

## Rede de Detecção de Granizo (“*Hailpads*”)

**Estudo sendo realizado por Rachel Albrecht e Camila Lopes**

A rede de detecção de granizo (“*hailpads*” – placas de isopor especial revestidas com papel alumínio) está finalmente finalizada, cobrindo boa parte da área de cobertura do radar XPOL instalado na UNICAMP (Campinas). Atualmente, esta rede é composta por 24 pontos de medida (indicadas pelos pontos azuis na Figura 1a) e 5 outros pontos a serem instalados (indicados pelos pontos vermelhos na Figura 1a). As maiores densidades de pontos de medida estão na Região Metropolitana de Campinas e Indaiatuba por questões logísticas de manutenção da rede. Também foi resolvida a questão do problema com os pássaros que destruíam a cobertura de papel alumínio, colocando abraçadeiras de plástico ao redor da placa, as quais se movem com o vento e servem com “espantalhos”. Na Figura 1b é possível observar uma placa instalada em Indaiatuba com as abraçadeiras de “espantalho” instaladas.

A manutenção e coleta das placas de granizo estão sendo organizadas pela aluna de mestrado Camila Lopes (orientada pela Rachel Albrecht) da USP e pelo aluno de iniciação científica Tiago Ifanger (orientado pela Ana Ávila) da Unicamp. Esses alunos organizaram os eventos, as placas e a lista de voluntários, além de simplificarem o “Manual do Voluntário” e a “Etiqueta de Identificação da Placa”, conforme descrito no **ANEXO 7**. A aluna da USP obteve bolsa de mestrado Fapesp ([2017/06075-3](#)), vinculada à este projeto, e estudará os eventos de granizo e de tempo severo na região de Campinas.

Três eventos de tempestade de granizo com medidas da rede de hailpads (Evento 1: 25/12/2016 em Campinas; Evento 2: 31/01/2017 em Campinas; Evento 3: 14/03/2017 em Cosmópolis e Indaiatuba) foram analisados juntamente com os dados do radar polarimétrico do Centro Tecnológico em Hidráulica (CTH) da USP (não há dados do radar XPOL da Unicamp). Em todos os casos foi possível observar refletividades ( $Z$ ) acima de 50 dBZ, razão de correlação ( $RHO$ ) abaixo de 0.98, refletividade diferencial ( $ZDR$ ) aproximadamente nula e fase diferencial específica ( $KDP$ ) inalterada, isto é, assinaturas típica de presença de granizo. Por exemplo, o evento do dia

14/03/2017 em Indaiatuba-SP detectou granizo acima de 8 mm de diâmetro (Figura 2) e a Figura 3 mostra as imagens do PPI (*Plan Position Indicator*) das variáveis polarimétricas do radar do CTH da elevação de 1° no provável instante da queda de granizo (horário de maior Z). Neste caso, temos valores de Z acima de 65 dBZ, ZDR ~0, RHO~0.94 (caracterizando mistura de granizo e chuva) e KDP~1.25 °/km (KDP fica inalterado na presença de granizo, mas positivo na presença de chuva). A Figura 4 mostra a distribuição espacial dos raios totais (i.e., intranuvem e nuvem-solo) detectados pela rede BRASILDAT e a taxa de raios sobre a Região Metropolitana de Campinas durante esses mesmos dois eventos granizo, mostrando claramente o aumento súbito da taxa de raios ao redor desses eventos de granizo (~604 raios/min às 1827 UTC durante o evento de Cosmópolis, e 527 raios/min às 1957 UTC durante o evento de Indaiatuba).

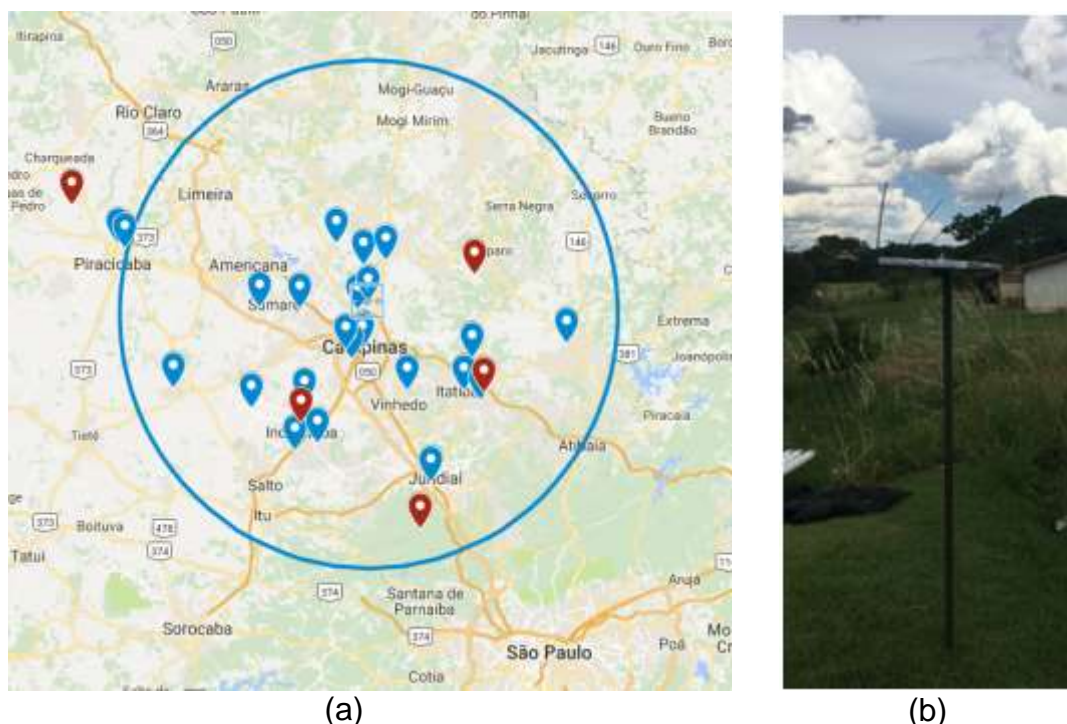
Um evento recente (15/Nov/2017, ~1930HL) na cidade de Indaiatuba também está sendo analisado, e sensibilizou uma placa de granizo com medidas iniciais de até 2 cm de diâmetro, os maiores que detectamos.

Dando continuidade à análise apresentada no relatório anterior sobre a série de eventos severos entre 04 e 07 de junho de 2016 (i.e., microexplosão em Campinas [05/06/2016 0330 UTC] e dois tornados nas cidades de Jarinú [06/06/2016 0045 UTC] e São Roque [07/06/2016 2000 UTC]), as imagens do radar confirmam núcleos convectivos bem definidos com presença de granizo e a ocorrência de evento severo – microexplosão em Campinas e tornado em Jarinú. A Figura 5 mostra refletividades acima de 60 dBZ dentro do núcleo convectivo e, às 3h10 UTC, é possível perceber na região de latitude 22,9°S uma região de eco fraco limitado (*Bounded Weak Echo Region*) associado à intensas correntes ascendentes de tempestades severas (Lemon 1980). A Figura 6 mostra o corte vertical no momento mais intenso do sistema. É possível observar o núcleo convectivo entre 130 e 140 km com a presença de granizo (refletividade acima de 60 dBZ) no centro e na base da nuvem – região com ZDR > 2, KDP > 1,5°/km e RHO < 0,92 (Straka et al. 2000).

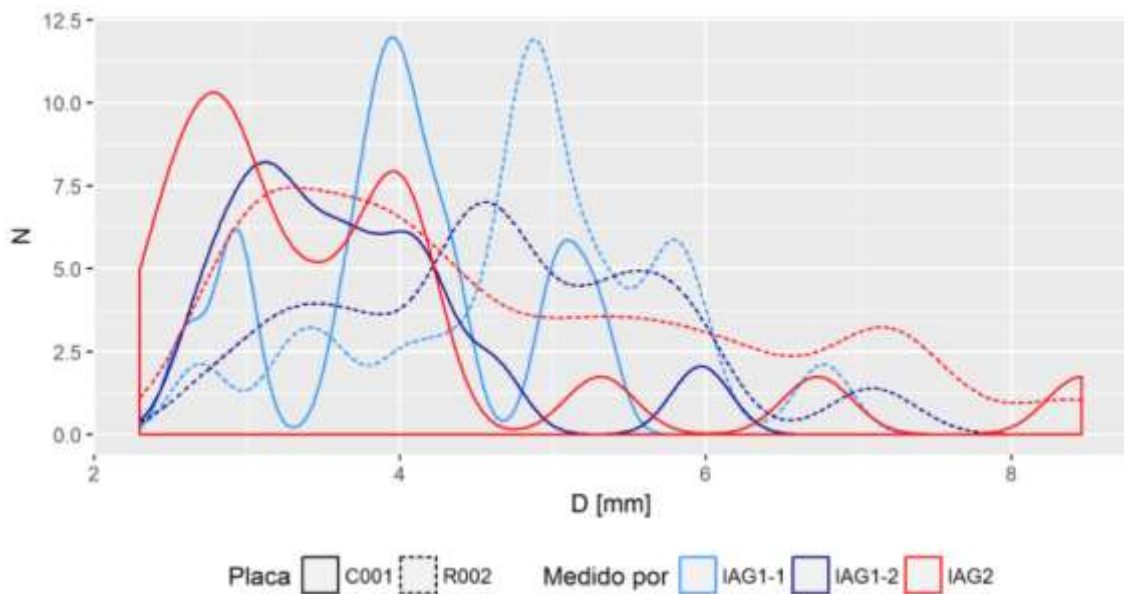
No caso do tornado de Jarinú, os PPIs das variáveis polarimétricas do radar CTH (Figura 7) mostra uma clara assinatura de tornado em Atibaia

(23,1°S, 46,5°W) às 0040 UTC: o eco de gancho (*hook echo*) está relacionado com a subsidência de supercélulas e indica o desenvolvimento de um tornado (Markowski 2002). A subsidência fica clara com a inversão da velocidade radial. Os altos valores de refletividade e de ZDR estão associados à chuva forte e granizo. O corte vertical do máximo do sistema usando as variáveis polarimétricas do radar da FCTH (Figura 8) confirma a assinatura de tornado: em 72 km de distância, há uma região de fraca refletividade do radar ao redor de refletividades muito altas (até 70 dBZ), associada ao vórtice de um tornado. A partir de ZDR e KDP é possível confirmar a presença de granizo abaixo da base da nuvem em 70 km de distância.

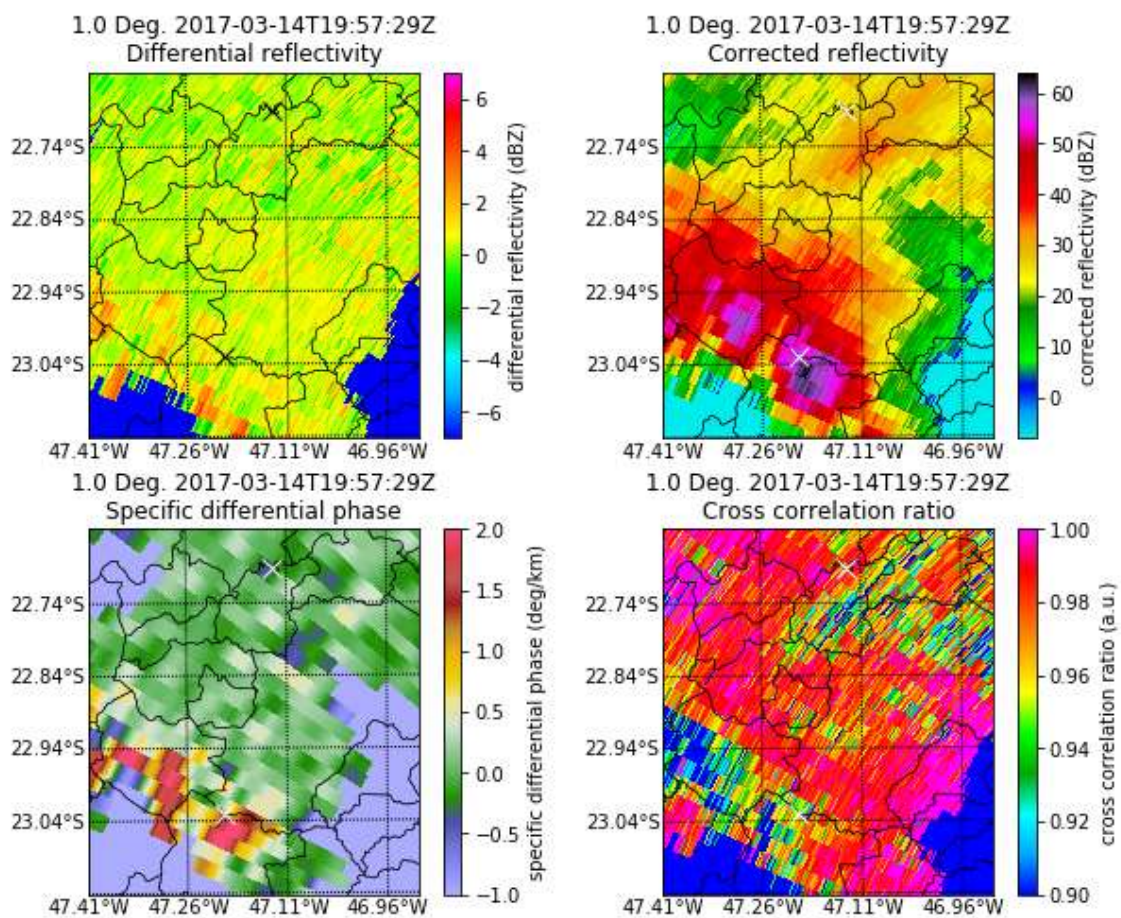
Já no caso de São Roque, por mais que os estragos tenham sido compatíveis com a passagem de um tornado, não foi possível observar nenhuma característica que indicasse sua ocorrência: a tempestade era maior, menos intensa e com menor quantidade de raios.



**Figura 1** – (a) Distribuição espacial dos detectores de granizo, sendo que os pontos azuis são os locais já instalados e os pontos vermelho são os locais a serem instalados (<http://goo.gl/FqN7vB>). (b) Sensor de detecção de granizo com abraçadeiras de plástico de “espantalho” instalado em um dos locais da cidade de Indaiatuba, SP.

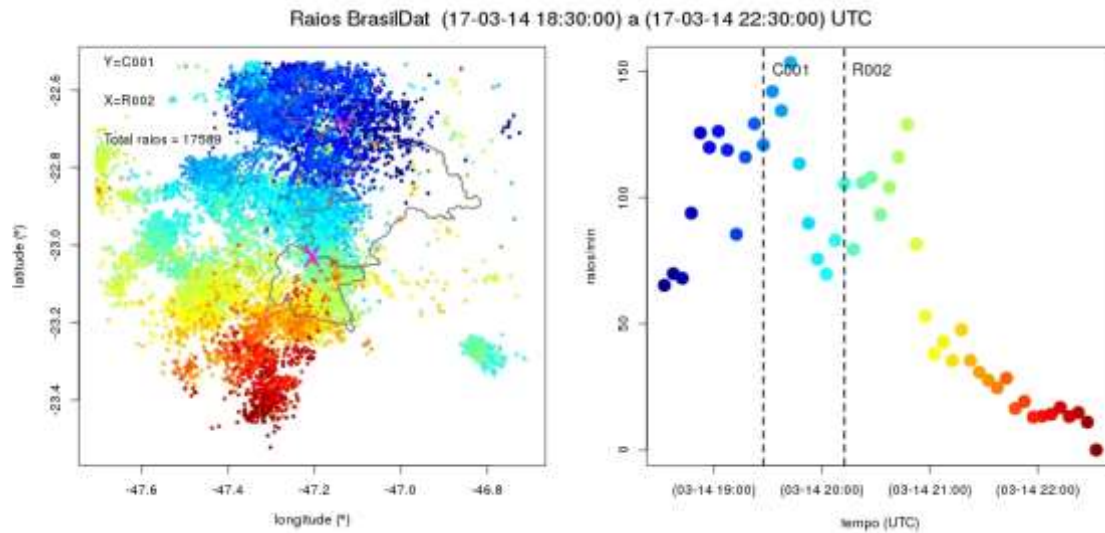


**Figura 2** – Distribuição de tamanho de granizo a partir de medidas por diferentes observadores (IAG1-2, LIM1-2) para o Evento 3, de 14/03/2017 em Indaiatuba-SP (linhas tracejadas – Placa R002) .

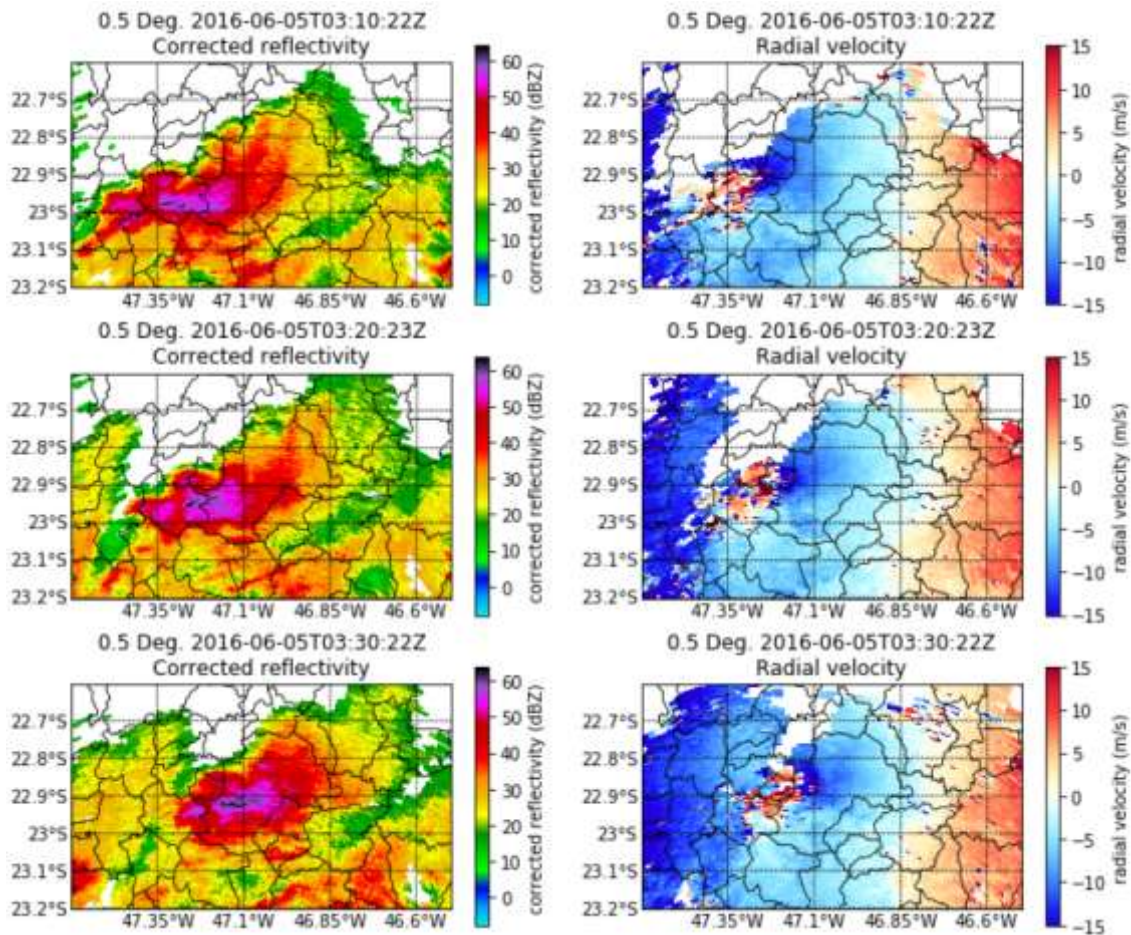




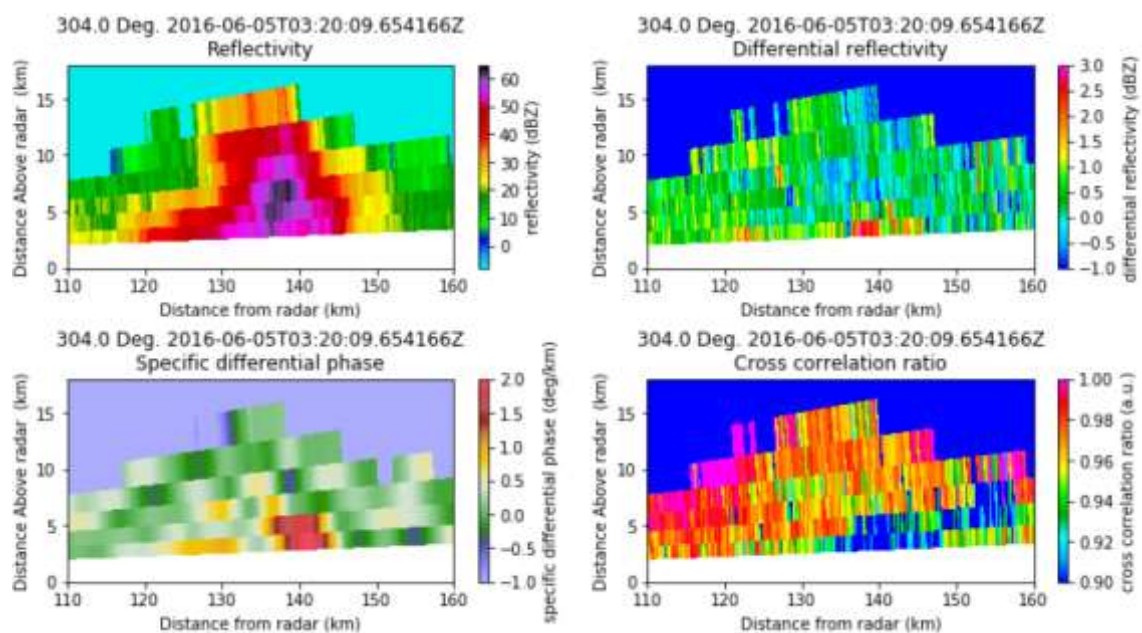
**Figura 3** – PPI (elevação = 1°) das variáveis polarimétricas (refletividade diferencial –ZDR, refletividade corrigida – Z; fase diferencial específica – KDP; e razão de correlação - RHO) do radar do CTH para o Evento 3, de 14/03/2017 em Indaiatuba-SP (Placa R002).



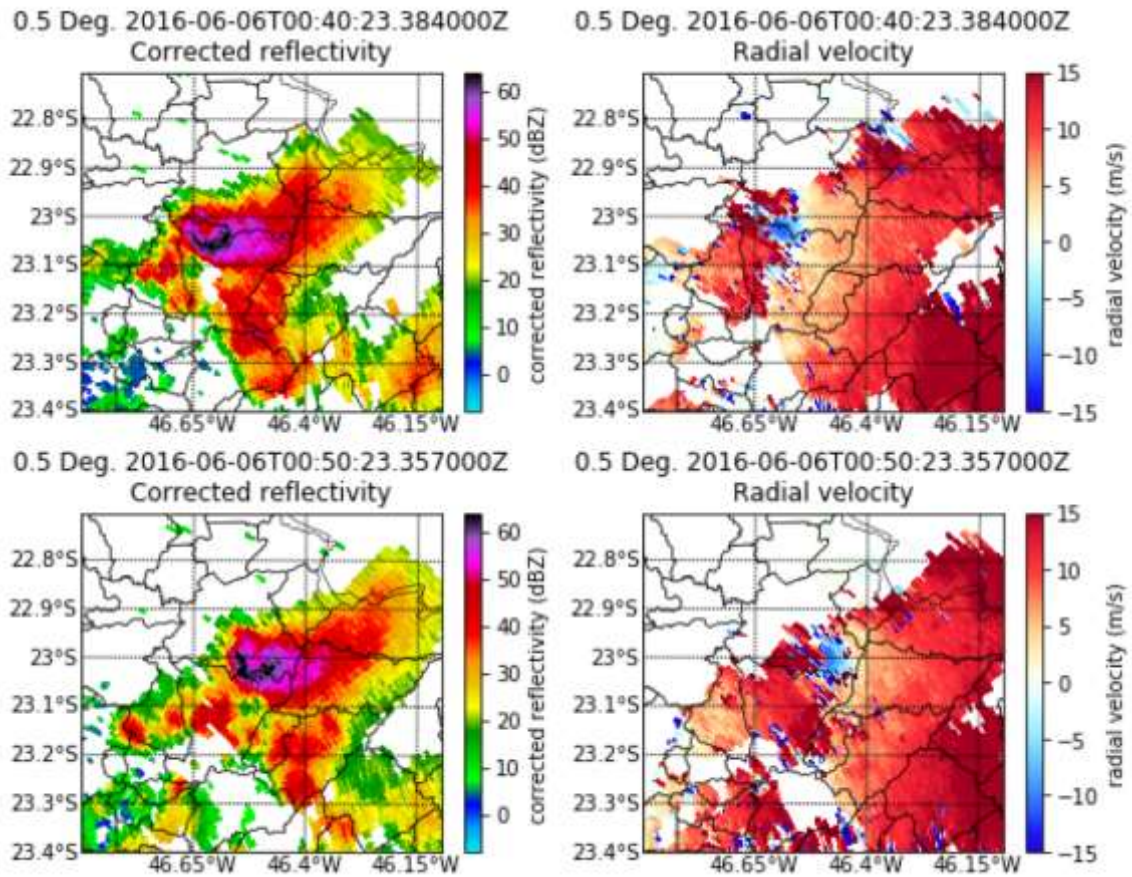
**Figura 4** – (esquerda) Distribuição espacial dos raios totais detectados pela rede BRASILDAT e (direita) taxa de raios (raios/min) integrada em intervalos de 5 minutos sobre a Região Metropolitana de Campinas durante os eventos granizo nas cidades de Cosmópolis (C001) e Indaiatuba (R002) no dia 14 de março de 2017. As cores indicam o tempo de acordo com a escala temporal da taxa de raios (figura à direita). As linhas na figura à esquerda representam os limites das cidades de Cosmópolis, Campinas e Indaiatuba.



**Figura 5** – Imagens do radar de São Roque para o momento mais intenso do sistema que afetou Campinas: Refletividade corrigida (Z - esquerda) e velocidade radial (direita).

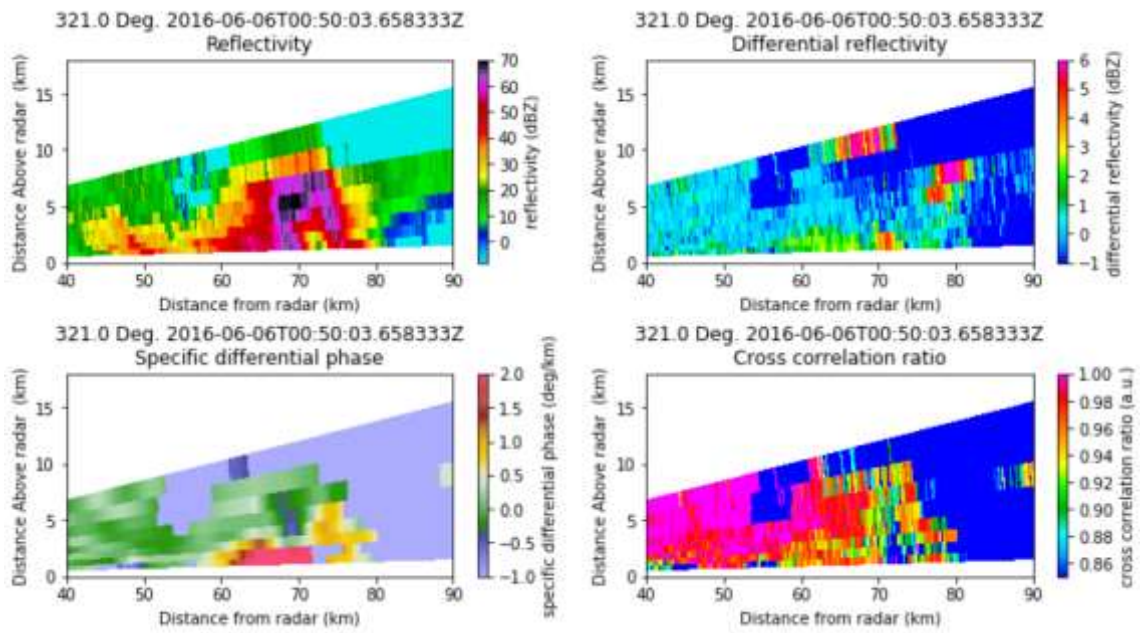


**Figura 6** – Corte vertical das variáveis polarimétricas medidas pelo radar CTH às 0320 UTC de 05/06/2016: refletividade, ZDR, KDP e RHO.



**Figura 7** – Imagens do radar de São Roque para o momento mais intenso do sistema que afetou Jarinu: Refletividade corrigida (Z - esquerda) e velocidade radial (direita).





**Figura 8** – Corte vertical das variáveis polarimétricas medidas pelo radar CTH às 0050 UTC de 06/06/2016: refletividade, ZDR, KDP e RHO.