



## **PROJETO SOS- CHUVA**

**(Sistema de Observação e Previsão de Tempo Severo)**

### **Previsão Imediata de Tempestades Intensas e Entendimento dos Processos Físicos no Interior das Nuvens**

**Pesquisador Responsável: Luiz Augusto Toledo Machado - CPTEC/INPE**

**Pesquisador Principal: Edmilson Freitas - IAG/USP**

**Pesquisadores Associados Principais:**

**Ana Maria Heuminski de Avila - CEPAGRI/UNICAMP**

**Felipe Gustavo Pilau - ESALQ/USP**

**Rachel Albrecht - USP/IAG**

**Daniel Vila – CPTEC/INPE**

**Eder Vendrasco – CPTEC/INPE**

**Kleber Naccarato – CST/INPE**

**Projeto Temático FAPESP - 2015/14497-0**

**Relatório Parcial #2 - Janeiro 2017-2018**



## Resumo do Projeto

Este projeto propõe utilizar radares e modelagem numérica para desenvolver pesquisa em previsão imediata de tempestades com base no conhecimento adquirido sobre as propriedades físicas das nuvens no projeto temático CHUVA. A base desta pesquisa são os diversos radares operando no Estado de São Paulo e o radar de dupla polarização operando em Campinas, por 24 meses, duas estações chuvosas, para capturar eventos intensos de precipitação que forneçam as bases para o estudo dos processos físicos no interior das nuvens visando aprimorar a previsibilidade em curto prazo, a detecção de severidade e a estimativa de precipitação com radar e satélite em alta resolução temporal e espacial. De forma inédita esse projeto irá instalar detectores de granizo para criar uma base de dados que forneça informações não somente sobre a ocorrência de granizo, mas também do seu tamanho. Além das diversas componentes de estudo, sejam elas ligadas a eletrificação, a propagação das células de chuva, ao crescimento do volume de tipos específicos de hidrometeoros, as taxas de crescimento do topo e os processos microfísicos, este estudo visa desenvolver o SIGMA-SOS. O SIGMA SOS é um sistema de informações geográficas que integra os dados medidos bem como as previsões em curto prazo e os avisos meteorológicos. O Brasil comprou e está ainda ampliando a rede de radares de dupla polarização para monitorar eventos extremos de tempo. Contudo, o conhecimento sobre esse sistema é ainda incipiente e este projeto irá realizar pesquisa empregando esse tipo de instrumento, formar alunos nessa área e desenvolver ferramentas inéditas para uso deste instrumento. A interface com a componente agrícola abre uma nova perspectiva de uso destes sistemas em uma área de grande importância para o Brasil.



## Conteúdo

Resumo do Projeto	2
1) O Projeto SOS-CHUVA no ano 2017	4
1.1) Descrição das Atividades	4
1.2) Descrição e Avaliação dos Apoios Institucionais	7
2) Discussão sobre as Atividades 2017-2020.	8
3) Descrição dos trabalhos de Pesquisa em Andamento	9
a) <i>Previsão imediata</i>	9
b) <i>Eletricidade Atmosférica</i>	11
c) <i>Modelagem e Assimilação de dados</i>	12
d) <i>Estimativa de Precipitação</i>	13
e) <i>Aplicações na Agricultura</i>	14
f) <i>Aplicações Diversas</i>	15
4) Trabalhos Apresentados, Publicados e Alunos envolvidos no Projeto.	16
5) Relatório de Bolsas TT e Benefícios Complementares.	45
Referências	46

### ANEXOS:

- ANEXO 1 Aplicativo SOS CHUVA;
- ANEXO 2 Página do Facebook do Aplicativo SOS CHUVA;
- ANEXO 3 Sistema de Previsão Imediata – o Portal de Nowcasting;
- ANEXO 4 Proposta para o Sistema Paulista de Meteorologia;
- ANEXO 5 Um Exemplo do emprego do CR-SIM;
- ANEXO 6 Abstract dos trabalhos apresentados no Segundo Workshop;
- ANEXO 7 Atividades com o Hail Pad;
- ANEXO 8 Workshops Realizados;
- ANEXO 9 Apresentação sobre os objetivos e instrumentação no RELAMPAGO;
- ANEXO 10 Classificação de hidrometeoros usando radar Banda X;
- ANEXO 11 Estudos de tempestades severas com o Hail Pad e o evento de 2016;
- ANEXO 12 Estudos utilizando os dados de radar e o Espaço de Fase;
- ANEXO 13 Avaliação e controle dos dados dos moinhos de campo (Field Mills);
- ANEXO 14 Análise do modelo de eletrificação das nuvens e dos moinhos de campo;
- ANEXO 15 Comparação GLM e BrasilDat no SOS CHUVA;
- ANEXO 16 Estudos de modelagem para prever severidade de eventos;
- ANEXO 17 Estudos de assimilação de dados de radar para previsão imediata;
- ANEXO 18 Estudos de estimativa de precipitação com radar e satélite;
- ANEXO 19 Estudos do SOS CHUVA com aplicação na Agricultura;
- ANEXO 20 Estudo do uso do vento para estruturas de construção civil;
- ANEXO 21 Estudos do SOS CHUVA com aplicações a hidrologia;
- ANEXO 22 Visita dos alunos de graduação ao experimento do SOS CHUVA;
- ANEXO 23 Relatório de uso do Benefícios Complementares.



# 1) O Projeto SOS-CHUVA no ano 2017.

## 1.1) Descrição das Atividades

O ano de 2017 foi muito importante para estabelecimento das pautas científicas que o projeto está trabalhando bem como a definição dos líderes das diversas atividades de pesquisa e aplicações. Havia ainda um trabalho considerável de implantação do sistema, principalmente nas questões de instrumentação, aplicativo, desenvolvimento da plataforma de previsão imediata, aglutinação de forças de pesquisa e operação, contato com os clientes das informações geradas (Defesa Civil, Centros regionais de meteorologia, entre outros), definição de suítes operacionais e agregação de pesquisa. Essas atividades são descritas a seguir em maiores detalhes.

O projeto apresenta um eixo de pesquisa e desenvolvimento em quatro componentes: **a) O Aplicativo SOS CHUVA e o desenvolvimento de novas tecnologias, b) O portal de previsão imediata e novos produtos, c) A modelagem em alta resolução e sua destreza e d) pesquisa básica nos processos físicos das nuvens com aplicação em previsão imediata.** Dentro destes itens descrevo a seguir o desenvolvimento realizado em cada uma dessas componentes. Uma descrição específica e mais detalhada de alguns desses desenvolvimentos é apresentada na sessão 3.

**O Aplicativo SOS CHUVA** conta com um número crescente de usuários e tem prestado um importante serviço à população, além de desenvolver novas tecnologias e serviços inéditos a sociedade. Este ano houve um grande interesse da imprensa pelo aplicativo e diversas entrevistas em jornais, rádio e televisão foram realizadas. O link na página do SOS CHUVA compila algumas dessas matérias (<http://soschuva.cptec.inpe.br/soschuva/midia.html>). Hoje o aplicativo apresenta 59.000 downloads (15 dezembro 2017) e conta com considerável número de usuários em dias de chuva. Novos desenvolvimentos foram adicionados neste ano ao aplicativo. O primeiro foi a inclusão de alerta pelo usuário. O usuário pode reportar diferentes tipos de eventos (chuva, chuva forte, granizo, escorregamento de terra, alagamento, entre outros). O evento relatado fica disponível para todos os usuários, servindo de um lado para o alerta aos usuários e de outro como um relato de evento para o banco de dados. Outra novidade, foi realizar vídeos informativos para informar ao usuário qual o procedimento no caso do evento relatado, por exemplo, relato de raios, o que você deve fazer se estiver exposto a esse tipo de evento. Até o mês de fevereiro teremos produzido (Bolsa de Jornalismo científico) os seguintes vídeos: Deslizamentos, chuva forte/tempestade, alagamentos/inundações, raios, vendavais e queda de árvores e queimadas e neblina. Além destas novas funções o SOS CHUVA conta agora com a possibilidade de avisar o usuário se há chuva ou tempestade nas proximidades do usuário, seja onde ele estiver, mas dentro da área de cobertura dos radares. **O ANEXO 1** apresenta os detalhes e estatísticas acerca do aplicativo. Já estamos na etapa de definição para a preparação de um aplicativo para emprego pelo agricultor de apoio a produção agrícola e outro aplicativo, já com o protótipo rodando, que apresenta as



condições de tempo e a previsão para sua localização. Esse aplicativo irá evoluir para uma aplicação que permite dar a previsão do tempo e condições de tempo em função de uma rota a ser realizada. Outra ferramenta que apoia o SOS CHUVA Apps é a página do facebook – SOS CHUVA que divulga, ajuda a entender, recebe críticas, discute eventos severos. Algumas publicações têm alcançados mais de 2000 pessoas. O **ANEXO2** apresenta um exemplo das publicações e os comentários realizados.

**O portal de previsão imediata** é um sistema desenvolvido para ser utilizado como plataforma básica para as equipes que tem a atribuição de realizar previsão imediata. Esse portal é baseado nas pesquisas realizadas e essas funções desenvolvidas na pesquisa são rapidamente empregadas no portal para serem utilizadas. A previsão imediata ainda não tem um protocolo definido de produtos e de rotina. Esse portal propõe ao previsor uma sistemática, com produtos específicos em cada fase da previsão imediata. Desde as definições das fases, até os diferentes produtos de modelos numéricos, satélites ou radares foram realizados pelo projeto com base no conhecimento adquirido. Esse portal tem senha para acesso pois ao se tratar de um sistema especializado, dedicado a operação, precisamos controlar o número de acessos para garantir que os computadores que rodam e interagem com o usuário consigam realizar rapidamente todas as tarefas demandas. Diversos núcleos regionais, Defesa Civil, Cemaden já solicitaram a senha e estão utilizando o sistema. O endereço da página é <http://nowcasting.cptec.inpe.br/>. O **ANEXO3** descreve a apostila de nowcasting, atualizada, com descrição do portal e um detalhamento da física dos produtos incluídos no portal. Esse é um documento vivo, que será atualizado todo ano até o final do projeto, época quando será realizada a última versão deste documento. Ainda nesta mesma linha preparamos um documento sugerindo a organização do Sistema Paulista de Meteorologia, o SIPMET, para a Defesa Civil do Estado de São Paulo. Esperamos que este tópico evolua para a organização da previsão imediata no Estado de São Paulo. **(ANEXO4)**

**A modelagem em alta resolução** e sua destreza é um grande desafio para a previsão imediata. A previsão com resolução da ordem de 2 a 1 km de resolução é ainda um grande desafio. A passagem de um modelo hidrostático para um modelo não hidrostático, e de um modelo com parametrização da convecção para um modelo na qual a convecção é explicitamente representada é um desafio. Há problemas na zona cinza (região onde parte dos processos são representados e outros são explicitamente descritos) que gera instabilidades e erros nos modelos em função dos diferentes processos em cada escala. No momento estamos rodando diariamente dois modelos, o BRAMS com 2 km de resolução e o WRF, com e sem assimilação de dados de radar, em 1 km. Inicialmente pensava-se em testar os casos diariamente, mas percebeu-se que devido à complexidade e quantidade de dados e trabalho, essa estratégia não seria possível. Então decidimos fazer levantamento de casos de tempestades severas, denominados Golden Days. Para tanto criamos um BLOG com os casos e a descrição de cada caso, desta forma, criando as condições para os pesquisadores terem todas as informações sobre o caso, seja a meteorológica, seja as consequências causadas pelo evento. Os eventos são aqueles na região de cobertura dos diversos radares utilizados no projeto. O endereço é : [https://topicssoschuva.blogspot.com.br/2016\\_11\\_01\\_archive.html](https://topicssoschuva.blogspot.com.br/2016_11_01_archive.html). Até o momento



foram descritos 5 casos em 2016, 25 em 2017, e 3 casos em 2018. Também utilizou-se uma ferramenta para apoiar a pesquisa de modelagem, o CR-SIM (Cloud Resolving Model Radar Simulator), que permite levar com facilidade os dados observacionais (radar) aos dados de modelo e vice-versa. O **ANEXO5** apresenta uma discussão sobre o emprego do CR-SIM para o caso de 3 de dezembro de 2016. Diversas outras atividades foram realizadas neste tópico que serão descritas em detalhes na sessão 3.0. A proposta é realizar estudos de casos para aprimorar os modelos e iniciar em 2018, pelo menos para um período de 1 meses, uma comparação sistemática com o campo de chuva medido pelo radar, para definir o melhor modelo na previsão de máximos de precipitação, precipitação média e a descrição espaço-temporal do campo de chuva. Para tanto, iremos criar o campo de precipitação observado pelo radar Banda X, a cada 30 minutos, com 1 km de resolução, para servir de controle sobre a chuva em uma área de 60x60 km<sup>2</sup> centrado em Campinas. Os diversos modelos, com diferentes parametrizações, com assimilação de dados de radar ou não, serão avaliados nesta amostra contínua de campos de precipitação. No momento estamos preparando estes campos considerando as diversas estratégias para combinar radar banda X, Banda S e campos de pluviômetros.

***As pesquisas básicas nos processos físicos das nuvens com aplicação em previsão imediata*** estão em preparação. Um ponto que se pode notar claramente neste relatório (sessão 4) que a grande maioria dos artigos publicados ainda estão utilizando dados do experimento CHUVA, embora com aplicações específicas do SOS CHUVA. O fato é que há um interstício entre a proposta da coleta de dados, a implementação, a coleta propriamente dita, a preparação das bases de dados e seu controle de qualidade. Estas fases demoram diversos anos e há um atraso entre essas fases o que implica na utilização de outras bases substanciadas para testar os algoritmos, ideias, processos e validação. Desta forma, por exemplo, a classificação de hidrometeoros, a parametrização de nuvens, o uso do espaço Gamma, as análises das distribuições de hidrometeoros, estão sendo realizados com dados da Amazônia e aquelas com nowcasting com dados do CHUVA Vale. Isso não descarta o grande número de trabalhos que estão sendo realizados com os dados do SOS CHUVA. Embora esses resultados serão publicados no futuro. Em novembro de 2017 realizamos o segundo Workshop do Projeto SOS CHUVA. A agenda e as apresentações podem ser acessadas no site: <http://sigma-soschuva.cptec.inpe.br/workshopesalq/>. Os estudos propostos neste workshop demonstram o grande potencial de envolvimento de alunos e pesquisadores na temática do SOS CHUVA. O **ANEXO6** apresenta os resumos submetidos ao Workshop. Outra atividade importante neste ano foi o experimento de previsão imediata que foi realizado entre os dias 26 e 30 novembro. A NOAA aprovou a operação especial de rapid scan na região do SOS CHUVA com imagens a cada 1 minuto, entre 1500 e 2000 horas, do novo satélite geoestacionário, o GOES-16. Esse conjunto de dados combinados com as radiossondas lançadas em diversos horários formam uma importante base de dados para a pesquisa nesta área. Infelizmente não houve tempestade severa neste período na área de cobertura do radar, mas ainda na cobertura do rapid scan a cada 1 minuto, houve uma tempestade muito intensa em Minas que resultou na ocorrência de granizo do tamanho de bola de golfe. As imagens destes dias podem ser acessadas através do link [https://www.dropbox.com/s/3etjtirx0ihkbei/animacion\\_20171128.gif?dl=0](https://www.dropbox.com/s/3etjtirx0ihkbei/animacion_20171128.gif?dl=0). Todos os 16 canais do ABI foram armazenados a cada 1 minuto. Com relação aos Hail Pads



continuamos o esforço de instalação e controle, iniciamos o processamento dos dados e a definição de metodologia de levantamento dos dados. As atividades nesta área estão descritas no **ANEXO7**. Uma descrição detalhada de alguns tópicos de pesquisa nesta área é apresentada na sessão 3. Ainda nesta componente vale destacar as medidas de química atmosférica que iniciaram em julho de 2017. O trailer de química atmosférica do Instituto de Química da USP, coordenado pelo Dr. Paulo Artaxo, foi instalado ao lado do radar adicionando medidas importantes para estudar a interação aerossol-nuvens-precipitação. O Trailer realiza medidas em tempo real das concentrações de aerossóis e gases traço, determinação da composição química e de propriedades importantes como a distribuição de tamanho e propriedades ópticas. Esses dados serão analisados inicialmente, de forma conjunta, para a pré-estação chuvosa, quando as tempestades começam a se formar e a atmosfera é ainda razoavelmente poluída. Finalizando, além do Workshop científico do projeto SOS CHUVA, o Projeto realizou treinamentos com a Defesa Civil, participou ativamente do Fórum Permanente Sociedade e Desenvolvimento na UNICAMP e do Encontro de Meteorologia do Estado de Santa Catarina, que focou na previsão imediata. Neste Workshop foram ministrados cursos e palestras. O **ANEXO8** apresenta uma lustração das chamadas para essas atividades.

## **1.2) Descrição e avaliação do apoio institucional**

O INPE deu todo o apoio a realização do projeto, seja através do Laboratório de Instrumentação Meteorológica com os engenheiros e técnicos participando do experimento e manutenção da Instrumentação. Outro apoio foi no setor de geotecnologia no desenvolvimento do Aplicativo e do portal de nowcasting. Para fazer face a este desafio o CPTEC criou um grupo de nowcasting para interagir com o projeto. Do ponto de vista de modelagem o supercomputador foi disponibilizado para as rodadas diárias do modelo WRF em alta resolução para a região do Estado de São Paulo.

A UNICAMP contribuiu fortemente ao projeto realizando coletas diárias dos dados, mantendo a instrumentação, realizando toda a parte administrativa, colocando à disposição quando necessário o apoio Institucional para resolver os diversos problemas técnicos e administrativos. Além disso organizou diversas reuniões com os diferentes atores envolvidos na problemática dos eventos severos.

A USP IAG realizou diariamente rodadas do modelo regional BRAMS, em alta resolução, para disponibilizar aos portais. Além deste apoio, Pesquisadores e alunos participaram ativamente do projeto, com deslocamentos frequentes na área de medidas e na responsabilidade sobre a rede de granizo. O IFUSP, deslocou o trailer de química atmosférica para a UNICAMP e realiza medidas rotineiras para manutenção das medidas. A ESALQ mantém a rede de medidas pluviométricas e de fluxo de superfície em suas instalações e realiza coleta continua destes dados. Além da coleta a ESALQ mantém alunos de IC e Mestrado envolvidos com o projeto e realiza controle de qualidade dos dados.

A EMBRAPA de Jaguariúna mantém uma rede de dados pluviométricos e apoia a coleta de dados do experimento.





A Defesa Civil de Campinas atua bastante próxima do projeto e tem apoiado as iniciativas ligadas a implementação do Sistema Paulista de Meteorologia e a preparação de vídeos para o Aplicativo.

O IPMET tem fornecido os dados dos radares de Bauru e Presidente Prudente, em tempo real, para o aplicativo e participado de discussões seminários e estudos de casos. A Força Aérea tem fornecido as imagens dos radares de São Roque e Pico do Couto em tempo real. O DAEE tem fornecido os dados históricos do radar de Salesópolis para estudos científicos.

Desta forma, julgo que o projeto tem todo o apoio necessário para realizar as medidas necessárias.

## **2) Discussão sobre as atividades 2018-2020.**

Em 2018 teremos uma programação bastante intensa em função do experimento RELAMPAGO. As medidas em Campinas ocorrerão até o mês de agosto, encerrando o período de coleta de dados em Campinas. Com isso teremos duas estações chuvosa e duas estações de transição. Esses dados formarão uma base de dados que será explorado por diversos anos em Mestrados e Doutorados. Os casos severos, elencados, discutidos, descritos e com os dados medidos e simulados preparados para análise, formará uma base de dados única para estudo de eventos severos nessa região. Neste ano ainda temos grande parte da estação chuvosa para coletar os dados e para avançar nas análises e nos sistemas de modelagem. Em agosto de 2018 iniciaremos a organização do experimento RELAMPAGO que irá ocorrer de primeiro de novembro a 15 de dezembro. No projeto original mencionamos o RELAMPAGO a importância de participar, contudo não prevemos recursos e discutimos os detalhes, pois ainda não haviam os financiamentos americanos para a campanha e ela não estava confirmada. Hoje, com financiamento da National Science Foundation, da NASA, DOE e NOAA, garantem a execução do experimento. Na verdade, como co-PI do projeto RELAMPAGO tenho trabalho na preparação de documentação e participado de teleconferências a dois anos. No mês de novembro, durante o experimento do SOS CHUVA em Campinas realizamos o Dry-run, um simulado do experimento tomando decisões de deslocamento dos radares para estudo dos processos operacionais que ocorrerão no final deste ano. Após várias discussões, a decisão foi do SOS CHUVA participar a partir do Brasil, instalando seus equipamentos em São Borja, fronteira com a Argentina. O core do experimento estará em Córdoba. Os instrumentos de Córdoba observarão a formação dos complexos convectivos de mesoescala e os equipamentos do SOS CHUVA irão observar os sistemas entrando no Brasil. O RELAMPAGO é um experimento internacional de nowcasting e tem uma forte sobreposição com os objetivos do SOS CHUVA. Assim, esse ano de 2018 será bem intenso em termos de movimentação de equipamentos e irá representar a última coleta de dados do projeto. O último ano do projeto 2019-2020 será consagrado nos estudos e preparação das bases de dados. Os recursos para a participação no RELAMPAGO serão obtidos da Reserva Técnica do





projeto. Haverá equipes em Córdoba e principalmente em São Borja. As tratativas para a instalação dos equipamentos já se iniciaram, com a Prefeitura de São Borja. O **ANEXO 9** descreve a participação no experimento em maiores detalhes. Discute-se a realização de uma Escola São Paulo de Ciência Avançada sobre nowcasting, uma sessão na AGU e/ou AMS e um número especial em revista científica. Essas são algumas das ideias que iremos discutir este ano. Artigos sobre a classificação de hidrometeoro, estimativa de chuva por satélite, modelagem e assimilação, uma nova metodologia de parametrização dos processos microfísicos e assimilação do GLM em modelos numéricos são algumas das publicações que estaremos preparando este ano. Com relação ao Aplicativo SOS CHUVA, estaremos finalizando a fase de desenvolvimento e iremos estudar a melhor forma de gestão deste aplicativo. Estaremos também desenvolvendo um aplicativo para a agricultura. Já temos uma ideia e estaremos realizando o protótipo. Com relação a modelagem, iremos trabalhar na operacionalização das previsões em 1km de resolução com assimilação de radar e do GLM. Com relação a Defesa Civil, esperamos realizar reuniões para avançar na criação do programa Sistema Paulista de Meteorologia. Finalmente, em 2020 pensamos em escrever um artigo para o BAMS apresentando uma metodologia nova de nowcasting e os novos recursos.

### **3) Descrição dos trabalhos de Pesquisa em Andamento**

O projeto segue, de certa forma, como uma continuação de certos tópicos de pesquisa do projeto CHUVA que foi encerrado em 2015. Assim, muitas das pesquisas realizadas em 2017 foram ainda com dados do projeto CHUVA. Também se iniciou estudos com os casos selecionados, embora esses estudos ainda estejam em uma forma ainda bastante preliminar. A seguir descrevemos alguns destes tópicos em maiores detalhes.

#### ***a) Previsão Imediata***

A classificação de hidrometeoros é uma importante etapa do projeto, pois essa classificação permitirá fornecer os perfis de hidrometeoros observados pelo modelo de previsão para análise da performance das diferentes parametrizações. Por outro lado, a classificação permitirá desenvolver ferramentas de nowcasting diretamente dos dados do radar através dos cálculos de derivadas lagrangianas de determinados tipos de hidrometeoros. Por exemplo, como varia o volume de graupel ou granizo e sua tendência como parâmetro precursor da evolução do sistema para severidade.

Embora as classificações de hidrometeoros a partir dos radares com dupla polarização são muito conhecidas, desde os anos 2000, nenhuma classificação foi ainda desenvolvida para as regiões tropicais. Além disso várias pesquisas recentes mostraram que existem diferenças entre as características das nuvens nas estações chuvosa e seca (Cecchini et al. 2017; Jäkel et al. 2017, Machado et al. 2017). Entretanto ninguém até hoje avaliou estas diferenças do ponto de vista da distribuição vertical e espacial dos hidrometeoros dominantes. Por todos estes motivos, foi escolhido desenvolver uma



nova classificação dos hidrometeoros para os trópicos brasileiros a partir do radar da banda X envolvido no projeto SOS-CHUVA. Atualmente existem três metodologias para identificar os hidrometeoros a partir dos radares de dupla polarização: A) O **Booleano**. É a primeira metodologia que foi desenvolvida durante os anos 1990-2000 (Bringi et al 1986; Straka et al 1993, Höller et al 1994). Ela consiste em definir basicamente as gamas de valores para cada tipo de hidrometeoro e cada variável polarimétrica. Mas esta técnica não leva em conta a possibilidade de dois hidrometeoros sejam definidos no mesmo espaço polarimétrico, resultando algumas vezes em erros nas classificações). B) **Lógica “fuzzy”**. Ela representa a maioria das classificações que foram desenvolvidas durante os anos 2000-2010 para os serviços meteorológicos (Vivekanandan et al 1999; Ryzhkov et al 2005; Dolan et al 2009; Al-Sakka et al 2013). Esta metodologia permite precisamente resolver o problema da superposição booleano, usando suaves transições nos limites das variáveis do radar a partir de uma combinação das funções Triangulares ou Gaussianas. Essas funções são inferidas através das simulações no T-Matrix e algumas vezes pelas observações in situ. Embora esta técnica é robusta e fácil para implementar em modelos de previsão, ela apresenta certas limitações como: a escolha do número de tipos de hidrometeoros, a simulação de T-Matrix geralmente erradas para a fase sólida e não considerar a precisão das medições do radar nem a coerência da distribuição espacial dos hidrômetros. C) **o Clustering**. Nos últimos anos esta técnica parece ser a nova referência (Bechini et al 2014, Grazioli et al 2015, Wen et al 2015, Besic et al 2016). Apesar do custo computacional, esta metodologia não usa uma hipótese de base (unsupervised clustering) ou muito pouco (semi-supervised clustering) para procurar em um conjunto de dados polarimétricos padrões similares (cluster). No caso do “unsupervised” técnica, o número dos hidrometeoros não são definidos a priori e não se baseiam nas simulações de uma distribuição teórica. O número dos hidrometeoros são definidos a partir dos dados iniciais, e o conteúdo final é manualmente interpretado. Essa foi a técnica que decidiu-se implementar. Os detalhes deste estudo estão no **ANEXO10**.

Com relação aos estudos com Hail Pads iniciou-se as análises que servirão para criar a base científica de estudos utilizando esse instrumento que foi desenvolvido pelo projeto. Uma descrição destas atividades está no **ANEXO11**. Este anexo apresenta também uma análise do evento de Campinas no inverno de 2016

Ainda em termos de previsão imediata, um outro trabalho sendo realizado tem o objetivo de realizar uma análise holística dos sistemas precipitantes que atuaram ao longo do verão de 2016/2017 e que foram captados pelo radar banda-X do SOS-CHUVA. A análise holística será empregada como meio de comparação dos diversos sistemas precipitantes com o intuito de, no futuro, reconhecer padrões envolvendo os eventos mais intensos de chuva. O **ANEXO12** apresenta os resultados preliminares envolvendo as variáveis pertinentes para a definição dos chamados “espaços de fase”. O estudo dos espaços de fase em sistemas meteorológicos vem recebendo certa atenção na literatura, uma vez que apresentam uma forma simplificada de representar diversos fenômenos físicos. Por exemplo, Heiblum et al. (2016) utilizam modelagem LES (Large Eddy Simulation) para representar grupos de nuvens cumulus em um espaço de fase definido pela altura do centro de massa (COG) e o Liquid Water Path (LWP) médio de cada sistema (em cada passo de tempo). Neste espaço, os autores foram capazes de



identificar diversos padrões, tais como 1) sistemas em crescimento (COG e LWP crescentes); 2) sistemas em dissipação por precipitação (COG e LWP decrescentes); 3) sistemas em dissipação sem precipitação (COG relativamente constante e LWP decrescente). Além disto, características morfológicas tais como o split e merge de sistemas também puderam ser analisadas. Com foco na microfísica de sistemas convectivos na Amazônia, Cecchini et al. (2017) introduziram o chamado Espaço de Fase Gamma. Para definir tal espaço, os autores partem da definição da equação gamma que reproduz as medidas de distribuição de tamanho de gotas (DSD). Os autores argumentam que é possível analisar toda a variabilidade teórica das DSDs ao estudar o espaço de fase gamma. Para exemplificar possíveis aplicações desse espaço, Cecchini et al. (2017) apresentam diversos padrões observacionais relativos a gotas de nuvem que mostram que os processos de crescimento de gotas por condensação ou colisão-coalescência apresentam padrões específicos nesse espaço, portanto o mesmo pode ser utilizado para diagnosticar ou prever padrões de evolução da DSD. Tendo em vista os espaços de fase apresentados acima, os resultados preliminares a serem descritos neste trabalho tem os seguintes objetivos específicos: a) Identificação de variáveis-chave obtidas pelo radar banda-X para a definição de espaços de fase análogos; b) mostrar as características gerais de tais variáveis; c) analisar o ciclo de vida dos sistemas observados no contexto dos espaços de fase.

#### ***b) Eletricidade Atmosférica***

Os estudos de eletricidade atmosférica cobrem 3 aspectos, a rede de moinhos de campo, o sistema BrasilDat e o GLM, sensor de descargas elétricas na nova geração do GOES, o GOES-16. Com relação a rede de moinhos de campo, o **ANEXO13** apresenta uma descrição do sistema, das manutenções e operacionalidade do sistema. Esses dados são de certa forma inéditos, tem um processo de manutenção que consome esforços e recursos, contudo, entendemos que são dados que serão explorados futuramente em modelos de eletricidade atmosférica ou em modelos de previsão imediata que permitirão anteceder a ocorrência da descarga atmosférica nuvem-solo. Exemplo destes estudos encontra-se no **ANEXO14** onde é apresentado os resultados de um modelo de eletrificação da nuvem e sua comparação com a rede em superfície de moinhos de campo. Utiliza-se o modelo Meso-NH desenvolvido pelo Laboratório de Aerologia na França. Esses são estudos na fronteira do conhecimento sobre um assunto que precisa ainda ser melhor compreendido. Ainda neste anexo, é apresentado os primeiros estudos sobre o uso dos moinhos de vento utilizando campos interpolados. A ideia é conseguir filtrar as variações de campo elétrico em condições normais daquelas causadas pela eletrificação da nuvem. Outro estudo na área de eletrificação está sendo realizado para emprego dos dados do sensor GLM que equipa a nova geração de satélite da NOAA o GOES-16. O **ANEXO15** apresenta uma comparação dos casos de eventos severos selecionados pelo SOS CHUVA com a rede BrasilDat e o GLM. Os resultados foram importantes para interagir com a equipe da NOAA para que o novo software de processamento dos dados do GLM seja corrigido. Esta cooperação é parte do projeto SOS CHUVA que tem um acordo de uso exclusivo dos dados do GOES-16, que resultou nas varreduras a cada minuto durante o experimento do SOS CHUVA.



### ***c) Modelagem e Assimilação de dados***

Este tópico tem demandado um grande número de homens horas de trabalho em função da originalidade deste estudo que é utilizar modelos de previsão em alta resolução, com redução do spin up (tempo entre o início da simulação e o uso dos dados) e a previsibilidade de eventos severos. Pode-se dizer que este tópico também está na fronteira do conhecimento e muitos testes, análises, hipóteses são necessários para avançar no conhecimento. Dois tópicos são fortemente analisados, o modelo em si e a assimilação de dados de radar. Com relação ao modelo, o mesmo pode ser utilizado como um sistema de previsão propriamente dito ou como gerador de parâmetros atmosféricos que irão compor índices de severidade que darão campos de probabilidade de ocorrência de evento severo. Embora estejamos utilizando diversos modelos, seja modelos coluna, ou modelos tridimensionais, os mais empregados são o BRAMS e o WRF. Os seguintes tópicos estão sendo estudados de forma profunda: a) O sistema operacional de previsão em curtíssimo prazo. A operacionalização do sistema passa por diversas etapas e as simulações nestas resoluções induzem instabilidades no aninhamento de grades ou em outros diversos processos simulados. b) experimentos com o Modelo BRAMS para simular casos de precipitação intensa e avaliação nas diversas grades de aninhamento do modelo. c) avaliação de parametrizações de nuvens cúmulos no modelo WRF em situação sinótica de frente fria nas áreas central e leste da Região Sudeste do Brasil. As grades maiores utilizam as parametrizações de cúmulos, já as grades de maiores resoluções utilizam as parametrizações de microfísica, uma vez que a convecção é explicitamente resolvida. Assim, é necessário conhecer qual a melhor parametrização é mais adequada na descrição de eventos severos. Ao mesmo tempo, d) as avaliações das diferentes parametrizações de microfísica são também necessárias, existem diversas sejam elas de um, dois e até de três momentos. Finalmente, e) as análises dos campos de pressão, temperatura e umidade, que apresentam uma melhor qualidade que os campos de precipitação, podem ser utilizados para os cálculos dos índices de instabilidade. Estes estudos estão descritos em detalhes no **ANEXO16**.

A outra componente, a assimilação de dados, demandou também um considerável esforço, seja em pesquisa seja em operação. Lembramos que os resultados destas simulações são disponibilizados operacionalmente nos diversos portais do projeto. A metodologia sendo empregada neste tópico é baseado inicialmente na quantificação dos efeitos de assimilação, com foco no nowcasting das próximas seis horas. Para a quantificação dos resultados nas simulações do modelo WRF com 1 km de resolução foram selecionados os estudos de casos descritos anteriormente e disponíveis no Blog do SOS CHUVA. Os detalhes deste processo estão descritos no **ANEXO17**. São considerados as simulações sem assimilação, sem ciclo de assimilação e com ciclo de assimilação com diferentes microfísicas (Thompson, Morisson, WSM6, WDM6). A Figura 1 apresenta um exemplo destas análises para o estudo de caso de 3 de dezembro de 2016. Nota-se claramente que a assimilação com ciclo de assimilação é superior a todas as outras simulações. Nos primeiros 30 minutos a probabilidade de detecção é em torno 80%, caindo para baixo de 60% na primeira hora e se mantendo em torno de 60% nas próximas 4 horas. Muito superior as simulações sem ciclo e sem assimilação que fica



com POD da ordem de 20% ao longo do período analisado. Também pode-se analisar o efeito das diferentes parametrizações de microfísica e outros testes que estão sendo realizados com a assimilação dos 3 radares (São Roque, Salesópolis e Campinas), qual o impacto de cada radar, entre outras. Um outro estudo sendo realizado (descrição nos abstracts do Workshop) estamos calculando a densidade de descargas elétricas e estabelecendo perfis de refletividade e microfísica (classificação de hidrometeoros) para faixas de densidade de descargas elétricas. Com esses perfis iremos assimilar os dados do GLM (de forma indireta) no modelo para testar o impacto deste tipo de assimilação utilizando dados do GOES-16.

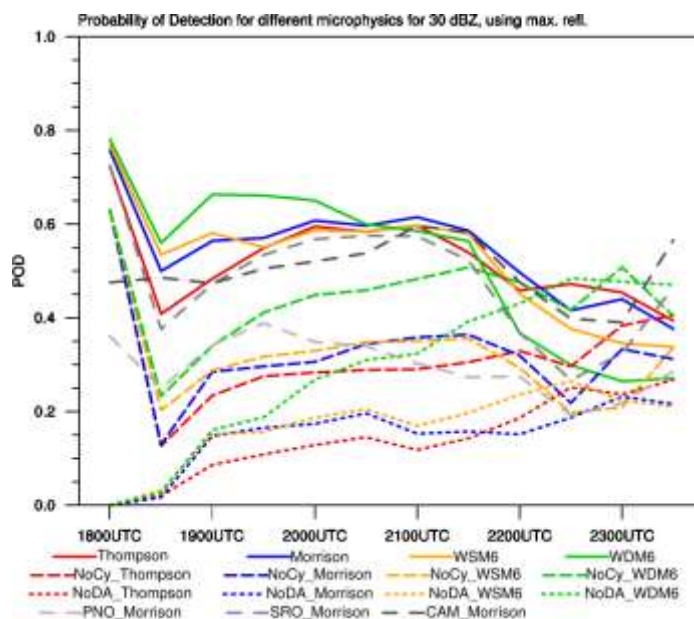


Figura 1 – Probabilidade de detecção (máxima refletividade 30dBZ) para o dia 3 de dezembro de 2016. Simulações com diferentes microfísicas, sem assimilação e com assimilação com e sem ciclo.

#### **d) Estimativa de Precipitação**

Obter um campo de precipitação em alta resolução temporal e espacial é um grande desafio, haja visto a variabilidade da precipitação. A necessidade de sensores remotos para prover essa resolução espacial e temporal é complexa pela estimativa indireta face as diversas soluções possíveis. Basicamente trata-se uma estimativa inversa da equação de transferência radiativa, que é mal condicionada e, portanto, admite diversas soluções. Por exemplo, quando falamos de radar temos que considerar o espectro de gotas de chuvas, da amostra, quando falamos de satélite precisamos estimar o que vemos no topo e sua relação com a chuva no solo. Assim, essa área é constantemente em desenvolvimento e melhorias nas estimativas, muitas vezes regionalizadas, são realizadas de forma incremental. Com relação a estimativa por satélites existem alguns problemas relacionados com as nuvens que superestimam a precipitação, seja pela semi-transparência do topo, ou no micro-ondas pelo forte espalhamento da radiação (muito gelo), embora pouca chuva no solo. Já, por outro lado, existem as nuvens que tem pouco gelo, baixa altura, mas muita chuva, essas nuvens, normalmente associadas



as nuvens quentes, geram subestimativas de precipitação. Para tanto é necessário o entendimento dos tipos de nuvens com essas características de sub e sobre estimativa e encontrar meios de corrigir esses erros. A Figura 2 apresenta um exemplo de um estudo que está sendo realizado para esse fim. Nessa figura (2A) nota-se os 4 quadrantes, onde o 1 e 2 correspondem a sobre estimativa e 3 e 4 subestimativa. Ajustes em função das diferenças entre os diferentes canais é utilizada para estimar o erro. Os estudos que estão sendo realizados com esse fim estão sendo organizados na publicação. Ambiguous Microwave Rainfall Estimation: Scattering and Non-scattering Cloud by Costa, I. C.; Machado, L. A. T.; Kummerow, C. Ainda neste tópico, existem os estudos relacionados aos erros de diferentes modelos de estimativa de precipitação por satélite. Parte destes estudos estão descritos no **ANEXO18**. Este anexo descreve também os estudos sendo realizados para estimar os campos de precipitação com radar. Um protocolo que incluiu medidas de dupla polarização com uso do KDP e fusão com dados de superfície estão sendo preparados para uma base de um mês de dados para testes dos estimadores com satélite, dos modelos de previsão e dos acumulados para a previsão imediata.

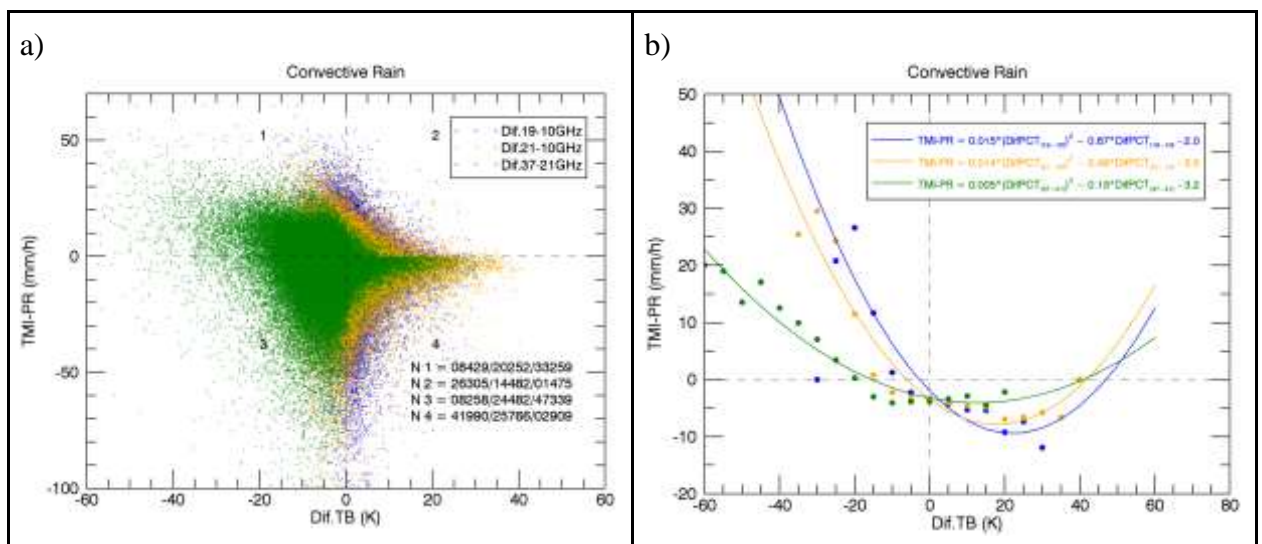


Figura2: A) Diferença entre a chuva “medida” pelo radar do TRMM e estimada pelo sensor TMI (micro-ondas – Gproof) em função da temperatura de brilho das diferenças entre os canais de 19,21 e 37 com 85 GHz. B) ajustes para correção das sub e sobre estimativas de precipitação em função das diferenças de canais.

### e) Aplicações a Agricultura

A componente de Agricultura do projeto tem desenvolvido diversos estudos e agregados alunos e pesquisadores nesta área. Além dos estudos científicos, o projeto está preparando a estrutura para um aplicativo dedicado a Agricultura conforme descrito no item 1 deste relatório. Esta componente do projeto está descrita em detalhes no **ANEXO19**. Este Anexo apresenta em detalhes os estudos relacionados com



as medidas na área Experimental 1 e visa avaliar a variabilidade espaço-temporal da umidade do solo em área agrícola e seus efeitos sobre a produtividade estimada. A agricultura é uma atividade que depende básica e diretamente da chuva. Esse sistema, denominado agricultura de sequeiro, perfaz mais de 93% de toda a produção agrícola do país. Nessas áreas agrícolas, é do conhecimento técnico que numa mesma unidade de produção podem-se encontrar subáreas com diferentes níveis de qualidade e, portanto, com diferentes potenciais produtivos, embora as práticas de manejo adotadas sejam aplicadas uniformemente. Outro estudo, ainda na mesma área experimental 1, onde existem as redes de pluviômetros do SOS CHUVA, está relacionada com a variabilidade espacial da precipitação pluviométrica em área cultivada e avaliação da estimativa de precipitação por radar meteorológico em Piracicaba-SP. As medições pontuais podem apresentar a desvantagem de não representarem o total pluviométrico de uma região, uma vez que amostram pontos isolados de chuva. Portanto, a aplicação de estimativa remota de precipitação, como a tecnologia de radar meteorológico, é uma ferramenta importante, uma vez que as amostras são feitas com alta resolução espaço-temporal e em tempo real. Esses estudos são focados na agricultura de precisão, onde não basta um pluviômetro em uma grande área para definir a chuva da cultura. Levar em conta a enorme variabilidade espacial pode aumentar consideravelmente a produção e reduzir custos. Outros estudos sendo realizados são relativos a análise dos fluxos de água e CO<sub>2</sub> de um canal, em pós-colheita mecanizada (área experimental 2 – fluxo de energia, vapor e Co2). Dois fatores importantes a serem abordados em áreas de cultivos agrícolas são a perda de água do solo para a atmosfera, que é um processo que pode depender da demanda evaporativa atmosférica ou da mudança da estrutura do solo, e o dióxido de carbono emitido, que pode variar conforme o manejo adotado na área de produção. Esses estudos visam cobrir essas questões, uma vez que o SOS chuva instalou um sistema de medidas de fluxos que combinado com as medidas de radar proveem os dados necessários para o estudo deste tópico (Veja anexo19 para detalhes).

#### **f) Aplicações Diversas**

Outras áreas estão sendo fomentadas a realizar pesquisa no escopo do projeto SOS CHUVA que relaciona a severidade do tempo, sua previsão e impactos. Neste sentido citamos duas áreas que se agregaram ao projeto SOS CHUVA, uma é a de engenharia civil no estudo dos impactos dos eventos extremos na construção civil, neste caso em específico o campo de vento no projeto de estruturas de prédios (veja **ANEXO 20** para detalhes). Outra área relacionada ao projeto é associada a um Pos-Doc na área de hidrologia. Trata-se de estudos que visam desenvolver um sistema de previsão imediata por conjunto a partir de radares meteorológicos para alertas de inundação. Esse sistema está sendo testado na área de Campinas. Detalhes deste estudo encontra-se no **ANEXO21**.





#### **4) Lista Trabalhos Apresentados, Publicados ou em Preparação e de Alunos Envolvidos com o Projeto.**

##### **4.1) Trabalhos Publicados e Submetidos em Periódicos Indexados:**

###### **4.1.1) Trabalhos Publicados**

Costa, Simone M. S., Nelson J. Ferreira, Timothy J. Schmit, Renato G. Negri, Nelson Arai, Wagner Flauber, Juan Ceballos, Daniel Vila, Jurandir Rodrigues, Luiz A. Machado, Sérgio Pereira. Dedicated Geostationary Operational Environmental Satellites- GOES -10/12 Supporting South America: A Successful Practical Experience under the Global Earth Observation System of Systems Project. Accepted *BAMS*, 2017. doi: 10.1175/BAMS-D-16-0029.1

Mattos, Enrique V., Luiz A. T. Machado, Earle R. Williams, Steven J. Goodman, Richard J. Blakeslee, Jeffrey Bailey. Electrification Life Cycle of Incipient Thunderstorms. *Journal Geoph. Res.*, 2017. 10.1002/2016JD025772

Medina Bruno L. and Luiz A. T. Machado. DUAL POLARIZATION RADAR LAGRANGIAN PARAMETERS: A STATISTICS-BASED PROBABILISTIC NOWCASTING MODEL. *Nat Hazards* (2017) 89: 705. <https://doi.org/10.1007/s11069-017-2988-y>

Braga, Ramon, Daniel Rosenfeld, Ralf Weigel, Tina Jurkat, Meinrat Andreae, Manfred Wendisch, Ulrich Pöschl, Christiane Voigt, Christoph Mahnke, Stephan Borrmann, Rachel Albrecht, Sergej Moleker, Daniel Vila, Luiz Machado, and Lucas Grulich. Further evidence for CCN aerosol concentrations determining the height of warm rain and ice initiation in convective clouds over the Amazon basin. *Atmos. Chem. Phys.*, 17, 14433-14456, 2017. <https://doi.org/10.5194/acp-17-14433-2017>

Braga, Ramon, Daniel Rosenfeld, Ralf Weigel, Tina Jurkat, Meinrat O. Andreae, Manfred Wendisch, Mira L. Pöhlker, Thomas Klimach, Ulrich Pöschl, Christopher Pöhlker, Christiane Voigt, Christoph Mahnke, Stephan Borrmann, Rachel I. Albrecht, Sergej Moleker, Daniel A. Vila, Luiz A. T. Machado, and Paulo Artaxo. Comparing calculated microphysical properties of tropical convective clouds at cloud base with measurements during the ACRIDICON-CHUVA campaign. *Atmos. Chem. Phys.*, 17, 7365-7386, 2017 <https://doi.org/10.5194/acp-17-7365-2017>

Evelyn Jäkel, Manfred Wendisch, Trismono Krisna, Florian Ewald, Tobias Kölling, Tina Jurkat, Christiane Voigt, Micael Cecchini, Luiz Machado, Armin Afchine, Anja Costa, Martina Krämer, Meinrat Andreae, Ulrich Pöschl, Daniel Rosenfeld, and Tianle Yuan. Vertical distribution of the phase state of particles in tropical deep-convective clouds as



derived from cloud-side reflected solar radiation measurements. *Atmos. Chem. Phys.*, 17, 9049-9066, 2017. <https://doi.org/10.5194/acp-17-9049-2017>

Scott E. Giangrande, Zhe Feng, Michael P. Jensen, Jennifer M. Comstock, Karen L. Johnson, Tami Toto, Meng Wang, Casey Burleyson, Nitin Bharadwaj, Fan Mei, Luiz A. T. Machado, Antonio O. Manzi, Shaocheng Xie, Shuaiqi Tang, Maria Assuncao F. Silva Dias, Rodrigo A. F de Souza, Courtney Schumacher, and Scot T. Martin. Cloud characteristics, thermodynamic controls and radiative impacts during the Observations and Modeling of the Green Ocean Amazon (GoAmazon2014/5) experimente. *Atmos. Chem. Phys.* 17, 14519-14541, 2017. <https://doi.org/10.5194/acp-17-14519-2017>

Micael A. Cecchini, Luiz A. T. Machado, Manfred Wendisch, Anja Costa, Martina Krämer, Meinrat O. Andreae, Armin Afchine, Rachel I. Albrecht, Paulo Artaxo, Stephan Borrmann, Daniel Fütterer, Thomas Klimach, Christoph Mahnke, Scot T. Martin, Andreas Minikin, Sergej Molleker, Lianet H. Pardo, Christopher Pöhlker, Mira L. Pöhlker, Ulrich Pöschl, Daniel Rosenfeld, Bernadett Weinzierl. Illustration of microphysical processes in Amazonian deep convective clouds in the Gamma phase space: Introduction and potential applications. *Atmos. Chem. Phys.*, 17, 14727-14746, 2017. <https://doi.org/10.5194/acp-17-14727-2017>

Micael A. Cecchini, Luiz A. T. Machado, Meinrat O. Andreae, Scot T. Martin, Rachel I. Albrecht, Paulo Artaxo, Henrique M. J. Barbosa, Stephan Borrmann, Daniel Fütterer, Tina Jurkat, Christoph Mahnke, Andreas Minikin, Sergej Molleker, Mira L. Pöhlker, Ulrich Pöschl, Daniel Rosenfeld, Christiane Voigt, Bernadett Weinzierl, and Manfred Wendisch. Sensitivities of Amazonian clouds to aerosols and updraft speed. *Atmos. Chem. Phys.*, 17, 10037-10050, 2017. <https://doi.org/10.5194/acp-17-10037-2017>

Jiwen Fan, Daniel Rosenfeld, Yuwei Zhang, Scott E. Giangrande, Zhanqing Li, Luiz A. T. Machado, Scot T. Martin, Yan Yang, Jian Wang, Henrique M. J. Barbosa, Jennifer M. Comstock, Zhe Feng, Wenhua Gao, Helber B. Gomes, Fan Mei, Mira L. Pöhlker, Rodrigo A. F. de Souza. Substantial Convection and Precipitation Enhancements by Ultrafine Aerosol Particles. *Acceptec Science*.

Santos, A. P. P.; Pinto Jr., O.; Santos, S. R. Q. ; Lima, F.J.L. ; Souza, E. B ; Morais, A.A.R. ; Ávila, E. ; Pedernera, A. . Climatic Projections of Lightning in Southeastern Brazil Using CMIP5 Models in RCP's Scenarios 4.5 and 8.5. *American Journal of Climate Change*, v. 06, p. 539-553, 2017.

Hobouchian, María Paula ; Salio, Paola ; García Skabar, Yanina ; Vila, Daniel ; Garreaud, Rene . Assessment of satellite precipitation estimates over the slopes of the subtropical Andes. *Atmospheric Research (Print)*, v. 190, p. 43-54, 2017.



Araújo Palharini, Rayana Santos ; Vila, D. Climatological Behavior of Precipitating Clouds in the Northeast Region of Brazil. *Advances in Meteorology*, v. 2017, p. 1-12, 2017

Hobouchian, M. P. ; Skabar, Y. G. ; Barrera, D. ; Vila, D. A. ; Salio, P. . Validación de la estimación de precipitación por satélite aplicando la técnica hidroestimador. *METEOROLOGICA*, v. 42, p. 19-37, 2017.

Oliveira, Rômulo ; Maggioni, Viviana ; Vila, Daniel ; Morales, Carlos . Characteristics and Diurnal Cycle of GPM Rainfall Estimates over the Central Amazon Region. *Remote Sensing*, v. 8, p. 544, 2016.

Esmaili, Rebekah Bradley ; Tian, Yudong ; Vila, Daniel Alejandro ; Kim, Kyu-Myong . A Lagrangian analysis of cold cloud clusters and their life cycles with satellite observations. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, v. 121, p. 11,723-11,738, 2016.

Falck, Aline S. ; Vila, D. A. ; Tomasella, Javier ; Maggioni, Viviana . Avaliação de um Modelo Estocástico de Erro Multidimensional Aplicado a Estimativas de Precipitação por Satélite. *Revista Brasileira de Meteorologia (Impresso)*, v. 31, p. 52-63, 2016.

Martins, Jorge A. ; Brand, Veronika S. ; Capucim, Mauricio N. ; Felix, Rafael R. ; Martins, Leila D. ; Freitas, Edmilson D. ; Gonçalves, Fabio L.T. ; Hallak, Ricardo ; Dias, Maria A. F. Silva ; Cecil, Daniel J. . Climatology of destructive hailstorms in Brazil. *ATMOSPHERIC RESEARCH*, v. 184, p. 126-138, 2017.

Freitas, Saulo R. Panetta, Jairo Longo, Karla M. Rodrigues, Luiz F. Moreira, Demerval S. Rosário, Nilton E. Silva Dias, Pedro L. Silva Dias, Maria A. F. Souza, Enio P. Freitas, Edmilson D. Longo, Marcos Frassoni, Ariane Fazenda, Alvaro L. Santos E Silva, Cláudio M. Pavani, Cláudio A. B. Eiras, Denis França, Daniela A. Massaru, Daniel Silva, Fernanda B. Santos, Fernando C. Pereira, Gabriel Camponogara, Gláuber Ferrada, Gonzalo A. Campos Velho, Haroldo F. Menezes, Isilda , et al. ; The Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modeling System (BRAMS 5.2): an integrated environmental model tuned for tropical areas. *GEOSCIENTIFIC MODEL DEVELOPMENT*, v. 10, p. 189-222, 2017.

Morais, M. V. B.; Marciotto, E. R.; Urbina Guerrero, V. V.; Freitas, E. D. Effective albedo estimates for the Metropolitan Area of São Paulo using empirical sky-view factors. *URBAN CLIMATE*, v. 21, p. 183-194, 2017.

#### **4.1.2) Trabalhos Submetidos**

Jiwen Fan, Daniel Rosenfeld, Yuwei Zhang, Scott E. Giangrande, Zhanqing Li, Luiz A. T. Machado, Scot T. Martin, Yan Yang, Jian Wang, Henrique M. J. Barbosa, Jennifer M.



Comstock, Zhe Feng, Wenhua Gao, Helber B. Gomes, Fan Mei, Mira L. Pöhlker, Rodrigo A. F. de Souza. Substantial Convection and Precipitation Enhancements by Ultrafine Aerosol Particles. Aceito no **Science**. Publicação dia 26 janeiro..

Luiz A. T. Machado, Alan J. P. Calheiros, Thiago Biscaro, Scott Giangrande, Maria A. F. Silva Dias, Micael A. Cecchini, Rachel Albrecht, Meinrat O. Andreae, Wagner F. Araujo, Paulo Artaxo, Stephan Bormann, Ramon Braga, Casey Burleyson, Cristiano W. Eichholz, Jiwen Fan, Zheng Feng, Gilberto F. Fisch, Michael P. Jensen, Scot T. Martin, Ulrich Pöschl, Christopher Pöhlker, Mira L. Pöhlker, Jean-François Ribaud, Daniel Rosenfeld, Jaci M. B. Saraiva, Courtney Schumacher, Ryan Thalman, David Walter and Manfred Wendisch. Overview: Precipitation Characteristics and Sensitivities to the Environmental Conditions during GoAmazon2014/5 and ACRIDICON-CHUVA. Submitted to **Atmos. Chem. Phys.**, in 2017. <https://doi.org/10.5194/acp-2017-990>

Vinicius B. Sperling, Rachel I. Albrecht, Daniel A. Vila. Physical and electrical processes of the hailstorms in south of Brazil. Submitted to **Atmos. Res.** In 2017.

Trismono C. Krisna, Manfred Wendisch, André Ehrlich, Evelyn Jäkel, Frank Werner, Ralf Weigel, Stephan Bormann, Christoph Mahnke, Ulrich Pöschl, Meinrat O. Andreae, Christiane Voigt and Luiz A. T. Machado. Comparing Airborne and Satellite Retrievals of Optical and Microphysical Properties of Cirrus and Deep Convective Clouds using a Radiance Ratio Technique. Submitted to **Atmos. Chem. Phys.** In 2017. <https://doi.org/10.5194/acp-2017-758>

Meinrat O. Andreae, Armin Afchine, Rachel Albrecht, Bruna Amorim Holanda, Paulo Artaxo, Henrique M. J. Barbosa, Stephan Bormann, Micael A. Cecchini, Anja Costa, Maximilian Dollner, Daniel Fütterer, Emma Järvinen, Tina Jurkat, Thomas Klimach, Tobias Konemann, Christoph Knote, Martina Krämer, Trismono Krisna, Luiz A. T. Machado, Stephan Mertes, Andreas Minikin, Christopher Pöhlker, Mira L. Pöhlker, Ulrich Pöschl, Daniel Rosenfeld, Daniel Sauer, Hans Schlager, Martin Schnaiter, Johannes Schneider, Christiane Schulz, Antonio Spanu, Vicinius B. Sperling, Christine Voigt, Adrian Walser, Jian Wang, Bernadett Weinzierl, Manfred Wendisch and Helmut Ziereis. Aerosol characteristics and particle production in the upper troposphere over the Amazon Basin. Submitted to **Atmos. Chem. Phys.** In 2017. <https://doi.org/10.5194/acp-2017-694>

Sapucci, Luiz F., Luiz A. T. Machado, Eniuce Menezes de Souza, Thamiris B. Campos. Global Positioning System precipitable water vapor (GPS-PWV) jumps before intense rain events: A potential application to nowcasting. *Em revisão ao **Meteorological Application***.



Eichholz, Cristiano Wickboldt and Luiz Augusto Toledo Machado. Rain Cells Propagations: An evaluation of different propagation models. *Submetido ao Meteorological Application*

Morais, M. V. B.; Urbina Guerrero, V. V.; Marciotto, E. R.; Freitas, E. D., Martins; L. D., Martins, J. A. "Implementation of observed Sky-View Factor in a mesoscale model for sensitivity studies of the urban meteorology" submitted to Journal of Building Physics, em revisão.

#### **4.1.3) Trabalhos em Preparação**

Evandro M. Anselmo, Luiz A. T. Machado and, Courtney Schumacher. Amazonian convective systems tracking. To be submitted to Journal Geoph. Res. In 2017.

Izabelly Costa, Luiz A. T. Machado and Christian Kummerow. Ambiguous Microwave Rainfall Estimation: Multi layers and Non-scattering Clouds. To be submitted to Journal App. Meter. Clim.. In 2018.

Lianet H. Pardo, Luiz A. T. Machado, Micael A. Cecchini and Madeleine S. Gácita. Cloud-top evolution in the Gamma phase-space from a modelling perspective. Lianet. To be submitted in 2017 to Atmos. Chem. Phys.

André A. R. Morais, Kleber P. Naccarato, Christelle Barthe and Rodrigo Azambuja. Numerical simulation of the electrical activity of a thunderstorm over Campinas, Brazil with observational data comparison. To be submitted to Journal of Geoph. Res. In 2017.

Flávio C. Magina, Kleber P. Naccarato. Avaliação de um sistema de alerta de ocorrência de raios utilizando medições interpoladas de campo elétrico atmosférico geradas pela Rede de Sensores Field Mill do SOS-Chuva. To be submitted to Revista Brasileira de Meteorologia in 2018

Oliveira, Rômulo ; Maggioni, Viviana ; Vila, Daniel. Using Satellite Error Modeling to Improve GPM-Level 3 Rainfall Estimates over the Central Amazon Region, Submitted to Remote Sensing. Special Issue "Remote Sensing Precipitation Measurement, Validation, and Applications"

Rozante J. R., Vila Daniel, Can IMERG-Final precipitation estimate products suitably replace TRMM-3B42V7 products for Brazil? Para submissão no Atmospheric Research.



Éder P. Vendrasco, Luiz A. T. Machado, Bruno Z. Ribeiro, Thiago S. Biscaro, Edmilson Freitas. Radar Data Assimilation During SOS-CHUVA Project in Brazil. To be submitted to Journal App. Meter. Clim. in 2018.

Rachel I. Albrecht, Carlos A. Morales, Marcelo F. Saba, Hartmut Höller, Steve J. Goodman, Richard J. Blakeslee. Understanding the different lightning detection technologies: A contribution from CHUVA-GLM field experiment. To be submitted to Journal Of Atmospheric And Oceanic Technology. In 2018.

Rachel I. Albrecht, Luiz A. T. Machado, Ali Tokay, Carlos Morales, Izabelly Costa, Alan Calheiros. Raindrop size distribution and rainfall characteristics from CHUVA field experiments. To be submitted to J. Geophys. Res. In 2018.

Rachel I. Albrecht, Camila Lopes, Raidiel Puig, Carlos A. Morales, Thiago Biscaro, Luiz Machado, Hartmut Höller, Steve J. Goodman, Richard J. Blakeslee. Storm morphology and electrification during CHUVA-GLM Vale do Paraiba field campaign. To be submitted to J. Geophys. Res. In 2018.

Jessica C. S. Souza, Rachel I. Albrecht, Timothy J. Lang, Marcelo M. F. Saba, Carina Schumman, Amanda Paiva, Tom Warner. Electrical and Hydrometeor Structure of Thunderstorms that produce Upward Lightning. To be submitted to J. Geophys. Res. In 2018.

Rachel I. Albrecht, Camila Lopes, Vinicius Sperling, Carlos Morales, Ana Ávila, Luiz Machado. June 2016 Severe Weather Outbreak in Brazil. To be submitted to Natural Hazards. In 2018.

Rachel I. Albrecht, Steven J. Goodman. Lightning over large bodies of water. To be submitted to Geophysical Research Letters. In 2018.

Rachel I. Albrecht, Carlos Morales, Maria A. F. Silva Dias. Lightning and the role of river breeze in the Amazon. To be submitted to Geophysical Research Letters. In 2018.

John E. Shilling, Mikhail S. Pekour, Edward Fortne, Paulo Artaxo, Suzane de Sá, John M. Hubbe, Karla M. Longo, Luiz A.T. Machado, Scot T. Martin, Steven R. Springston, Jason Tomlinson, Jian Wang. Particle-phase chemical composition measurements onboard the G-1 research aircraft during the GoAmazon 2014/5 campaign. A ser **submetido to Atmos. Chem. Physic**

Freitas, E. D., Machado, L. A. T., Albrecht, R. I., Vendrasco, E., Siqueira, I. C., Todesco, E., Peres, J. R., Picolo, M. F. Evaluation of semi-ensemble scheme for very short range forecast in Sao Paulo. To be submitted to **Meteorological Applications** in 2018.



Picolo, M. F., Freitas, E. D., Machado, L. A. T., Albrecht, R. I., Todesco, E., Peres, J. R., Atmospheric conditions during severe weather occurrences in São Paulo. To be submitted to **Atmospheric Research** in 2018.

#### **4.2) Livros e Capítulos de livros:**

#### **4.3) Apresentação de Trabalhos em Congressos**

Luiz A. T. Machado, Edmilson Freitas , Eder Vendrasco , Kleber Nacaratto , Rachel Albrecht , Daniel Vila , Ana Avila , Felipe Pilau, Madeleine Sanchez, Luiz Guarino , and Jean-François Ribaud. SOS-CHUVA - A Nowcasting Project. European Conference on Severe Storms. ECSS2017. Croácia.

Edmilson Freitas, Luiz A T Machado, Rachel Albrecht, Enzo Todesco, Jean Peres, Andreia bender, Isabela Siqueira, Jorge Martins, Leila Martins, Ricardo Hallak, Madeline Sanches and Lianet Hernandez. Use of mesoscale models in operational severe weather forecast over large cities in Brazil – Results from the SOS-CHUVA Project. European Conference on Severe Storms. ECSS2017. Croácia.

Rachel I. Albrecht, Luiz A. T. Machado, R. F. O. Pereira, Carlos A. Morales, Alan Calheiros, Paulo Artaxo. Cloud Physics - Measurements at ATTO Tall Tower – IOP1: October 2015 In: ATTO-IOP1 and ATTO-future Workshop, 2017, Manaus-AM.

Luiz. A. T. Machado, Rachel I. Albrecht, Alan J. P. Calheiros, Luiz F. Sapucci, Paulo Artaxo. Cloud Physics: From Cloud-side reflected/emitted solar radiation measurements and high time resolution total and differential GPS-IWV measurements to precipitation spatial distribution and drop size Distribution In: ATTO-IOP1and the ATTO-future workshop, 2017, Manaus-AM.

Jessica C. S. Souza, Rachel I. Albrecht, Timothy J. Lang, Marcelo M. M. F. Saba, Tom Warner, Carina Schumann. Electrical and hydrometeor structure on thunderstorms that produce upward lightning In: 2017 AGU Fall Meeting, 2017, New Orleans, LA.

Jessica C. S. Souza, Rachel I. Albrecht, Marcelo M. M. F. Saba. Estudo das Tempestades que Geram Raios Ascendentes In: XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2017, Santos, SP.

Rachel I. Albrecht, Luiz. A. T. Machado, Vinicius B. Sperling, J. Chinchay. GLM validation during SOS-CHUVA field experiment and beyond In: 2017 GLM Annual Science Team Meeting, 2017, Huntsville, AL.





Rachel I. Albrecht, Carlos A. Morales, Rebeca F. O. Pereira, Ramon C. Braga, Maria A. F. Silva Dias. Lightning and the role of river breezes in the Amazon In: 97th American Meteorological Society Annual Meeting, 2017, Seattle, WA EUA.

Brian Freitag, Udaysankar Nair, Steve J. Goodman, Rachel I. Albrecht. Observational and Numerical Modeling Analysis of Nocturnal Convection over Tropical Lakes In: 97th American Meteorological Society Annual Meeting, 2017, Seattle, WA EUA. 97th American Meteorological Society Annual Meeting. , 2017.

Diego P Enore, Izabelly C. Costa, Alan Calheiros, Luiz A T Machado, Enrique Mattos, Gilvan Sampaio. Visão geral do Sistema de Previsão Imediata do CPTEC-INPE. Encontro de Meteorologia do Estado de Santa Catarina.

Luiz A T Machado. A Previsão Imediata – Onde estamos. Encontro de Meteorologia do Estado de Santa Catarina.

Daniel Vila. Estimativas de precipitação por satélite. Encontro de Meteorologia do Estado de Rio de Janeiro.

Ana Maria Heuminski de Avila, Luiz Augusto Toledo Machado, Edmilson Dias de Freitas, Éder Vendrasco, Rachel Albrecht, Renata, Luiz Guarino, Izabelly Carvalho e Diego Onoré. Um sistema de Previsão Imediata para o Estado de São Paulo: O Projeto SOS CHUVA. 1º Simpósio de inovação nas ações de Defesa Civil e Cidades Resilientes na Região Metropolitana de Campinas – RMC

Radan Huth et al. The South America CORDEX Flagship Pilot Study: Extreme precipitation events in Southeastern South America: a proposal for a better understanding and modeling. European Conference for Applied Meteorology and Climatology 2017.

Lianet Hernández Pardo and Luiz Augusto Toledo Machado. Sensitivity of drop size distributions inside an idealized cloud to variations in initial conditions. EGU General Assembly 2017. Vol. 19, EGU2017-229, 2017

Rachel I. Albrecht, Scott Giangrande, Die Wang, Carlos A. Morales, Rebeca Pereira, Luiz Machado, Maria A. F. Silva Dias. On the controls of deep convection and lightning in the Amazon. AGU Fall Meeting 2017.

Stephen W Nesbitt, Paola Veronica Salio, Adam Varble, Robert Jeffrey Trapp, Rita R Roberts, Francina Dominguez, Luiz Machado and Celeste Saulo. America: Improving high impact weather and climate prediction for societal resilience in Subtropical South: Proyecto RELAMPAGO-CACTI. AGU Fall Meeting 2017.



Thais Leticia dos Santos; Thiago Souza Biscaro; Felipe Gustavo Pilau. Variabilidade espacial da precipitação pluviométrica em área cultivada e avaliação da estimativa de precipitação por radar meteorológico em Piracicaba–SP. X Workshop Brasileiro de Micrometeorologia. Santa Maria, RS. 2017.

Michot, V.; Vila, D. A.; Arvor, D.; Funatsu, B. M.; Dubreuil, V.; Ronchail, J., 2017 Performance of TRMM TMPA 3B42 V7 RT in replicating daily rainfall and rainfall regimes in the Amazon Basin (2000-2013). XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Santos, Maio 2017.

Uba, D. M.; Negri, R. G.; Vila, D. A., 2017. Aplicação da técnica “histogram matching” na composição de imagens do canal do vapor d'água de satélites geoestacionários. XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Santos, Maio 2017.

Vila, D. A., 2017, Validation Activities over South America: Performance of GPM-GSMaP on daily scale and possible nowcasting applications, Joint PI Meeting of Global Environment Observation Mission 2016, Tokio, Janeiro 2017.

Vila D. A., L. A. T. Machado. Brazilian Ground Validation Activities for GPM: Understanding the Physical Processes of Intense Precipitation Events, San Diego, GPM meeting, Outubro 2017.

Danilo Lima Matias, Sarah da Silva Andrade, Débora Maia Silva, Thiago Dias dos Santos, Luiz Carlos Marcos Vieira Junior. Changing wind speed scenarios and consequences to structural design. Proceedings of the XXXVIII Iberian Latin-American Congress on Computational Methods in Engineering, ABMEC, Florianópolis, SC, Brazil, November 5-8, 2017

Éder Paulo Vendrasco, Luiz Fernando Sapucci, Luiz Augusto Toledo Machado, Rita Valéria Andreoli Souza, Thiago Souza Biscaro, Izabelly Carvalho. Using Radar Data Assimilation to Improve Short-range Precipitation Forecasts. 38Th Conference on Radar Meteorology. Chicago, USA, 2017.

IFANGER, T; BEZERRA, L M; AVILA, A M H de. Avaliação espacial e temporal de precipitação extrema na região urbana de Campinas-SP. XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada/ I Congresso Nacional de Geografia Física. Unicamp, 28 de Junho a 02 de julho de 2017, Campinas/SP.

AVILA, A M H de; ALBRECHT R; MACHADO L A T; KOMAL R A, SPERLING V. The challenges of Meteorology in the face of extremes events – a study case in Campinas-SP. I Workshop Brasileiro para Avaliação de Ameaças, Vulnerabilidades, Exposição e Redução



de Risco de Desastres – BRAHVE, 6 e 8 de junho de 2017, Parque Tecnológico de São José dos Campos-SP.

IFANGER, T; AVILA, A M H de. Impactos dos Eventos Extremos no Meio Urbano: Estudo de Caso do Evento em Campinas/SP, 18 de Novembro de 2017. II Workshop Científico do SOS CHUVA, ESALQ, 01 de dezembro de 2017, Piracicaba-SP.

AVILA, A M H DE; MACHADO, L A T; FREITAS, E D DE; VENDRASCO É; ALBRECHT R; MACHADO J P; DO VALLE GONÇALVES R R; GUARINO, L ;CARVALHO, I; ONORÉ, D. Um sistema de Previsão Imediata para o Estado de São Paulo: O Projeto SOS CHUVA. 1º Simpósio de inovação nas ações de Defesa Civil e Cidades Resilientes na Região Metropolitana de Campinas – RMC,

AVILA, A M H de; SALOMÃO, M. Apresentação do Projeto SOS-CHUVA. 189ª Reunião dos Membros do Conselho de Desenvolvimento da RMC (CD-RMC). Unicamp, 28 de outubro de 2017, Campinas-SP.

AVILA, A M H de. Apresentação do Projeto SOS-CHUVA. Reunião Ordinária da Câmara Temática de Defesa Civil da Região Metropolitana de Campinas. Sede da Guarda Municipal de Hortolândia, 23 de maio de 2017, Hortolândia-SP.

#### **4.4) Orientações Concluídas**

##### **4.4.1) Doutorado concluído**

Micael Cecchini. Processos de formação da precipitação: Um estudo sobre a microfísica, a interação com aerossóis e o ciclo de vida da nuvem a partir de medidas em solo e aéreas. CPTEC/INPE. Orientador Luiz A T Machado.

Ramon Campos Braga. Influências dos aerossóis na altura de iniciação de chuva e gelo em nuvens convectivas da Amazônia. CPTEC-INPE, Orientadores: Daniel A. Vila e Rachel I. Albrecht

Rômulo Juca de Oliveira. Characteristics and error modeling of GPM satellite rainfall estimates during CHUVA campaign in Brazil. Orientador Daniel A. Vila

##### **4.4.2) Dissertação Concluída**

Lina E. Rivelli Zea. Thunderstorms Life Cycle Observation from Radar and Satellite: A Conceptual Model for Warning System. INPE/CPTEC. Orientador Luiz A. T. Machado.



Raidiel Puig Beltran. Características da precipitação e atividade elétrica de tempestades severas da Região Metropolitana de São Paulo. IAG-USP, Orientador: Rachel I. Albrecht

#### **4.4.3) Iniciação Científica concluída**

Isabela Siqueira. Modelagem de Eventos Severos na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). IAG-USP, Orientador: Edmilson Dias de Freitas.

#### **4.4.4) Pos-Doc concluído**

### **4.5) Orientações em Andamento**

#### **4.5.1) Teses de Doutorado em Andamento**

Thiago Biscaro. Tese- RELAÇÕES ENTRE A DINÂMICA E A MICROFÍSICA DE NUVENS NA REGIÃO TROPICAL. INPE/CPTEC – Orientador Luiz A. T. Machado.

Lianet H. Pardo. COMBINANDO OBSERVAÇÃO E MODELAGEM NUMÉRICA PARA MELHORAR A DESCRIÇÃO DOS PROCESSOS MICROFÍSICOS DAS TEMPESTADES. CPTEC/INPE. Orientador Luiz A T Machado.

Izabelly Carvalho. Estimativa de Precipitação para Nuvens Quentes utilizando Sensores Remotos. INPE/CPTEC. Orientador Luiz A. T. Machado

André A. R. Morais. Simulação numérica da atividade elétrica de tempestades em Campinas com o modelo Meso-NH. INPE. Orientador Kleber Pinheiro Naccarato

Vinicius Banda Sperling. *Processos cinemáticos, microfísicos e elétricos do desenvolvimento de tempestades severas na região Sul do Brasil*. CPTEC-INPE, Orientadores: Daniel A. Vila e Rachel I. Albrecht

Raidiel Puig Beltran. Estudo do impacto de parametrizações microfísicas na simulação da atividade elétrica nas tempestades. . IAG-USP, Orientador: Rachel I. Albrecht e Edmilson Dias de Freitas.

Lia Martins Costa do Amaral. Desenvolvimento de uma base de dados de propriedades dinâmicas e radiativas de nuvens para estimativa de precipitação por satélite sobre Brasil. Orientador Daniel Alejandro Vila.

Carlos Denyson Azevedo. Propriedades físicas e morfológicas das nuvens associadas aos Distúrbios Ondulatórios de Leste usando satélites meteorológicos. Orientador Daniel A. Vila



Andréia Bender. Condições atmosféricas conducentes a tempestades severas e sua relação com a urbanização na RMSp. Tese (Doutorado em Meteorologia) - Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas. Orientador: Edmilson Dias de Freitas.

#### **4.5.2) Dissertações de Mestrado em andamento:**

João Henry. Evolução das características microfísicas e dinâmicas das tempestades. CPTEC/INPE. Orientador Luiz A T Machado

Carolina Artaújo Santos. O Uso do GLM para assimilação de dados em modelos de alta resolução. Orientador: Luiz A T Machado.

Thais Leticia dos Santos. Variabilidade espaço-temporal da precipitação pluvial, umidade do solo e produtividade estimada de culturas agrícolas. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Sistemas Agrícolas, ESALQ/USP. Orientador: Felipe Gustavo Pilau

Marco Antonio Zanatta. Variabilidade espaço-temporal da umidade do solo em área agrícola e efeitos sobre a produtividade estimada. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Sistemas Agrícolas, ESALQ/USP. Orientador: Felipe Gustavo Pilau

Rubmara Ketzner Oliveira. Análise dos fluxos de massa e energia em áreas agrícolas com diferentes manejos. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Sistemas Agrícolas, ESALQ/USP. Orientador: Felipe Gustavo Pilau

Rebeca Fonseca de Oliveira Pereira. *Impactos da atividade antropogênica na atividade elétrica dos sistemas precipitantes da Amazônia*. IAG-USP, Orientador: Rachel I. Albrecht (defesa prevista em Março de 2018).

Camila da Cunha Lopes. *Relações entre a atividade elétrica e a produção de massa de gelo em tempestades severas: Um estudo observacional e numérico com parametrização de eletrificação de nuvens*. IAG-USP, Orientador: Rachel I. Albrecht (defesa prevista em Março de 2019).

Mariana Fadigatti Picolo. Características dinâmicas e termodinâmicas durante eventos de tempo severo em São Paulo. Início: 2017. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas. Orientador: Edmilson Dias de Freitas.

Isabela Christina Siqueira. Previsão numérica de tempo severo em São Paulo. Início: 2017. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas. Orientador: Edmilson Dias de Freitas.



Franco Cassol. Determinação das fontes de erros nas simulações numéricas de precipitação WRF na Bacia do Paraná. Início: 2017. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas. Orientador: Ricardo Hallak.

#### **4.5.3) Iniciação Científica em Andamento**

Jessica Cristina dos Santos Souza. *Propriedades microfísicas da precipitação em tempestades com Raios Ascendentes*. IAG-USP, Orientador: Rachel I. Albrecht.

Jessé Stenico. Sistema integrado de validação de redes de detecção de descargas elétricas baseado em Contadores de Raios e sensores ópticos. . IAG-USP, Orientador: Rachel I. Albrecht.

Tiago Ifanger. Uso de radar meteorológico como ferramenta de análise para eventos extremos de precipitação e os impactos socioeconômicos. Geografia UNICAMP. Orientadora: Ana Maria H de Ávila.

#### **4.5.4) Pos-Doc em Andamento**

Dr. Jean François Ribaud - Pod-Doc FAPESP – orientado Dr. Luiz A T Machado

Dr. Micael Cecchini – Pos-Doc FAPESP – Orientador Dra. Maria Assunção F. Silva Dias

Dra. Angélica Nardo Caseri - Pos-DOc FAPESP – Orientador Carlos F. Angelis.

#### **4.5.5) Treinamento Técnico em Andamento**

TT4A – Bruno Z. Ribeiro – CPTEC – Luiz A T Machado

#### **4.5.6) Jornalismo Científico em Andamento**

JC4 - Tainá Luccas – NEPO-UNICAMP – Roberto do Carmo e Luiz A T Machado.

#### **4.5) Cursos Organizados, Material de Cursos e Visitas**

SOS CHUVA Previsão Imediata – 60 participantes – Em Cachoeira Paulista no CPTEC - -6 de novembro de 2017.

Fórum Permanente Sociedade e Desenvolvimento: “Impactos sociais, econômicos e ambientais de eventos meteorológicos extremos”. 22 de junho de 2017, no Auditório do Centro de Convenções da Unicamp, Campinas-SP, 100 pessoas.



Curso SOS-CHUVA capacitação: Previsão Imediata de Tempestade - utilização do App SOS Chuva. 28 de novembro de 2017, no Auditório da Educorp - Escola Corporativa da Unicamp, Campinas-SP, 80 pessoas.

Treinamento Acesso e Uso de Imagens dos Satélites JPSS e GOES-R em Aplicações Ambientais. Simpósio de Sensoriamento Remoto, Santos, 28 a 31 Maio, 2017.

Tradução do Inglês para o Português do material de treinamento do satélite GOES-R do COMET MetEd:SatFC-G: Princípios Básicos de Radiação

[https://www.meted.ucar.edu/satmet/satfc\\_g\\_course/rad\\_basics\\_pt/](https://www.meted.ucar.edu/satmet/satfc_g_course/rad_basics_pt/)

Os alunos de graduação da Universidade de São Paulo, Departamento de Meteorologia, participaram do experimento meteorológico em Campinas. Veja o **ANEXO22** para uma descrição completa.

## 6) Relatório de Bolsas TT e Uso de Benefícios Complementares

- 6.1 Bolsa TT4a: iniciada em 01 de setembro de 2016. Por motivos de gravidez a Madeleine Sanchez, bolsista TT4a do projeto, desligou-se do projeto em setembro, no **ANEXO5** encontra-se uma descrição do trabalho realizado. Em dezembro de 2017 o MSc Bruno Ribeiro assumiu essa posição.
  
- 6.2 Bolsa TT2: Iniciada em 01 de novembro de 2016. As atividades desta bolsa são relacionadas com o processamento e tratamento dos dados descritos no **ANEXO20**
  
- 6.3 Os benefícios complementares foram utilizados para visita a Selex, fabricante do radar e participação no Workshop Europeu de Tempestades Severas. O **ANEXO23** descreve as atividades realizadas.





## Referências citadas no texto, a lista geral estão em cada ANEXO.

Heiblum, R. H., Altaratz, O., Koren, I., Feingold, G., Kostinski, A. B., Khain, A. P., Ovchinnikov, M., Fredj, E., Dagan, G., Pinto, L., Yaish, R., and Chen, Q.: Characterization of cumulus cloud fields using trajectories in the center-of-gravity vs. water mass phase space: 1. Cloud tracking and phase space description, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 121, doi:10.1002/2015JD024186, 2016a.

Cecchini, M. A., Machado, L. A. T., Wendisch, M., Costa, A., Krämer, M., Andreae, M. O., Afchine, A., Albrecht, R. I., Artaxo, P., Borrmann, S., Fütterer, D., Klimach, T., Mahnke, C., Martin, S. T., Minikin, A., Molleker, S., Pardo, L. H., Pöhlker, C., Pöhlker, M. L., Pöschl, U., Rosenfeld, D., and Weinzierl, B.: Illustration of microphysical processes in Amazonian deep convective clouds in the gamma phase space: introduction and potential applications, *Atmos. Chem. Phys.*, 17, 14727-14746, <https://doi.org/10.5194/acp-17-14727-2017>, 2017.

Vila, D., Machado, L., Laurent, H., and Velasco, I.: Forecast and Tracking the Evolution of Cloud Clusters (ForTraCC) Using Satellite Infrared Imagery: Methodology and Validation, *Wea. Forecasting*, 23, 233–245, doi: 10.1175/2007WAF2006121.1, 2008.

Queiroz, A. P.: Monitoramento e previsão imediata de tempestades severas usando dados de radar, 2009, 114 p. (INPE-14181- TDI/1093). Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2008. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtcm18@80/2008/11.17.19.50>>.

Kalogiros, J., M. N. Anagnostou, E. N. Anagnostou, M. Montopoli, E. Picciotti, and F. S. Marzano, 2013: Optimum estimation of rain microphysical parameters from X-band dual-polarization radar observables. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, 51, 3063–3076, doi:10.1109/TGRS.2012.2211606.

Al-Sakka H, Boumahmoud AA, Fradon B, Frasier SJ, Tabary P. 2013. A new fuzzy logic hydrometeor classification scheme applied to the French X-, C-, and S-band polarimetric radars. *J. Appl. Meteorol. Clim.* 52: 2328–2344.

Bechini, R. and Chandrasekar, V.: A Semisupervised Robust Hydrometeor Classification Method for Dual-Polarization Radar Applications, *J. Atmos. Ocean. Technol.*, 32, 22–47, 2015.

Besic, N., Figueras i Ventura, J., Grazioli, J., Gabella, M., Germann, U., and Berne, A.: Hydrometeor classification through statistical clustering of polarimetric radar measurements: a semi-supervised approach, *Atmos. Meas. Tech.*, 9, 4425-4445, <https://doi.org/10.5194/amt-9-4425-2016>, 2016.

Bringi VN, Rasmussen RM, Vivekanandan J. 1986. Multiparameter radar measurements in Colorado convective storms. Part I: Graupel melting studies. *J. Atmos. Sci.* 43: 2545–2563.

Micael A. Cecchini, Luiz A. T. Machado, Meinrat O. Andreae, Scot T. Martin, Rachel I. Albrecht, Paulo Artaxo, Henrique M. J. Barbosa, Stephan Borrmann, Daniel Fütterer, Tina Jurkat, Christoph Mahnke, Andreas Minikin, Sergej Molleker, Mira L. Pöhlker, Ulrich Pöschl, Daniel Rosenfeld, Christiane Voigt, Bernadett Weinzierl, and Manfred Wendisch. Sensitivities of Amazonian clouds to aerosols and updraft speed *Atmos. Chem. Phys.*, 17, 10037-10050, <https://doi.org/10.5194/acp-17-10037-2017>, 2017



Dolan B, Rutledge SA. 2009. A theory-based hydrometeor identification algorithm for X-band polarimetric radars. *J. Atmos. Oceanic Technol.* 26: 2071–2088.

Grazioli J, Tuia D, Berne A. 2015. Hydrometeor classification from polarimetric radar measurements: A clustering approach. *Atmos. Meas. Tech.* 8: 149–170.

Höller H, Hagen M, Meischner PF, Bringi VN, Hubbert J. 1994. Life cycle and precipitation formation in a hybrid-type hailstorm revealed by polarimetric and Doppler radar measurements. *J. Atmos. Sci.* 51: 2500– 2522.

