontal em 3 km de altura (sombreado) e correntes ascendentes (contorno preenchido) e descendentes (contorno pontilhado) máximas; painéis à direita são seções transversais verticais, ao longo dos pontos A e B no painel esquerdo, de refletividade (sombreada) e vento (linhas dinâmicas, velocidade representada pela largura das linhas). O símbolo “X” marca a localização das observações do hailpad e as linhas brancas tracejadas horizontais marcam a localização aproximada das isothermas 0 e $-40^{\circ}C$.

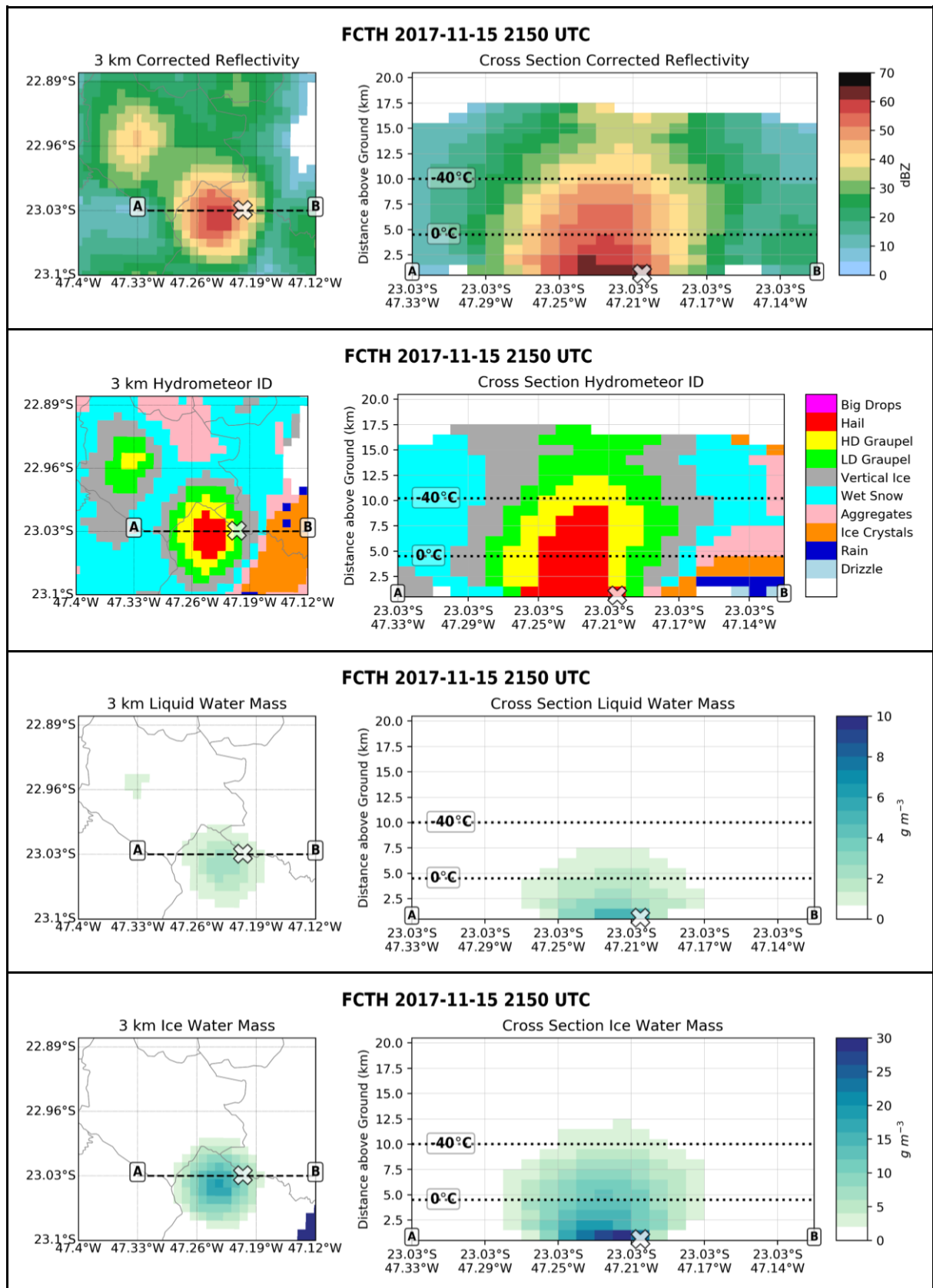


Figura 4 – Campos (superior ao inferior, respectivamente) de refletividade, identificação de hidrometeoros, massa de água líquida e massa de água de gelo do radar XPOL, para o caso de granizo severo de 2017-11-15 em Campinas e Indaiatuba, durante a queda de granizo: 2150 UTC. Os painéis à esquerda representam o corte horizontal em 3 km de altura, e os painéis à direita são seções transversais verticais, ao longo dos pontos A e B no painel esquerdo. O símbolo “X” marca a localização

das observações do hailpad e as linhas pretas tracejadas horizontais marcam a localização aproximada das isothermas 0 e -40°C .