

Trabalho de Graduação

Curso de Graduação em Geografia

**ANÁLISE DE QUEDA DE GRANIZO EM GUARULHOS-SP E SEUS IMPACTOS
SOCIOECONÔMICOS**

Danilo Frascareli Bento

Prof^a. Dr^a. Iara Regina Nocentini André

Rio Claro (SP)

2011

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Campus de Rio Claro

DANILO FRASCARELI BENTO

ANÁLISE DE QUEDA DE GRANIZO EM GUARULHOS-SP E
SEUS IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS

Trabalho de Graduação apresentado ao
Instituto de Geociências e Ciências Exatas -
Câmpus de Rio Claro, da Universidade
Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, para
obtenção do grau de Bacharel em Geografia.

Orientadora: Prof^a. Dr^a Iara R. Nocentini André

Rio Claro - SP

2011

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Campus de Rio Claro

DANILO FRASCARELI BENTO

ANÁLISE DA QUEDA DE GRANIZO EM GUARULHOS-SP E
SEUS IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS

Trabalho de Graduação apresentado ao
Instituto de Geociências e Ciências Exatas -
Câmpus de Rio Claro, da Universidade
Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, para
obtenção do grau de Bacharel em Geografia.

Comissão Examinadora
Profª Drª Iara Regina Nocentini André (orientadora)
Profº Drº Antonio Carlos Tavares
Profº Drº Anderson L. H. Christofolletti

Rio Claro, _____ de _____ de _____.

Assinatura do aluno

assinatura da orientadora

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer aos meus pais Mauri e Silvana por tudo que fizeram e que ainda vão fazer por mim em toda a minha vida, pelo apoio e preocupação que nunca faltaram e algumas vezes foram até excessivos. Sei que são pessoas que jamais me abandonarão. Por mais que eu sonhe, viaje, esteja longe de casa, minha origem e raiz nunca serão esquecidas e meu caráter nunca mudará.

Agradeço a Prof. Dra. Iara Regina Nocentini André pela confiança e pelo apoio justamente quando mais era necessário, no momento em que duvidei estar no caminho correto.

A Ana Maria Held, em nome de todo IPMet, que abriu as portas para mim, proporcionando conhecimento, dados e oportunidades.

Ao Sr. Paulo Victor Novaes e a Sra. Berenice Fialho, representando a Defesa Civil do município de Guarulhos, pelos dados e fotos cedidas.

Aos companheiros de república Replay e Zito, também os agregados Pedro, Vinão e Vitão, entre vários outros, por não me ajudar em nada e de vez em quando ainda me atrapalhar nesse trabalho. E assim me trazer muitos bons momentos, essenciais para uma convivência saudável e feliz.

A Débora Najara, Vanessa Bastos e Igor Ogashawara pelas muitas dicas em toda burocracia, formatação e regras ABNT para fazer esse trabalho e outros durante a graduação.

A todos os amigos sempre presentes nesses anos de faculdade, Larissa, Mococa, Parafuso, Maradona, Nerso, Toolate... Vocês foram grandes responsáveis no meu crescimento pessoal.

Uma folha é muito pouco para todos os agradecimentos que gostaria de fazer, portanto agradeço a todas as pessoas que não citei, mas me ajudaram de alguma forma nesse ciclo vida que está se encerrando.

RESUMO

O clima e o tempo têm implicações diretas na sociedade, são fatores que podem regular ou até restringir a ocupação humana em um determinado espaço. Sendo assim, os estudos sobre o clima e o tempo se justificam por ser extremamente necessários ao planejamento urbano e às atividades econômicas, especialmente a agricultura. A precipitação de granizo, que entra na classificação de tempestade severa, causa grandes impactos diretos e indiretos na sociedade, principalmente quando ocorre no meio urbano. Este trabalho visa estudar a precipitação de granizo, explicar o que são tempestades severas e como o granizo se forma nas nuvens, utilizando para isso um levantamento bibliográfico tanto na Geografia como também nas ciências meteorológicas. Assim como analisar a gênese, evolução e dissipação de um caso específico de precipitação de granizo ocorrido na região metropolitana de São Paulo, especialmente no município de Guarulhos, no dia 21 de setembro de 2010, através da utilização de imagens do satélite GOES-12 e do radar meteorológico de São Roque. E, desta forma, mostrar o potencial impacto de tempestades de granizo na sociedade e colaborar para um maior preparo da população, órgãos planejadores urbanos e de gerenciamento de emergências, como as prefeituras, a defesa civil e os bombeiros.

Palavras-chave: Granizo, Tempestades severas, Impactos socioeconômicos, Imagens de satélite GOES-12, Imagens de radar meteorológico.

ABSTRACT

The climate and weather have direct implications on society, are factors that can regulate or restrict human occupation in a determined space. In this way, studies of climate and weather are justified to be extremely necessary for urban planning and economic activities, especially agriculture. The precipitation of hail, which enters in the classification of severe storm, causes large, direct and indirect impacts on society, mainly when it occurs in urban areas. This work aims to study the precipitation of hail, explain what is a severe storms and how hail is formed in clouds, making use of a literature review in geography and also in weather sciences. It is also an aim of this work analyze the genesis, evolution and dissipation of a specific case of precipitation of hail occurred in the metropolitan region of São Paulo, especially in Guarulhos, on 21st of September 21 of 2010, through the use of GOES-12' satellite's images and the use of São Roque's weather radar. And in this way, show the potential impact of hail storms in society and contribute to a greater preparedness of the population, urban planners associations and emergency management, such as municipalities, the civil defense and fireman.

Keywords: Hail, severe storms, socioeconomic impacts, GOES-12 satellite's images, weather radar's images.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estágio cúmulos.....	14
Figura 2 - Fase madura.....	16
Figura 3 - Fase de dissipação.....	16
Figura 4 - Camadas do granizo.....	18
Figura 5 - Granizos sortidos.....	18
Figura 6 - Relação da ocorrência de granizo com a altura do $T_w = 0$	20
Figura 7 - Relação do diâmetro do granizo com a altura de $T_w = 0$	21
Figura 8 - Nuvem de granizo.....	22
Figura 9 - Emissão e recepção de pulsos pelo radar.....	25
Figura 10 - Varredura PPI.....	26
Figura 11 - Movimento da antena e composição do CAPPI.....	26
Figura 12 - Imagem do radar meteorológico de São Roque em 21/set/2010 – 19h30 UTC.....	27
Figura 13 - Exemplo de legenda de radar meteorológico.....	28
Figura 14 - Imagem do satélite GOES-12, no visível, as 15h00 UTC do dia 19 set. 2011.....	30
Figura 15 - Imagem do satélite GOES-12, no infravermelho, as 15h00 do dia 19 set. 2011.....	31
Figura 16: Imagem de vapor d'água do satélite GOES-12, as 15h00 UTC do dia 19 set 2011.....	32
Figura 17 - Imagem realçada do satélite GOES-12, as 15h00 UTC do dia 19 set. 2011.....	33
Figura 18 - Detalhe da legenda nas imagens realçadas do satélite GOES-12.....	33
Figura 19 - Localização do município de Guarulhos.....	34
Figura 20 - Bairros de Guarulhos.....	35
Figura 21 - Imagem do satélite GOES-12 em: 21/set/2010 – 05h30 UTC.....	36
Figura 22 - Imagem do satélite GOES-12 em: 21/set/2010 – 07h00 UTC.....	37
Figura 23 - Imagem do satélite GOES-12 em: 21/set/2010 – 08h30 UTC.....	38
Figura 24 - Imagem do satélite GOES-12 em: 21/set/2010 – 11h00 UTC.....	39
Figura 25 - Imagem do satélite GOES-12 em: 21/set/2010 – 17h15 UTC.....	40
Figura 26 - Imagem do radar meteorológico de São Roque em 21/set/2010 – 18h30 UTC...	41
Figura 27 - Imagem do satélite GOES-12 em: 21/set/2010 – 19h30 UTC.....	42

Figura 28 - Imagem do satélite GOES-12 em: 21/set/2010 – 19h30 UTC, destacando São Paulo.....	43
Figura 29 - Imagem do radar meteorológico de São Roque em 21/set/2010 – 19h30 UTC....	44
Figura 30 – Lifted (contorno) e umidade relativa média na camada entre 850 hPa e 500 hPa (sombreado) às 18Z do dia 21/09/2010.....	45
Figura 31 – Índices: vertical total (sombreado), cross total (linha contínua) e total total maior do que 50 vermelho e maior do que 45 branco às 18Z do dia 21/09/2010.....	46
Figura 32 - Imagem do radar meteorológico de São Roque em 21/set/2010 – 20h30 UTC....	47
Figura 33 - Imagem do satélite GOES-12 em: 22/set/2010 – 05h00 UTC.....	48
Figura 34: Imagem do radar meteorológico de São Roque em 22/set/2010 – 01h30 UTC.....	49
Figura 35 - Regiões afetadas.....	52
Figura 36 - Moradores tirando o granizo das ruas e calçadas.....	53
Figura 37 - Acidente no trânsito.....	54
Figura 38 - Carros danificados	54
Figura 39 - Telhado danificado.....	55
Figura 40 - Casa afetada.....	55
Figura 41 – Vista aérea da situação.....	56

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	OBJETIVOS	11
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
3.1	Estudos sobre precipitação de granizo, imagens de radar e de satélite.....	12
3.2	Formação de tempestades severas e cumulonimbos.....	13
3.3	Formação do granizo.....	17
4	METODOLOGIA	24
4.1	Conceitos básicos em meteorologia com radar.....	24
4.2	Conceitos básicos em satélites meteorológicos.....	28
5	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO.....	34
6	GÊNESE, EVOLUÇÃO, DISSIPAÇÃO E ANÁLISE DO FENÔMENO.....	36
7	IMPACTOS DO GRANIZO	50
7.1	Ações mitigadoras dos impactos das tempestades de granizo.....	56
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	58
	REFERÊNCIAS.....	59

1 INTRODUÇÃO

O clima é um fator dominante na organização do espaço, levando em conta que a sociedade depende diretamente da sua variabilidade, dos riscos e impactos por ele gerados. Atividades como a agricultura, por exemplo, estão intimamente ligadas às características, nem sempre constantes, do tempo atmosférico e do clima.

Nos últimos anos, há uma grande preocupação com relação às condições climáticas no planeta e suas implicações. As discussões e os estudos sobre as mudanças climáticas têm se tornado cada vez mais relevantes à medida que as adversidades climáticas causam efeitos diretos na sociedade. A expansão da presença humana sobre o planeta, somada às tecnologias da informação, praticamente instantâneas, evidencia a ocorrência de eventos severos, seu impacto sócio-econômico na sociedade e principalmente nas vidas perdidas.

“Os estudos de ocorrências de eventos severos climáticos no Brasil ganham cada vez mais importância, devido à grande gravidade dos impactos que tais eventos podem gerar, sejam ambientais, socioeconômicos e de vidas humanas” (BERTONI, 2007, p.8).

Os desastres que mais ocorreram, levando em consideração o mundo inteiro, foram originados por instabilidades atmosféricas severas. Sendo que as inundações foram as mais frequentes, com 35% dos registros, seguida pelas tempestades (composta por: furacões, tornados, vendavais e granizos) com 31% dos registros. Ou seja, 66% dos registros de desastres são provenientes de instabilidades atmosféricas severas (MARCELINO, 2007).

Eventos como o furacão Catarina são altamente destrutivos. Cunha *et al.* (2004) afirmaram que o Centro de Operações da Defesa Civil de Santa Catarina, em 8 de abril de 2004, contabilizou 27.560 desalojados, 2.589 desabrigados, 3.016 deslocados, 518 feridos e 1 morto, além de 7 naufragos desaparecidos, 3 resgatados com vida e 2 resgatados em óbito; 35.873 residências danificadas e 993 destruídas; 2.274 estabelecimentos comerciais danificados e 427 destruídos; 397 prédios públicos danificados e 3 destruídos, e os danos agrícolas foram de aproximadamente 67 milhões de reais.

Torna-se evidente a necessidade de estudos para a caracterização de tais eventos severos, analisando suas características sinóticas, sua gênese, evolução e dissipação. “Com essa caracterização tem-se a possibilidade de minimizar os danos causados e assim estabelecer padrões de procedimentos para se evitar maiores conseqüências” (BERTONI, 2007, p. 9). A análise dos tipos de tempo que desencadeiam os tornados poderá dar suporte aos órgãos que trabalham com a previsão meteorológica e os sistemas de alerta de eventos climáticos severos (MARCELINO, 2003).

“As ocorrências de granizo geram consideráveis perdas econômicas e sociais todos os anos no território brasileiro” (MARCELINO et al., 2004, p. 795). O granizo sempre vem acompanhado de chuva e ventos muito fortes. Geralmente causam transtornos às cidades, principalmente quando não preparadas para esse tipo de fenômeno ou quando ele não foi eficientemente previsto.

Segundo Nascimento (2005):

Eventos de vendavais, granizos e tornados, ainda que relativamente raros em comparação com outros sistemas meteorológicos (como chuvas frontais por exemplo), representam ameaça potencial para atividades importantes como por exemplo defesa civil, aviação, agricultura e transmissão e distribuição de energia elétrica. Assim, o fato de serem eventos relativamente raros não implica em darmos menos atenção ao estudo destes sistemas e ao treinamento de pessoal operacional visando a previsão dos mesmos. Identificar, com antecedência de várias horas, condições favoráveis à formação de sistemas convectivos severos é essencial para a veiculação adequada de alertas e antecipar a adoção de estratégias que eliminem ou minimizem o impacto negativo destes fenômenos meteorológicos. (NASCIMENTO, 2005, p. 122)

O evento severo estudado em questão é a precipitação de granizo na região metropolitana de São Paulo, ocorrida no dia 21 de setembro de 2010. Em um dia de chuva prevista de apenas 5mm, o volume total chegou a mais de 50mm. O número de bairros atingidos foi de 27.

O mal tempo causou alagamentos, trânsito, queda de árvores e destelhamento de residências. Ao todo foram registradas 124 ocorrências pela Defesa Civil de Guarulhos. Nenhuma ocorrência registrou vítimas.

O presente trabalho também visa estudar esse fenômeno com o auxílio de imagens de satélite GOES, provenientes do CPTEC/INPE assim como imagens de precipitação por radar, de mesma fonte. Mostrando a gênese, o desenvolvimento do sistema, sua análise, dissipação e impactos.

2 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é analisar o episódio de precipitação de granizo no município de Guarulhos-SP. Levando em conta a gênese, evolução e dissipação do fenômeno. Assim como correlacionar o evento ocorrido com os impactos socioeconômicos no referido município e sua vizinhança através de dados cedidos pela Defesa Civil e Prefeitura do município de Guarulhos e da imprensa.

Os objetivos específicos são: a descrição da estrutura das tempestades severas que causam danos em superfície e do processo de formação de granizo nas nuvens, utilizando um levantamento bibliográfico proveniente tanto da Geografia quanto da Meteorologia. Também a análise de imagens realçadas do satélite GOES-12 e imagens do radar meteorológico de São Roque, do CPTEC/INPE.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Estudos sobre precipitação de granizo, imagens de radar e de satélite

O desenvolvimento desse trabalho foi acompanhado por um levantamento bibliográfico o mais abrangente possível. Frequentemente o material era de fonte meteorológica, sendo assim necessário interpretar esses estudos de um ponto de vista geográfico e traduzi-lo para a linguagem geográfica.

Frediani (2008) e Heidorn (2002) foram as principais bases teóricas utilizadas nesse trabalho. Com manuais didáticos e de teor básico, seus trabalhos explicam a formação de tempestades severas e do granizo.

A análise sinótica elaborada por Souza (2010), produto do Grupo de Previsão de Tempo (GPT) do CPTEC-INPE, foi de grande ajuda no entendimento da gênese e evolução do sistema, visto que esta é uma análise do próprio caso em estudo.

Outros estudos brasileiros colaboraram com a familiarização com o processo de formação, evolução e dissipação de tempestades de granizo. Assim como exemplos de metodologias para análise do fenômeno. Farias et al. (2010) mostram um estudo de caso de precipitação de granizo em 15 de novembro de 2010, no Rio Grande do Sul, usam inclusive o mesmo tipo de imagem GOES realçada utilizada nesse trabalho. Marcelino et al. (2004) quantificam e espacializam as ocorrências de granizo no estado de Santa Catarina, num período de 24 anos. Pereira (2006) estudou um caso de precipitação de granizo em São Paulo com o apoio de imagens de radar, do satélite GOES-12 e alguns produtos sinóticos para a análise e caracterização do fenômeno. Couto et al. (2009) analisam meteorologicamente uma formação tornádica e granizo em Ponte Alta-SC.

Alguns estudos estrangeiros também possibilitaram um maior entendimento do processo de precipitação de granizo. Apesar de serem estudos mais antigos, portanto com menos recursos tecnológicos do que atualmente, esses trabalhos colaboraram para o esclarecimento da formação de granizo na nuvem e as condições de tempo que levam tal fenômeno acontecer. Dentre eles podemos citar: Foote (1984) que estuda o crescimento de granizo em tempestades. Xu (1983) também explica o crescimento de granizo, mas por um modelo de nuvem tridimensional. Danielsen et al. (1972) explica o mesmo fenômeno, mais com uma metodologia que eles chamam de “Stochastic Collection in a Cumulus Model”.

Os principais trabalhos do levantamento bibliográfico utilizados, com relação ao uso de imagens de radar, foram: o artigo de Fragoso (1996), onde ele explica no que as imagens

de radar são úteis na Geografia (principalmente na Climatologia), seus princípios básicos de funcionamento e os limites e os problemas da utilização do radar, isso aliado a um estudo de caso em Nancy (França). O outro trabalho essencial para a compreensão do funcionamento do radar meteorológico foi a apostila do IPMET, elaborada por Held et al. (2010), dando inclusive importantes noções básicas de meteorologia, possibilitando a compreensão de estudos meteorológicos e assim passar para a linguagem geográfica.

Com relação às imagens de satélite, a principal obra da revisão bibliográfica foi o livro Meteorologia Prática, de Ferreira (2006), que colaborou, também, para o entendimento dos princípios da meteorologia e, principalmente, a utilização de imagens de satélites para fins meteorológicos.

O CPTEC/INPE além de fornecer todas as imagens utilizadas nesse trabalho também colaborou com explicações didáticas de seus equipamentos e métodos. Todos disponíveis no site do instituto.

3.2 Formação de tempestades severas e cumulonimbus

A definição mais comumente utilizada para tempestades convectivas severas é a seguinte: são tempestades capazes de gerar granizo grande (com pedras de 2 cm ou mais de diâmetro ao atingirem a superfície) e/ou rajadas de vento com força destrutiva (velocidade acima de 50 kt/26 m s⁻¹) e/ ou tornados (JOHNS e DOSWELL, 1992, MOLLER, 2001 apud NASCIMENTO 2005).

Segundo Nascimento (2005), é possível incluir também tempestades capazes de gerar altas taxas de precipitação (em torno ou acima de 30mm/h). Essa tempestade é alimentada por ventos ascendentes. As nuvens que dão origem as tempestades severas são as cumulonimbus, para entender a formação das tempestades severas é necessário primeiramente caracterizar a formação da cumulonimbus e suas principais características.

“A formação de cumulonimbus depende de uma série de condições de grande escala entre as quais é essencial a presença de instabilidade condicional e/ou condicional convectiva nos perfis termodinâmicos” (DIAS, 1987, p.133).

Cumulonimbus são capazes de produzir chuvas fortes, relâmpagos, granizo e até tornados. Muitas regiões da Terra dependem quase totalmente das nuvens cumulonimbus para precipitação e, conseqüentemente, abastecimento, geração de energia, entre outras atividades (FREDIANI, 2008).

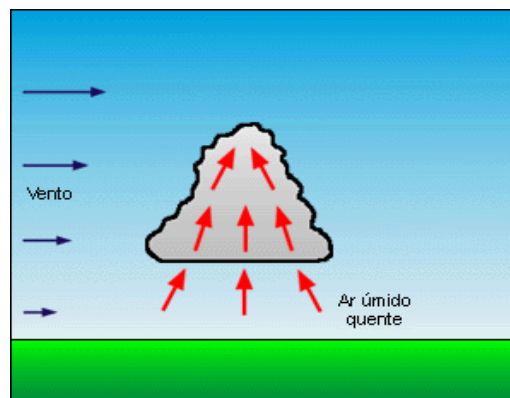
Elas também apresentam um papel importante no ciclo energético e na circulação global da atmosfera pelo seu eficiente transporte de umidade e calor sensível e latente nas porções superiores da troposfera e inferiores da estratosfera (FREDIANI, 2008). Além disso, também afetam o saldo radioativo da troposfera, qualidade do ar e a química de precipitação.

A unidade básica da cumulonimbos é a célula. Podemos identificar a célula em radares como um volume de intensa precipitação, máxima refletividade e correntes ascendentes fortes.

As cumulonimbos têm um ciclo de vida bem definido, duram de 45 minutos à 1 hora. Frediani (2008) cita três estágios de evolução da cumulonimbos: a fase cumulus, a fase madura e a fase de dissipação.

As correntes de ar ascendentes caracterizam a primeira fase. O sistema é composto por uma ou mais nuvens congestus, as nuvens desse tipo podem se fundir ou expandir, quando isso ocorre o resultado é um sistema ainda maior que o inicial. Essa é a fase em que o sistema mais cresce, alimentado pela convergência de ar quente e úmido que converge da superfície. Nessa fase as correntes ascendentes são predominantes, porém correntes descendentes também podem acontecer, principalmente próximo à base frontal e ao topo.

Figura 1 - Estágio cúmulos.



Fonte: Frediani (2008)

A transição para o estágio maduro é caracterizada pela fusão de vários elementos num sistema convectivo. A fusão está relacionada com o encontro de correntes descendentes induzidas por frentes de rajadas da adjacência da nuvem. Nessa transição das duas fases também está presente o começo da precipitação na camada inferior da nuvem, isso ocorre porque a nuvem passa além do nível de congelamento. Após certo tempo, a precipitação na nuvem é se torna tão grande que a corrente ascendente não consegue mais suportar.

A precipitação causa um arrastamento no ar, iniciando uma corrente de ar descendente. O influxo do ar frio e seco que rodeia a nuvem ajuda e intensifica a criação dessas correntes de ar descendentes, processo chamado de entranhamento.

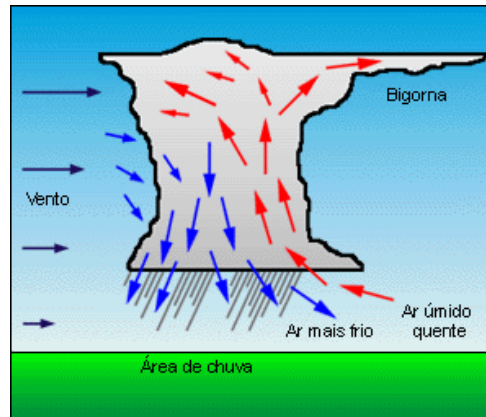
Ainda segundo Frediani (2008) até o encontro com a superfície, as correntes descendentes se espalham horizontalmente onde podem erguer o ar quente e úmido para junto do sistema. A frente de rajada é formada na interface entre a corrente descendente fria e densa e o ar quente e úmido. Os ventos da frente de rajada são caracterizados por mudar de direção e velocidade constantemente. A frente de rajada fornece ar quente e úmido, o combustível necessário para a manutenção do sistema.

As correntes ascendentes se espalham lateralmente, emitindo cristais de gelo e outras partículas horizontalmente, formando a bigorna. Em alguns casos essa corrente é tão forte que penetra a estratosfera, criando um domo de nuvem (overshootings).

Pode também ser formado o pileu, que é uma camada fina de nuvem acima da nuvem, feita pelas fortes correntes ascendentes. A precipitação muito intensa e localizada também é típica desse estágio.

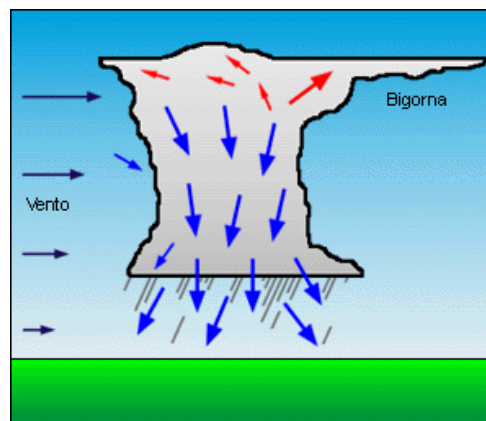
O abaixamento da pressão nos níveis médios como resultado do aquecimento pela liberação de calor latente e o fluxo de ar divergente resulta em uma força de gradiente de pressão direcionada para cima, a qual ajuda a sugar ar quente e úmido erguido pela frente de rajada até a altura do nível de convecção livre. Assim o sistema se alimenta, usando um processo eficiente de aquecimento no alto e resfriamento nos baixos níveis, mantendo o vigor convectivo.

A frente de rajada aumenta sua velocidade de propagação a medida que a profundidade do fluxo de ar de saída aumenta a temperatura do mesmo diminui. O ponto ótimo do sistema é aquele em que a velocidade da frente de rajada é igual (ou pelo menos próxima) da velocidade da tempestade em si.

Figura 2 - Fase madura.

Fonte: FREDIANI (2008)

Frediani (2008) conclui que quando a frente de rajada se distancia do sistema, ele deixa de ser alimentado com o ar erguido pelas correntes ascendentes, assim formando cumulos de bom tempo. Este é o começo da fase de dissipação. As correntes descendentes nas porções inferiores se tornam cada vez mais presentes. As correntes ascendentes se enfraquecem, mas podem continuar existindo a partir da metade superior da nuvem. Por fim ocorre entranhamento lateral e turbulência, a intensidade da chuva diminui e o que resta é chuva leve, de caráter estratiforme.

Figura 3 - Fase de dissipação

Fonte: FREDIANI (2008)

As Cumulonimbus podem formar supercélulas e multicélulas. Tempestades em forma de Supercélulas, segundo Weisman & Klemp (1986 apud FREDIANI, 2008), são o tipo de tempestade potencialmente mais destruidor dentre todos. Supercélulas podem produzir fortíssimos ventos, “downbursts”, “microbursts”, e tornados de longa duração. As correntes

ascendentes e descendentes coexistem em um estado quase estável por períodos de 30 min ou mais. Outro tipo de tempestade severa é a chamada Multicélula, tipicamente composta de duas a quatro células que podem encontrar-se em diferentes estágios de evolução. Alguns estudos se referem às cumulus congestus periféricos como nuvem-alimento, pois se deslocam em direção ao sistema de tempestade e se fundem com a célula mãe.

A maioria das precipitações de granizo são geradas em multicélulas, cada célula com um ciclo de vida de 45 a 60 minutos. O sistema de tempestade inteiro pode ter um tempo de vida de várias horas. As multicélulas são capazes de produzir granizo do tamanho de bolas de golfe. Elas ocorrem onde há instabilidade atmosférica e onde há intenso cisalhamento vertical.

3.3 Formação do granizo

O granizo é um tipo de precipitação congelada que ocorre geralmente nas estações quentes, em especial, na primavera. É um produto de tempestades severas.

No granizo, quando cortado em seu em seu centro, é possível perceber que possui uma composição de camadas, semelhante a uma cebola. Estas camadas diferentes se devem pelos tipos de gelo formados durante o crescimento do granizo, camadas geralmente se alternando entre gelo opaco e gelo claro (HEIDORN, 2002).

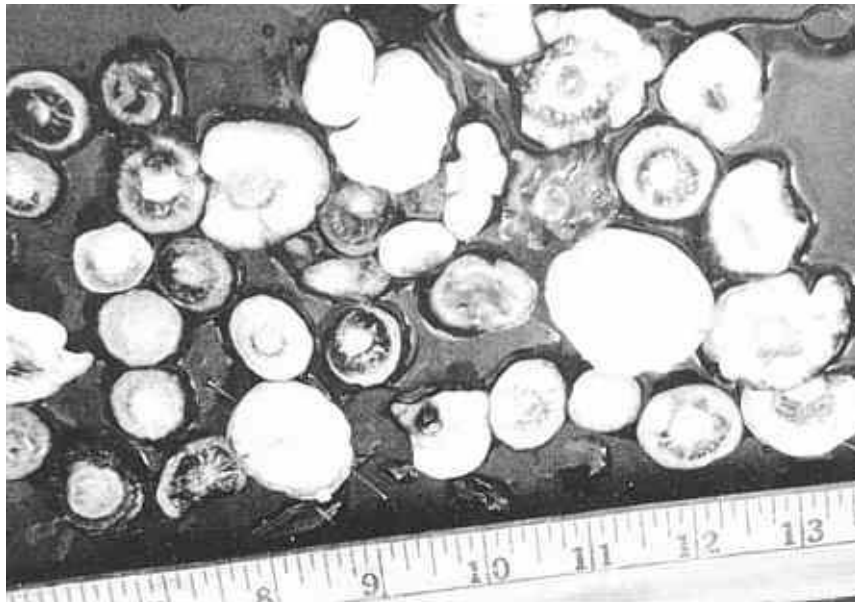
A camada opaca é formada quando o granizo coleta gotas de água super resfriadas congelam rapidamente e, no processo, prende bolhas de ar no gelo, formando uma camada de aparência mais leitosa. Quando gotas de água super resfriadas maiores se chocam com o granizo, o congelamento, permitindo que as bolhas de ar escapem, originando um granizo mais claro.

Figura 4 - Camadas do granizo.



Fonte: HEIDORN (2002)

Figura 5 - Granizos sortidos.



Fonte: HEIDORN (2002)

“Os granizos apresentam, normalmente, formas arredondadas, com diâmetro que pode variar de 5 mm a 15 ou 20 cm, sendo que na maioria dos casos, o tamanho médio gira em torno de 1,5 a 2,0 cm de diâmetro”(MARCELINO, et al., 2004, p. 797).

Para Heidorn (2002) o granizo geralmente se forma com algum tipo de núcleo de congelamento, que pode ser pequenas gotas de chuva congelada ou partículas de gelo conhecidas por graupel. Eles também podem ser formados a partir de aerossóis como: seixos, folhas, pequenos galhos e insetos que foram levados a grandes altitudes nas nuvens através de correntes ascendentes.

Tempestades de granizo geralmente ocorrem em ambientes com instabilidade atmosféricas, as tempestades desenvolvem significativo empuxo positivo, as correntes ascendentes são capazes de suspender pedras de gelo caindo a velocidades de 15 – 25m/s. As tempestades de granizo se desenvolvem na presença de forte cisalhamento (variação vertical na velocidade e direção do vento horizontal), favorecendo a formação de Supercélulas (HEIDORN, 2002).

Granizo pode ser encontrado no meio e nas porções mais altas de quase todas as nuvens de tempestades. Porém, a maioria dele derrete antes de atingir o solo ou, por ser muito macio, se desintegra com os movimentos violentos do interior da nuvem.

O tamanho do granizo geralmente cresce com a intensidade da célula de tempestade da qual ele precipita. Para formar granizo do tamanho de bolas de golfe, é necessário mais de dez bilhões de núcleos super congelados e eles precisam permanecer na nuvem de tempestade por pelo menos 5 a 10 minutos (HEIDORN, 2002). O granizo normal necessita de um milhão de núcleos. Os granizos considerados grandes (> 5cm) são formados, em sua maioria, em supercélulas de tempestades, as quais possuem fortes correntes ascendentes.

A altura do nível de derretimento é importante para determinar o tamanho dos granizos que chegarão à superfície. Observações indicam que a frequência de granizo é maior em latitudes mais altas.

O crescimento de gelo se dá inicialmente pela coleção de gotículas super-resfriadas e gotas de chuva. Em temperaturas mais frias que 0°C, muitas gotículas não congelam e podem permanecer líquidas a temperaturas inferiores a -40°C (FREDIANI, 2008).

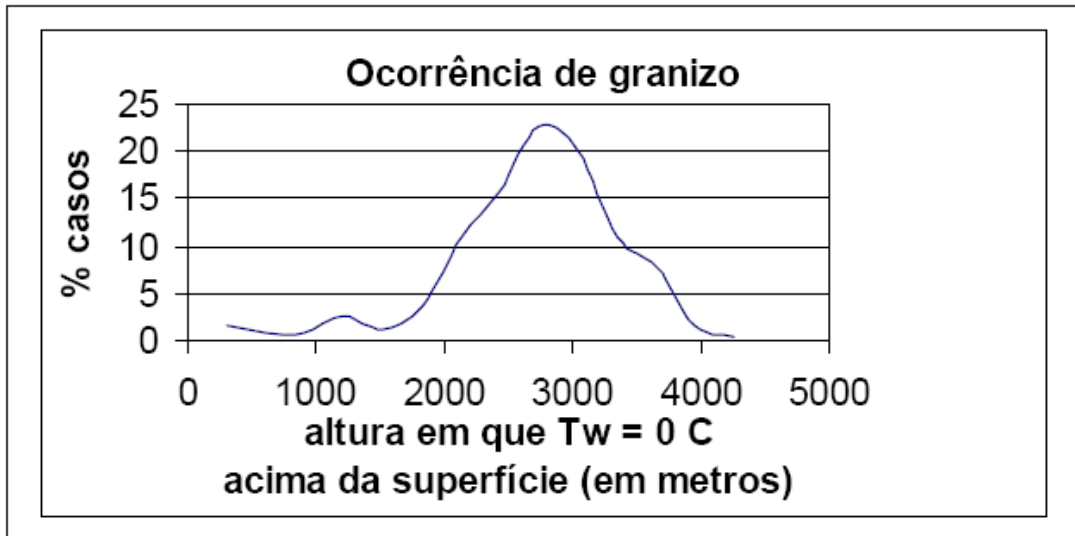
Segundo Heidorn (2002) para esses núcleos de congelamento crescerem e se tornarem granizo, eles precisam acumular gelo, em um processo de adição. Para isso, o núcleo precisa passar um tempo nas regiões da nuvem com abundância de água super resfriada, na camada acima da linha de 0°C, coletando gelo e aumentando de tamanho.

A circunstancia ideal para o crescimento de gelo é aquela em que a partícula atinge certo tamanho de forma que a sua velocidade de queda é suficiente para equilibrar com a corrente ascendente, podendo então coletar gotículas de nuvem numa taxa alta. As maiores pedras de gelo que atingem a superfície são aquelas que penetram em uma forte corrente descendente, permanecendo pouco tempo abaixo do nível de 0°C, causando menor derretimento.

Fawbush e Miller (1953 apud DIAS, 2000) mostraram que o granizo está associado à altura em que a temperatura de bulbo úmido T_w vai para zero. Ou seja, para a formação de granizo, $T_w = 0^\circ \text{C}$, tem que estar idealmente na altura acima da superfície entre 2000 e 3500

metros. O gráfico abaixo foi produzido por Fawbush e Miller com base em 274 casos de ocorrência.

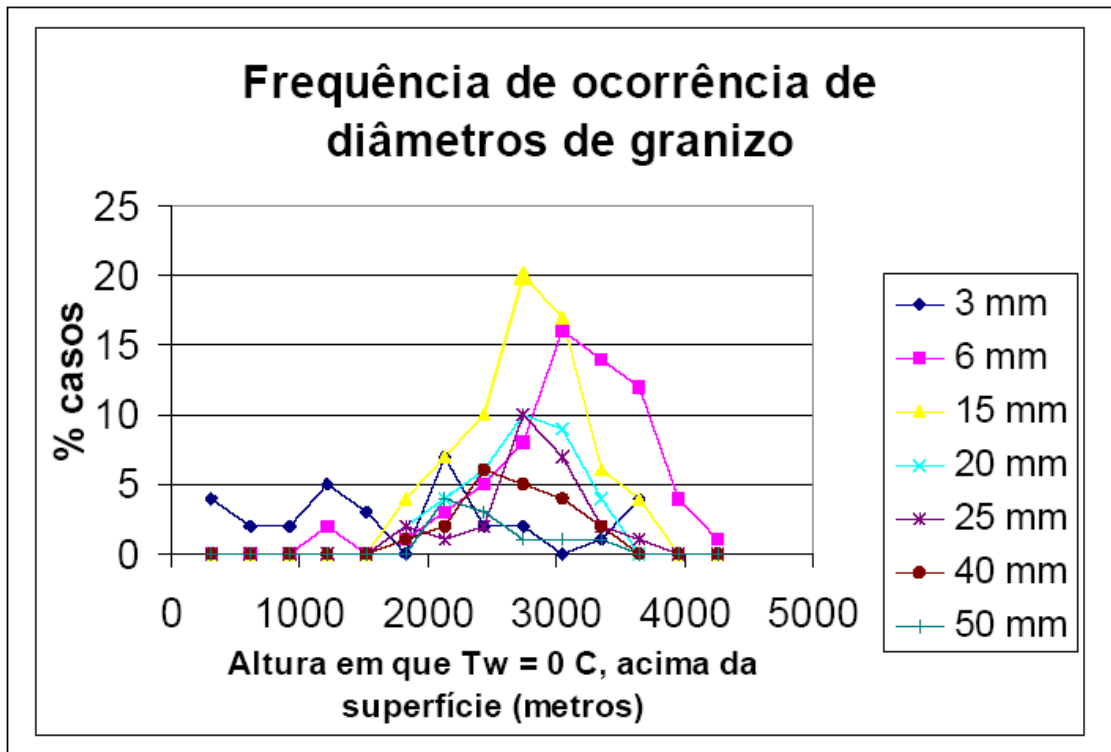
Figura 6 - Relação da ocorrência de granizo com a altura do $T_w = 0$.



Fonte: Dias (2000)

Para cada nível de altura da isoterma de $T_w = 0^\circ \text{C}$, existe também uma frequência preferencial de diâmetros do granizo; isso pode ser visto na figura a seguir.

Figura 7 - Relação do diâmetro do granizo com a altura de $T_w = 0$.

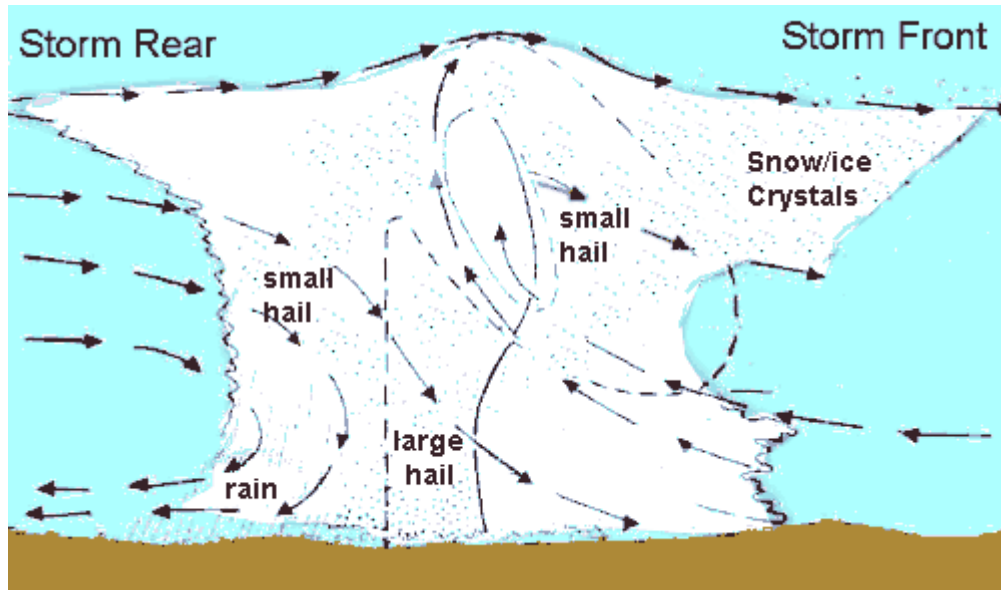


Fonte: Dias (2000).

É importante que a linha $T_w = 0^\circ\text{C}$ esteja entre essa altitude, senão a formação do granizo se torna mais difícil. Se a linha $T_w = 0^\circ\text{C}$ está muito alta, a maioria do granizo derrete antes de atingir o solo. Quando a linha $T_w = 0^\circ\text{C}$ está muito baixa, geralmente indica uma camada de ar relativamente frio em baixas altitudes que vão inibir a formação de correntes de ar ascendentes dentro das nuvens, essenciais para promover a formação do granizo.

Tempestades de granizo necessitam de fortes correntes de ar ascendentes, níveis de baixa temperatura e núcleos de congelamento para serem formados. Assim, linhas de instabilidade e Supercélulas são as mais frequentes produtoras de granizo. As Supercélulas têm o maior potencial para provocar danos relacionados a granizo, desde que essas nuvens tenham acesso aos níveis mais frios da atmosfera. Elas também possuem um bom tempo de duração, o que lhes dá mais tempo para adquirir quantidades suficientes de núcleos de congelamento.

Figura 8 - Nuvem de granizo.



Fonte: Heidorn (2002)

Para o granizo poder crescer, ele precisa permanecer na parte fria da nuvem por um tempo um mínimo de tempo, e quanto maior esse tempo maior será o tamanho potencial do granizo. Para vencer a força da gravidade, o granizo conta com fortes correntes de ar ascendente para mantê-lo suspenso nas cumulonimbus.

Essas correntes não são responsáveis somente por produzir granizo, mas também por fazer as cumulonimbus crescer em altura, em direção a troposfera, criando o ambiente necessário para raios, trovões e vários tipos de ventos característicos de uma célula de tempestade.

Para formar o menor granizo, uma corrente de ar ascendente de 36 a 54 km/h é necessária. Para formar granizo do tamanho de bolas de golfe são necessárias correntes ascendentes em torno de 88 km/h. Já granizo do tamanho de bolas de softball exige correntes mais fortes que 160 km/h (HEIDORN, 2002).

No interior da nuvem, granizos de vários tamanhos colidem. Essas colisões podem quebrar os granizos em pedaços menores, mas também podem juntá-los em conglomerados maiores. Uma parte dos granizos cairá na superfície, isto se deve pelo fato de a corrente ascendente não poder mais suportar seu peso. Durante essa queda, os granizos maiores podem atingir 160 km/h.

Mas nem todos os granizos sobreviverão a queda, alguns vão se quebrar devido as colisões em pedaços menores, os quais derreterão antes de atingir a superfície. Outros

derretem ainda em suspensão na nuvem. Estima-se que 40-70% do granizo formado em uma cumulonimbus derrete antes de chegar ao solo (HEIDORN, 2002).

4 METODOLOGIA

Para a realização desse trabalho foi necessário um levantamento bibliográfico tanto nos conhecimentos da Geografia, quanto da Meteorologia. Assim, a linguagem meteorológica teve que ser adaptada para a linguagem geográfica, com certa dificuldade.

Depois de tal levantamento, é feita a análise da precipitação de granizo em Guarulhos no dia 21 de setembro de 2010. Levando em conta a gênese, evolução e dissipação do sistema, assim como sua relação com a sociedade, na forma de impactos econômicos e sociais.

Para a análise, os dados utilizados nesse trabalho foram imagens do satélite GOES-12, provenientes do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), foram utilizadas imagens do tipo realçada, para destacar a temperatura e o consequente desenvolvimento vertical das nuvens. Assim como imagens do Radar Meteorológico de São Roque, também do CPTEC/INPE, para ilustrar a quantidade de chuva e a refletividade da nuvem.

O dados usados são explicados no item 4.1.

4.1 Conceitos básicos em meteorologia com radar

Atualmente radares meteorológicos têm importante papel na meteorologia, sendo uma ferramenta eficiente para o planejamento de ações mitigadoras dos impactos das tempestades severas. Através dos alertas emitidos pelas estações meteorológicas a sociedade pode se preparar para o evento e assim evitar maiores consequências.

De acordo com Held: “basicamente os radares enviam e recebem sinais eletromagnéticos que provém informação valiosa sobre a localização e intensidade da precipitação” (HELD et al. 2010, p. 38).

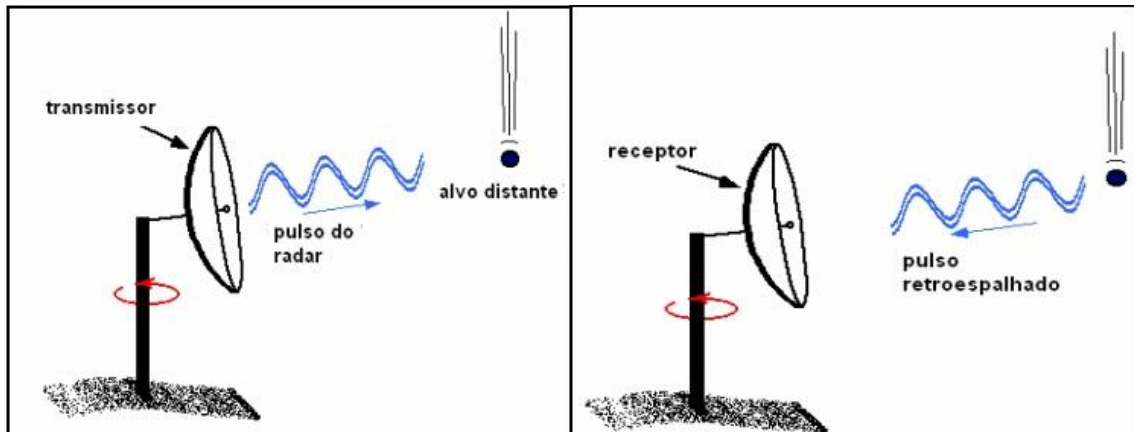
Fragoso (1996) destaca que:

O radar meteorológico é um aparelho que emite para a atmosfera impulsos de energia eletromagnética muito breves (da ordem dos microssegundos), em comprimentos de onda de 5 a 10cm, possuindo forte potência (100 a 1000 Kilowatts) e alta frequência. A energia é concentrada num feixe de fraca abertura e dirigida por uma antena. O encontro dum obstáculo provoca a difusão das ondas incidentes em todas as direções, sendo parte reenviada para o radar, representando o que se designa por eco útil. (FRAGOSO, 1996, v. 61, p. 30)

O radar envia pulsos eletromagnéticos que se refletem em algum objeto (como nuvens, por exemplo) retorna ao próprio radar retroespalhada e, assim, fornece informações

necessárias para a previsão do tamanho e posição da nuvem. Com isso também é possível estimar a quantidade de precipitação que pode atingir uma área e a presença ou ausência de granizo. A figura um ilustra o processo.

Figura 9 - Emissão e recepção de pulsos pelo radar.

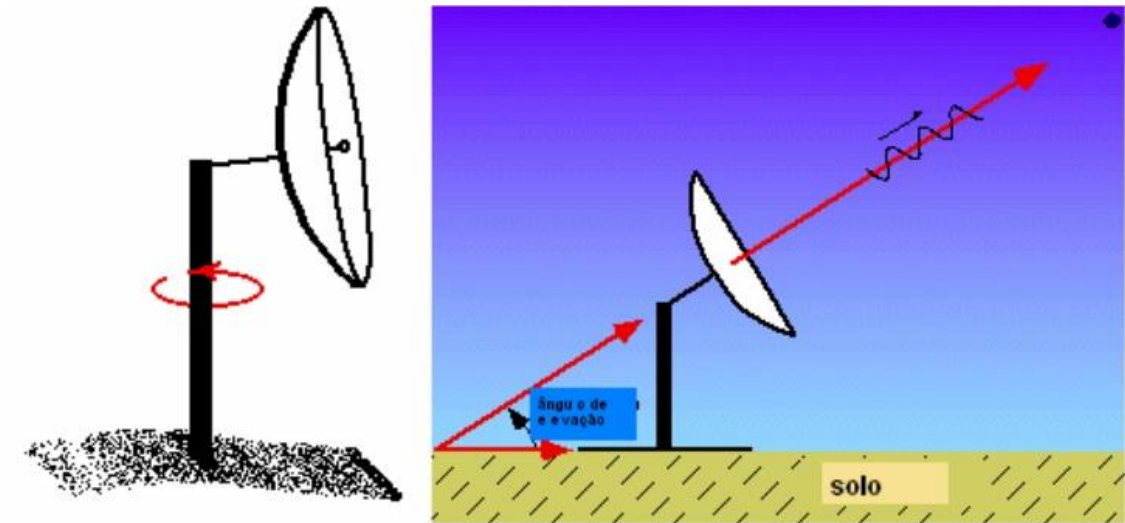


Fonte: Held et al. (2010).

Os radares efetuam dois tipos de movimento, chamados tecnicamente por varredura, no seu processo de captação de imagens, o PPI (Plan Position Indicator) e o CAPPI (Constant Altitude Plan Position Indicator) .

O PPI serve para fornecer a informação de distância e localização da nuvem. “A imagem de PPI (Plan Position Indicator) é obtida a partir de uma única varredura (volta completa – 360°) com elevação da antena do radar em 0°, por exemplo” (HELD et al. 2010, p. 39). Ou seja, o PPI gira 360°, mas não muda seu ângulo de elevação. Por causa disso o alcance máximo do PPI é de 450 km, mais longe que essa distância os pulsos eletromagnéticos seriam emitidos em alturas muito maiores do que as nuvens, devido à curvatura terrestre. A Figura 10 mostra o procedimento.

Figura 10 - Varredura PPI.

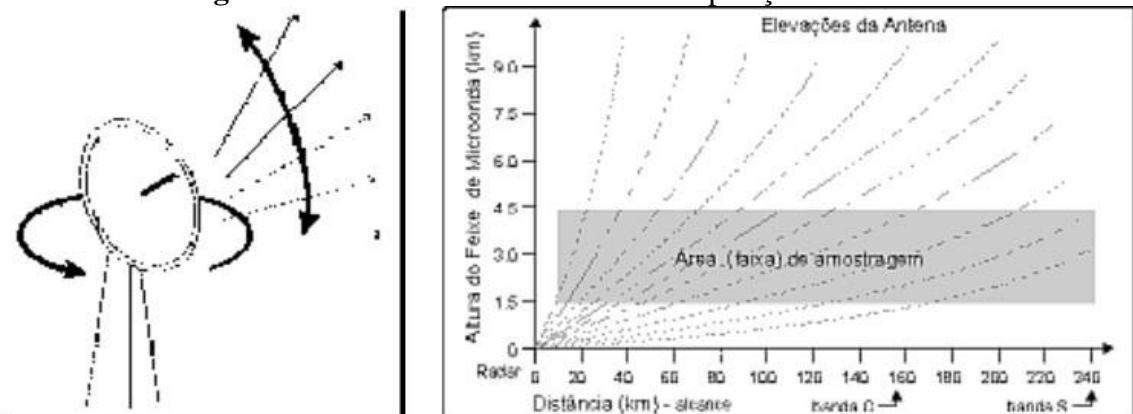


Fonte: Held et al. (2010).

O outro tipo de varredura é o CAPPI (Constant Altitude Plan Position Indicator), e é usada para estimar a distância direta e a altura da nuvem. E de acordo com Held et al. (2010), funciona da seguinte forma:

Para a composição de um CAPPI (Constant Altitude Plan Position Indicator), programa-se a antena do radar para dar uma volta completa (360°) e mudar sua elevação em relação ao horizonte [...]. Com isso consegue-se "varrer" completamente a atmosfera, do solo até o topo das nuvens. De cada elevação é extraído um anel de informações cuja altura média corresponde a um valor pré-estabelecido. Agrupando-se seqüencialmente os anéis de todas as varreduras, ter-se-á um campo de precipitação de 240 km de raio, a partir do radar, com altura média constante. (HELD et al. 2010, p. 44)

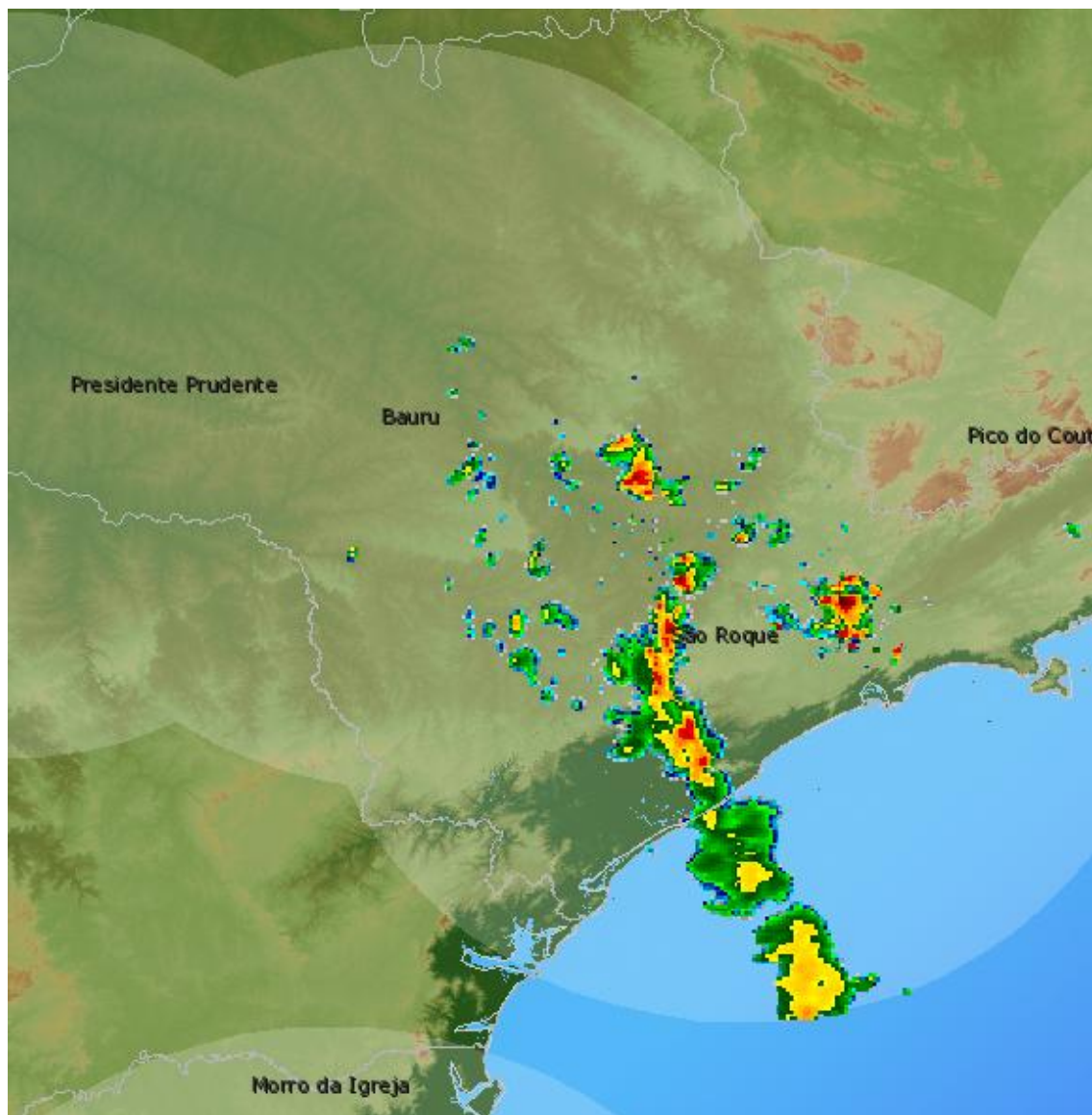
Figura 11 - Movimento da antena e composição do CAPPI



Fonte: Held et al. (2010).

Através das varreduras PPI e CAPPI é possível fornecer todas as informações necessárias para a previsão de chuvas e tempos severos, gerando imagens de precipitação e refletividade por radar, como a Figura 12, que representa o momento da precipitação de granizo estudada por esse trabalho.

Figura 12 - Imagem do radar meteorológico de São Roque em 21/set/2010 – 19h30 UTC.



Fonte: CPTEC/INPE (2011).

A escala de refletividade é dada pela unidade dBZ (decibel de refletividade – unidade da medida logarítmica relativa). “[...] quanto mais elevados os valores de Z maiores serão as dimensões das gotas e/ou granizos” (IP, PORTUGAL apud MORAES; NERY, 2009). A figura 5 mostra um exemplo de legenda em que há a informação de refletividade em dBZ e precipitação em mm/h. Refletividades maiores que 40 dBZ já são indícios de granizo nas nuvens.

Figura 13 - Exemplo de legenda de radar meteorológico.



Fonte: CPTEC/INPE (2011).

Dois produtos importantes no caso de ocorrência de granizo são o Topo dos Ecos (Echo Top) e o ALERTA (warning). “O produto Topo dos Ecos [...] é uma imagem da altura da máxima ocorrência de um limiar de dBZ selecionado e amostrado em km, é um excelente indicador de tempo severo e granizo” (HELD et al., 2010, p. 46). Por exemplo, o topo de 50 dBZ, localizado a 1km acima do nível de congelamento, estará certamente relacionado a uma tempestade convectiva severa. O ALERTA é uma ferramenta auxiliar na detecção de possíveis tempestades severas, o sistema é configurado para avisar quaisquer nuvens que possuam características de tempo severo.

Os radares meteorológicos são ferramentas muito úteis, tanto para a meteorologia quanto para a climatologia, pois como conclui Fragoso (1996) as imagens de radar são capazes de fornecer dados muito importantes que os métodos tradicionais não fornecem e também são muito úteis para a configuração dos campos pluviométricos e sua evolução ao longo do tempo e do espaço, entre outras variáveis, em escala local e regional.

4.2 Conceitos básicos em satélites meteorológicos

Assim como as medidas e as observações feitas em superfície, durante o vôo, por balões atmosféricos com sondas e por radares, os satélites meteorológicos são ferramentas eficientes na previsão do tempo e estudos meteorológicos e climáticos.

As principais características dos satélites são representadas pelas suas resoluções espacial, temporal, espectral e radiométrica. A resolução espacial mostra a capacidade do satélite em imagear um objeto, sendo medida pelo tamanho do menor objeto passível de ser medido na imagem. Quanto menor a resolução, melhor a capacidade de formar imagens do satélite.

A resolução temporal diz respeito à órbita do satélite. É o tempo de revisita do satélite, ou seja, o intervalo de tempo (geralmente horas ou dias) que o satélite leva para obter duas imagens consecutivas do mesmo lugar.

Resolução espectral mostra em que frequências do espectro eletromagnéticos o satélite é capaz de medir. Quanto mais bandas forem medidas, melhor as imagens ficaram, pois serão mais eficientes em diferenciar os diferentes alvos da Terra.

Resolução radiométrica mede a capacidade do sensor em receber de volta a energia solar refletida nos objetos. É medida em bits, por exemplo uma resolução espectral de 8 bits quer dizer que o sistema tem a capacidade de imagear superfícies em até 256 níveis de cinza diferentes.

Ferreira (2006) destaca que:

Já a um tempo, mais precisamente desde abril de 1960, os satélites meteorológicos estão em órbita do planeta Terra, obtendo excelentes dados observacionais. Existem dois tipos principais de satélites meteorológicos: os de órbita polar e os de órbita geostacionária. (FERREIRA, 2006).

De acordo com o INPE os satélites de órbita polar passam pelos polos ou perto deles, sendo que o período da órbita desses satélites são de uma a duas horas. Os satélites desse tipo mais usados no Brasil são os da série NOAA (National Oceanic and Atmosphere Administration) originais dos EUA. Esse exemplo de satélite heliossíncrono. Ele gira numa órbita que permanece sempre no mesmo plano, diferentemente da Terra, que gira na razão de 15° por hora. Assim o NOAA passa nos mesmos lugares aproximadamente no mesmo horário, pois o sol está na mesma posição, na mesma hora solar da passagem anterior. Isto é feito para a obtenção de imagens com o mesmo tipo de iluminação. Cada satélite passa pelo mesmo local de 12 em 12 horas.

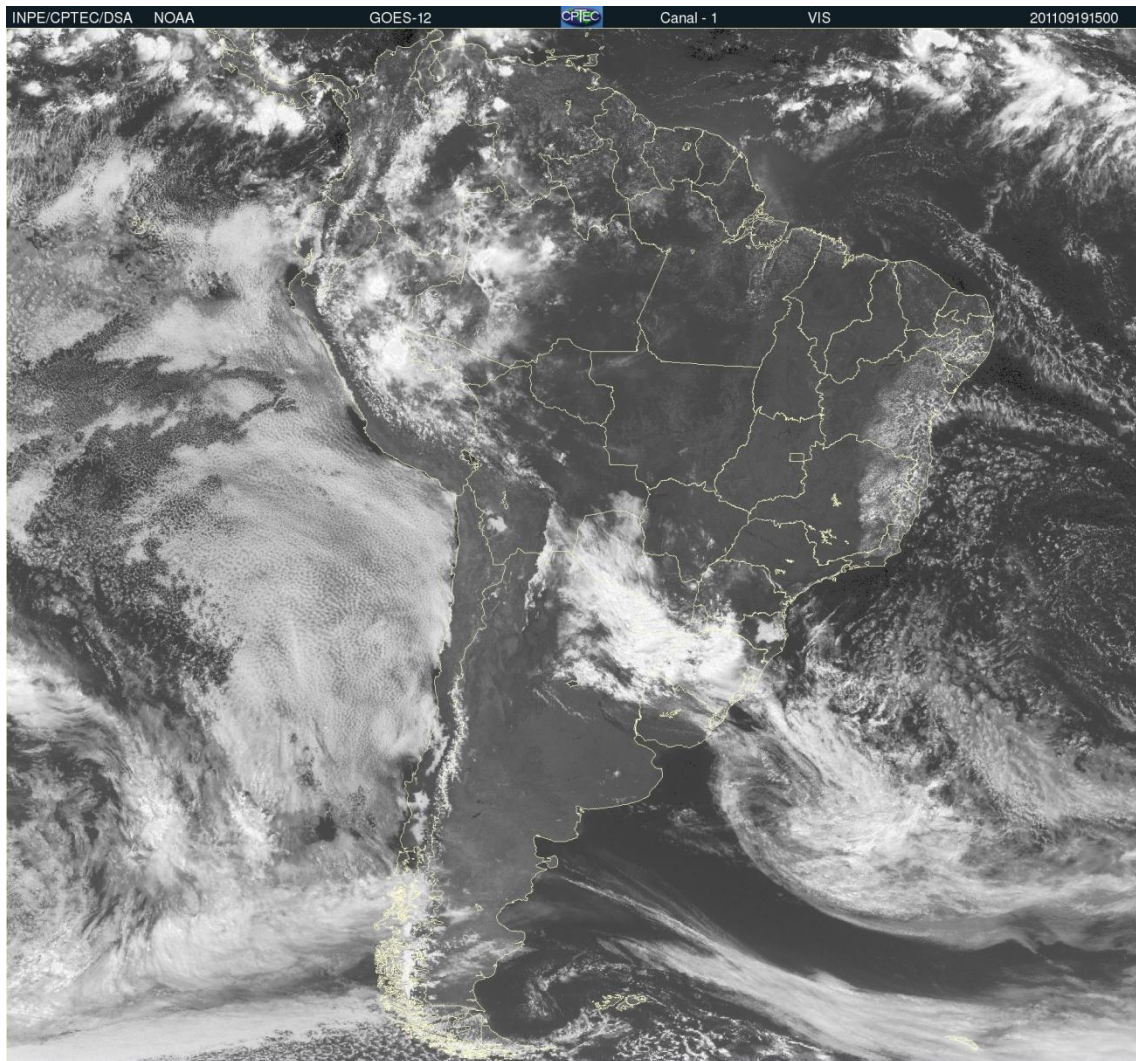
Ainda para o INPE os satélites de órbita geostacionária são satélites do tipo equatorial, ou seja, fica sempre na linha do equador. Ele gira na mesma velocidade e mesmo sentido de rotação da Terra, assim permanece sempre acima de um ponto e à mesma distância da Terra. Portanto fornecem imagens do mesmo lugar. O satélite tem capacidade de observação de uma região circular com um raio aproximado de até 70° de latitude, mas a curvatura terrestre limita a área de observação para 55° de latitude em análises quantitativas e 65° de latitude para análises qualitativas. Os satélites desse tipo mais conhecidos no Brasil são os da série GOES e METEOSAT.

Ferreira (2006) explica três principais produtos de imagem de satélites, com relação as bandas do espectro eletromagnético: as imagens no visível (VIS), infravermelho (IR), e vapor d'água (WV).

“A imagem no visível identifica a quantidade de radiação solar refletida pela superfície da Terra” (FERREIRA, 2006, p. 36). Acontece que os alvos na Terra refletem a radiação solar de forma e intensidade diferentes, variam de albedo (que pode ser definido

como capacidade de reflectância de um corpo). Assim, na imagem construída alguns alvos vão refletir mais que os outros, e quanto mais radiação solar é refletida, mais branco o alvo fica na imagem. O contrário também é verdadeiro, se o alvo não reflete muito, ele é imageado próximo a cor preta. A Figura 14 dá o exemplo de uma imagem do satélite GOES, no visível.

Figura 14 - Imagem do satélite GOES-12, no visível, as 15h00 UTC do dia 19 set. 2011



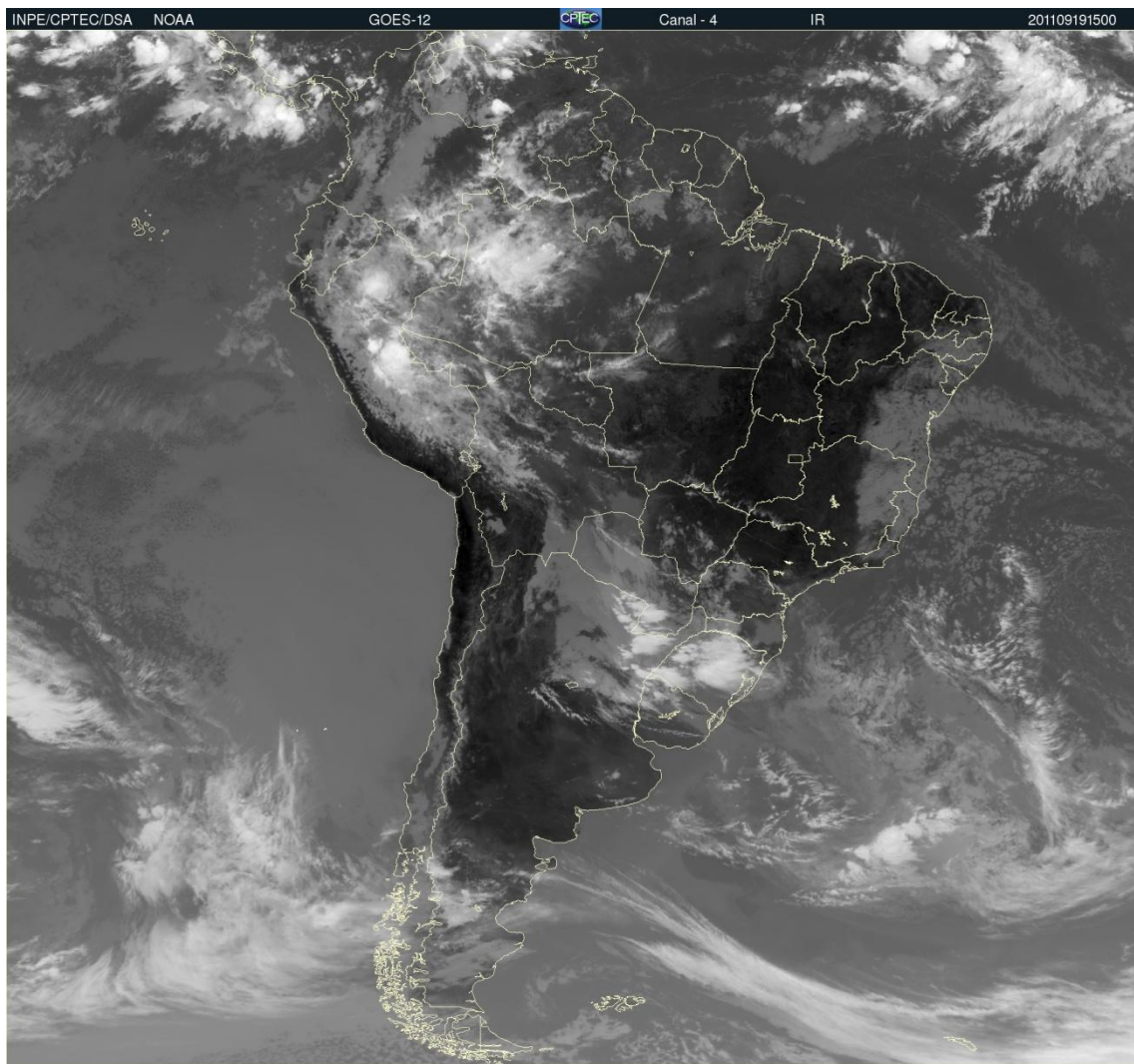
Fonte: CPTEC/ INPE (2011).

Através da imagem do visível é possível localizar as nuvens e os sistemas em formação. Também é possível diferenciar certos alvos pela, por exemplo as nuvens com o topo acidentado são cumulonimbus (cb) e as nuvens com topos planos são, geralmente, cirrustratus (cs). Fatos comuns nas imagens do visível são as sombras e o brilho solar. As sombras são causadas por nuvens com extremidades alargadas ou muito altas que acabam encobrindo nuvens mais baixas. O brilho solar é causado quando o oceano reflete o brilho do sol, deixando um ponto branco na imagem.

Sobre as imagens infravermelhas (IR) podemos dizer que “Os sensores infravermelhos dos satélites de órbita polar e geoestacionária medem a quantidade de energia infravermelha (calor) emitida pela superfície terrestre e pela atmosfera” (FERREIRA, 2006, p. 39).

As imagens infravermelhas são importantes para se ter conhecimento da temperatura da Terra e sua atmosfera, como também o desenvolvimento vertical e evolução das nuvens. Esse tipo de imagem é representado em tons de cinza, geralmente de 8 bits (256 tons de cinza), mas há imagens de outros sistemas que são mais detalhados, com 10, 16 e até 32 bits. Isto gera como produto imagens que variam do preto nos lugares mais quentes e branco nos mais frios, como mostra a Figura 15.

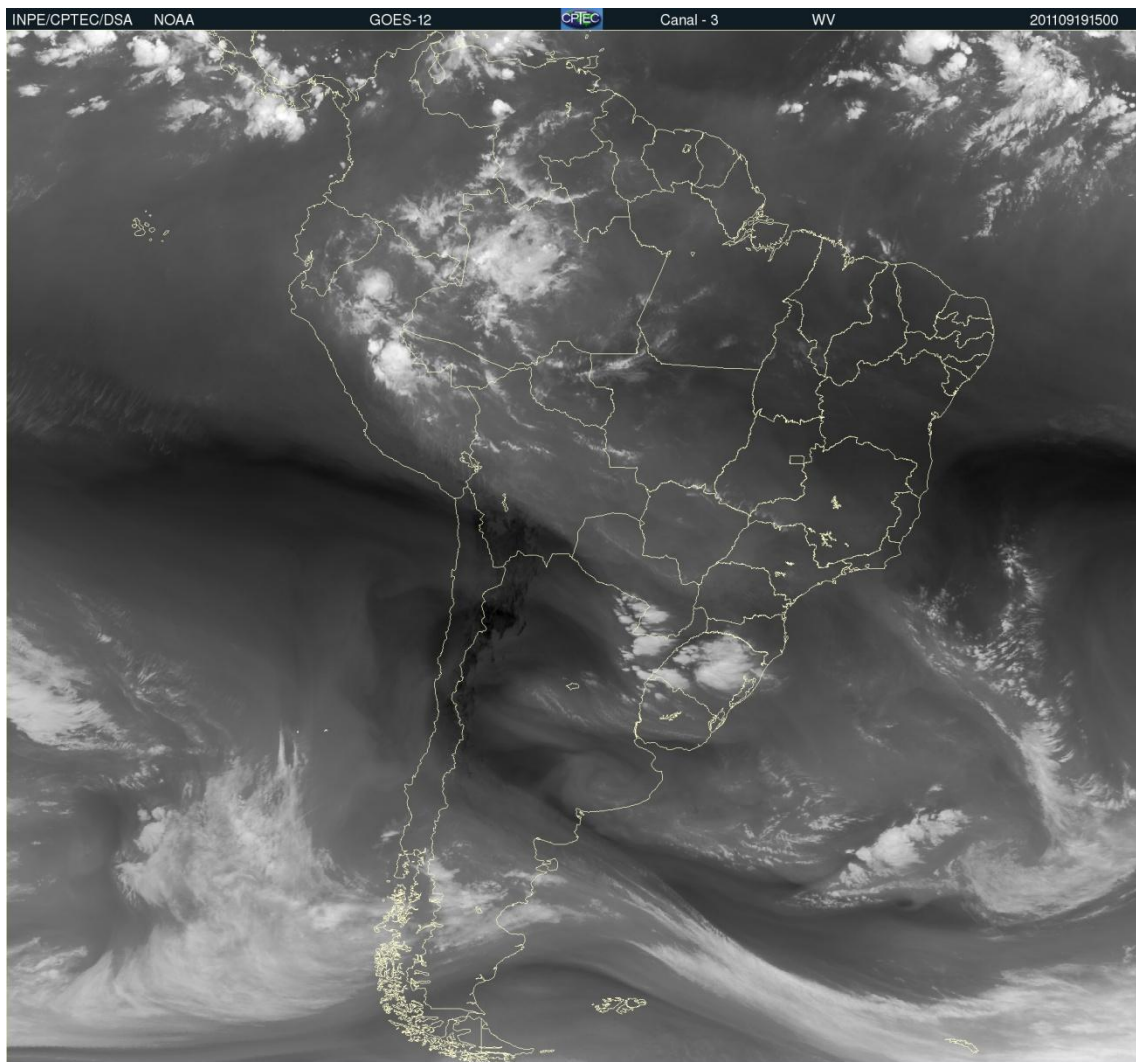
Figura 15 - Imagem do satélite GOES-12, no infravermelho, as 15h00 do dia 19 set. 2011.



Fonte: CPTEC/INPE (2011).

Nas imagens do vapor d'água (WV) são registradas as concentrações de vapor da atmosfera da Terra. O processo é feito registrando-se as imagens nos comprimentos de onda em que a reflectância é absorvida pela água, diferenciando onde há ou não há presença de vapor d'água, assim as áreas com cor próxima ao preto são áreas com pouca ou nenhuma concentração de vapor, e as áreas brancas representam áreas com grande concentração de vapor. “Isto permite aos meteorologistas observarem fenômenos de pequenas escalas, dentro de padrões de circulação em larga escala, até mesmo quando as nuvens não estão presentes” (FERREIRA, 2011, p. 44). A Figura 16 é um exemplo de imagem de vapor d'água.

Figura 16: Imagem de vapor d'água do satélite GOES-12, as 15h00 UTC do dia 19 set 2011

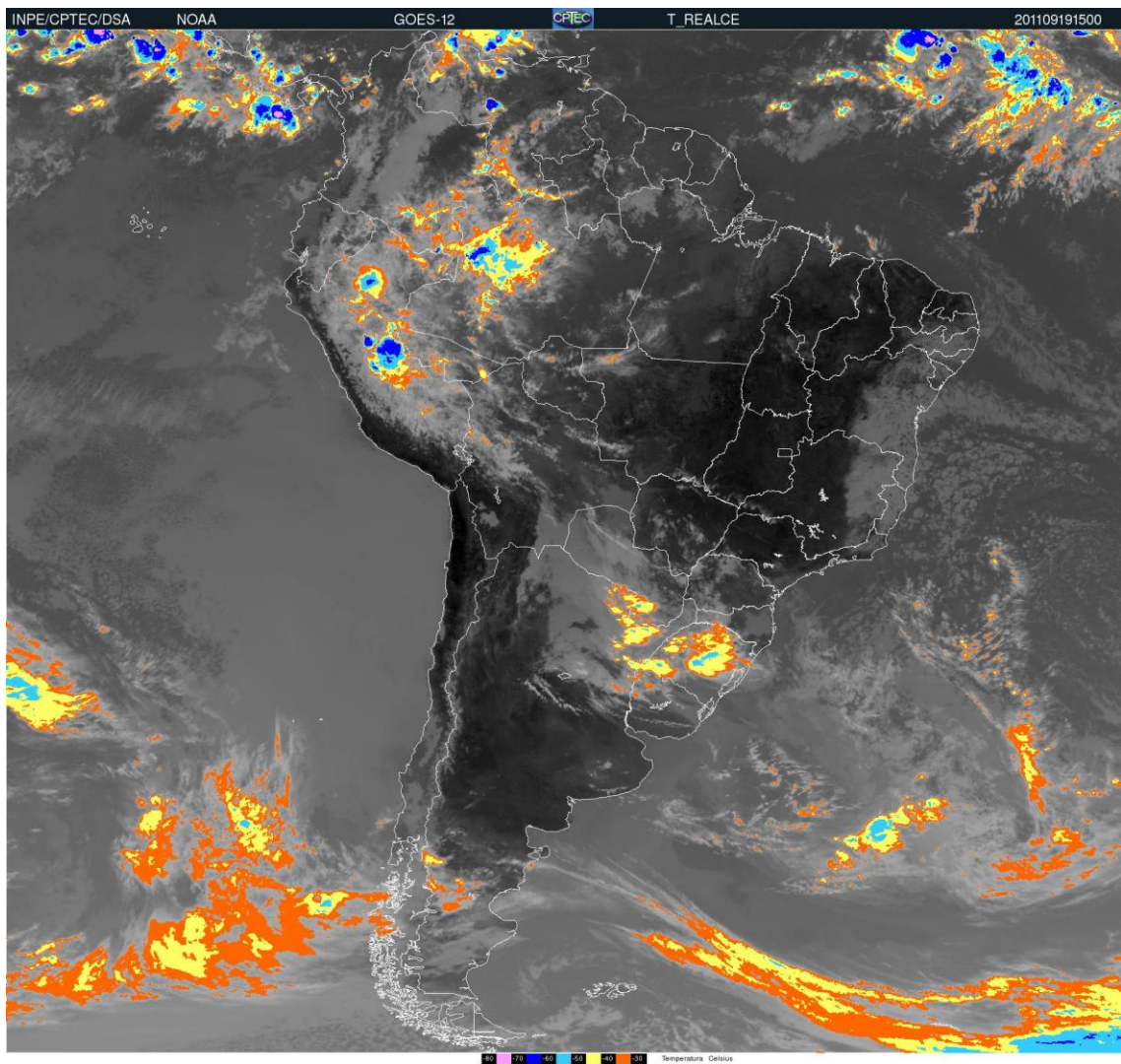


Fonte: CPTEC/INPE (2011).

As imagens usadas nesse trabalho são da banda do infravermelho. Porém são um produto diferente dos exemplos mostrados anteriormente, elas são do tipo realçada, onde a

partir de uma imagem no infravermelho, identifica-se a reflectância dos alvos em diferentes temperaturas, tranforma-se os níveis de cinza para temperatura de brilho e agrupa-se em categorias de temperaturas (negativas), com cores para diferenciá-las. Isto permite uma melhor observação do desenvolvimento vertical da nuvem, “estas imagens foram importantes para a análise, pois identificam as nuvens com topos mais frios e, conseqüentemente, as células convectivas mais intensas”. (Marcelino, 2003) . Como na Figura 17 a seguir:

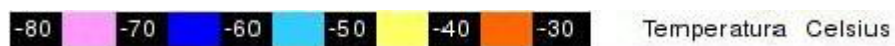
Figura 17 - Imagem realçada do satélite GOES-12, as 15h00 UTC do dia 19 set. 2011.



Fonte: CPTEC/INPE (2011).

As cores usadas são explicadas pela legenda, as cores mais próximas ao laranja são menos frias, os tons de azul são mais frios. Ilustrado com detalhe na Figura 18.

Figura 18 - Detalhe da legenda nas imagens realçadas do satélite GOES-12.



Fonte: CPTEC/INPE (2011).

5 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO

De acordo com Omar et al. (2008) o município de Guarulhos está localizado entre os paralelos 23°16'23'' e 23°30'33'' de latitude Sul e entre os meridianos 46°20'06'' de longitude Oeste. O clima de Guarulhos é tipicamente tropical com verão chuvoso e inverno seco, a temperatura média anual está entre 18°C e 19°C, com média do mês mais frio inferior a 15°C e mais quente entre 23°C e 24°, na classificação de Köppen é do tipo Cwb. Do ponto de vista geomorfológico está situado no Planalto Atlântico. Os solos são, predominantemente, do tipo latossolos e argissolos. O município está inserido nas bacias hidrográficas do Tietê e do Paraíba do Sul. A vegetação é a Mata Atlântica, com cerca de 190 espécies de animais silvestres. A Figura 19 localiza Guarulhos no cenário estadual.

Figura 19 - Localização do município de Guarulhos

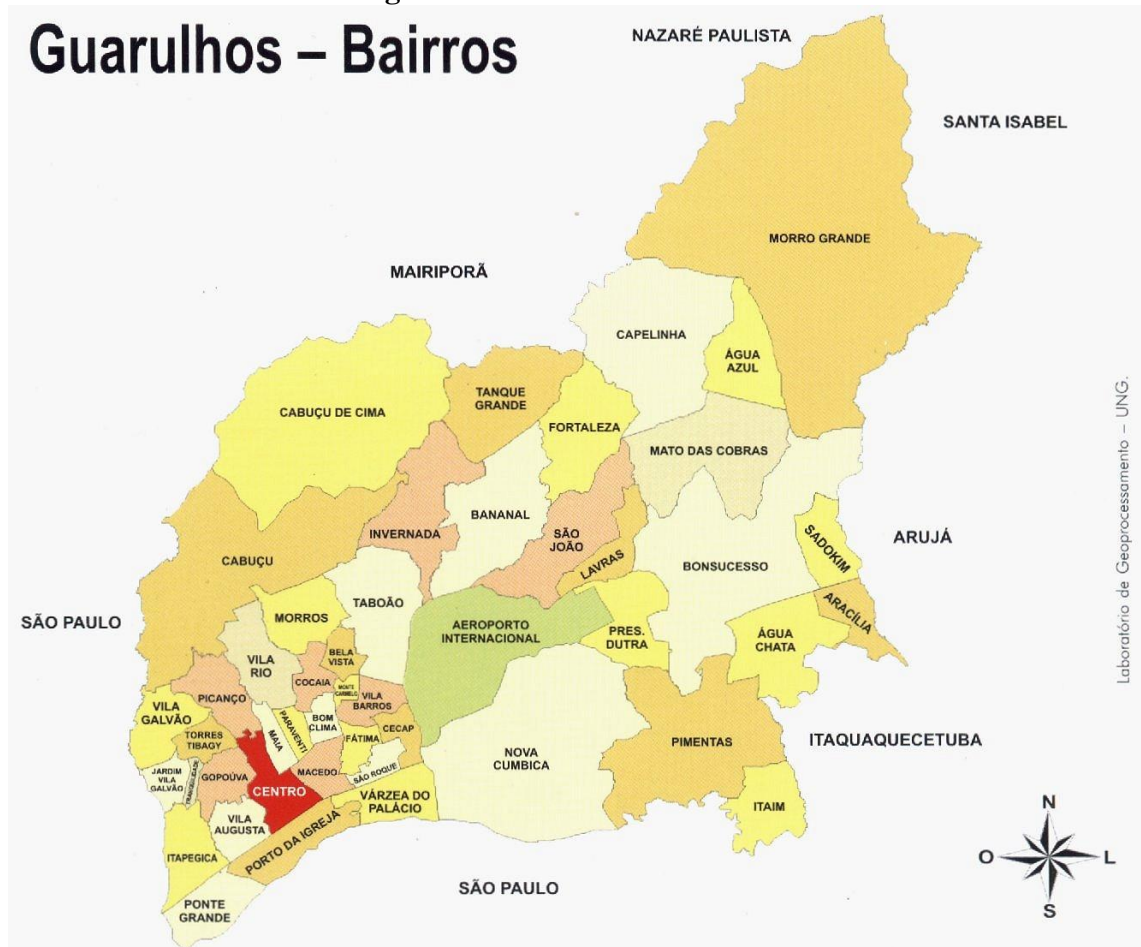


Fonte: Prefeitura de Guarulhos (2011).

Com 1.221.979 em uma área de 319, 19 km², possui densidade demográfica de 3.828,36 hab./km² (IBGE, 2011). Guarulhos é a segunda cidade com maior população do Estado de São Paulo e a 12^o do Brasil e 8^a cidade mais rica do Brasil, com produção que representa 1% do Produto Interno Bruto (PIB) nacional (GUARULHOS, 2011).

Os bairros mais afetados pela precipitação de granizo foram: Vila Rosália, Jardim Tranquilidade, Gopouva, Vale dos Machados, Picanço, Recreio São Jorge, Vila Augusta, Jardim Flor da Montanha, Santa Mena, Vila Endres, Parque Contintental, Jardim Paulista, Vila Rio e Jardim Santa Maria. Localizados na Figura 20 a seguir:

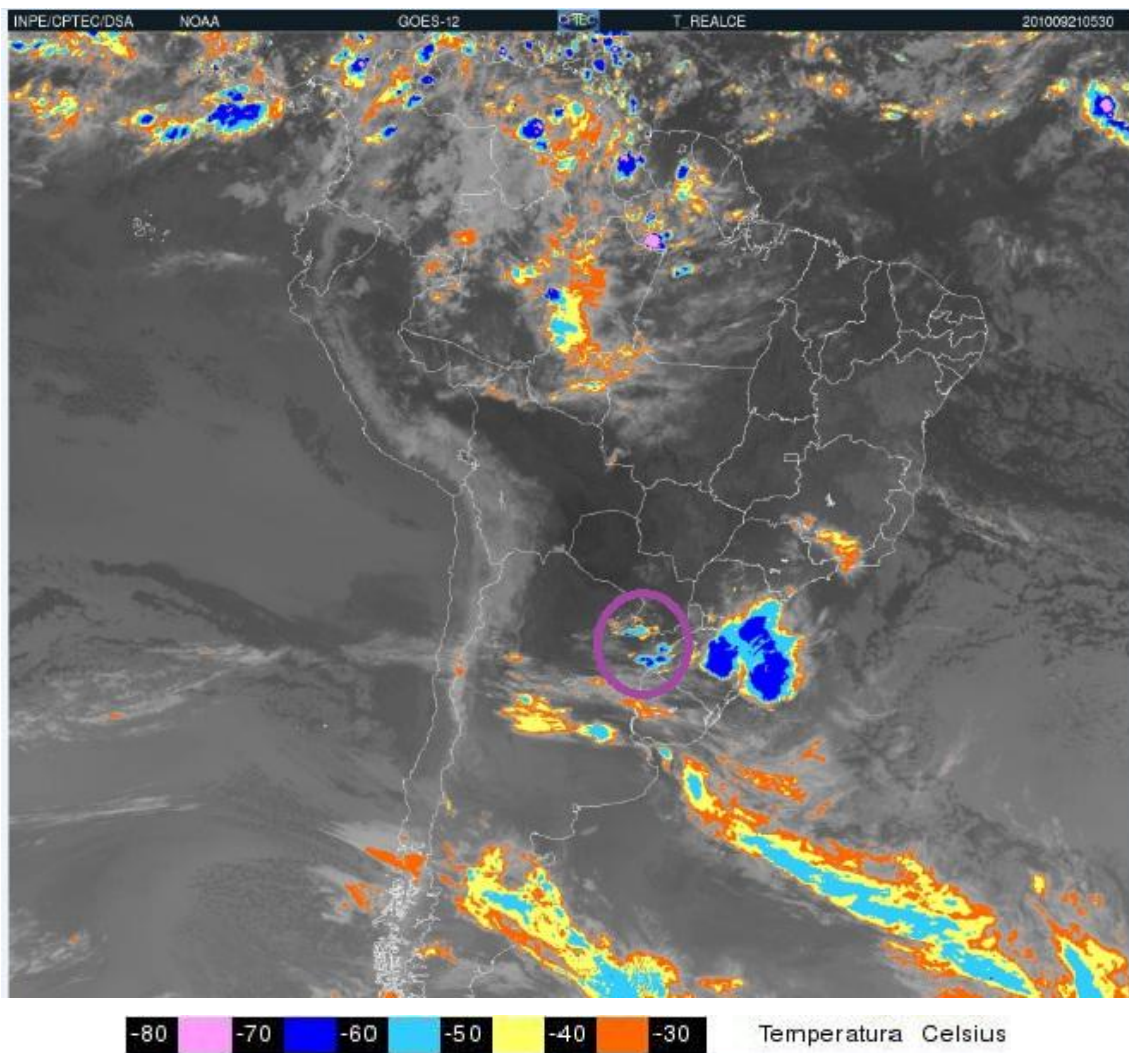
Figura 20 - Bairros de Guarulhos



6 GÊNESE, EVOLUÇÃO, DISSIPACÃO E ANÁLISE DO FENÔMENO

O fenômeno tem sua origem entre o leste da Argentina e o sul do Paraguai, às 05h00 e 06h00 UTC do dia 21 de setembro de 2010. Altos índices de evaporação formaram duas pequenas células (destacadas na Figura 21) que resultariam na intensa precipitação de granizo.

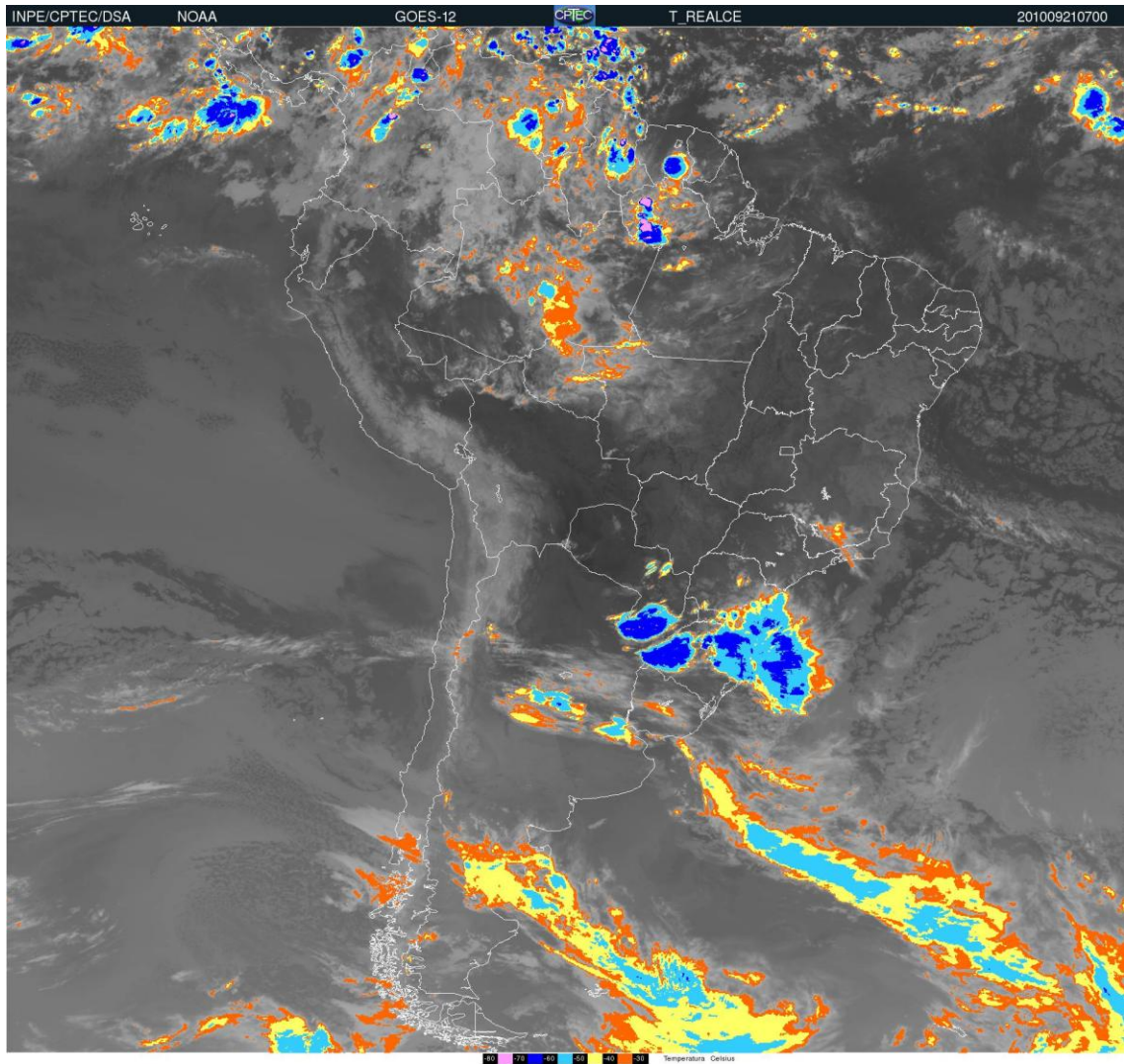
Figura 21 - Imagem do satélite GOES-12 em: 21/set/2010 – 05h30 UTC.



Fonte: CPTEC/INPE (2011).

A partir de então, as duas células adquirem cada vez mais umidade e aumentam de tamanho (Figura 22). Destaca-se a o grande desenvolvimento vertical das nuvens, chegando a temperaturas inferiores a -60°C .

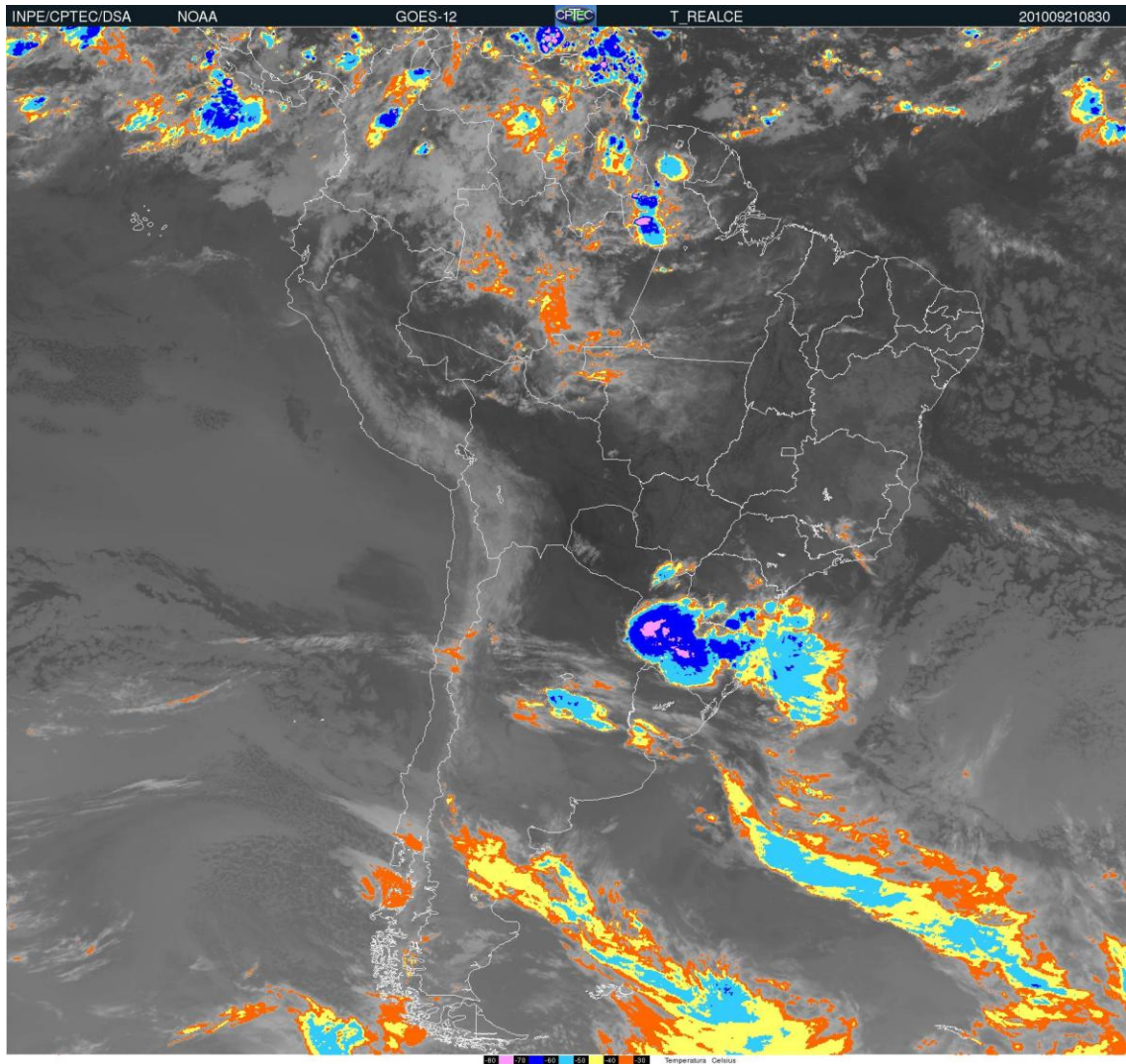
Figura 22 - Imagem do satélite GOES-12 em: 21/set/2010 – 07h00 UTC.



Fonte: CPTEC/INPE (2011).

A partir das 08h00 UTC as células começaram a se juntar formando um grande sistema, que ao se juntar com um sistema já estabelecido a mais tempo, entra no sul do Brasil com grande força e tamanho (Figura 23).

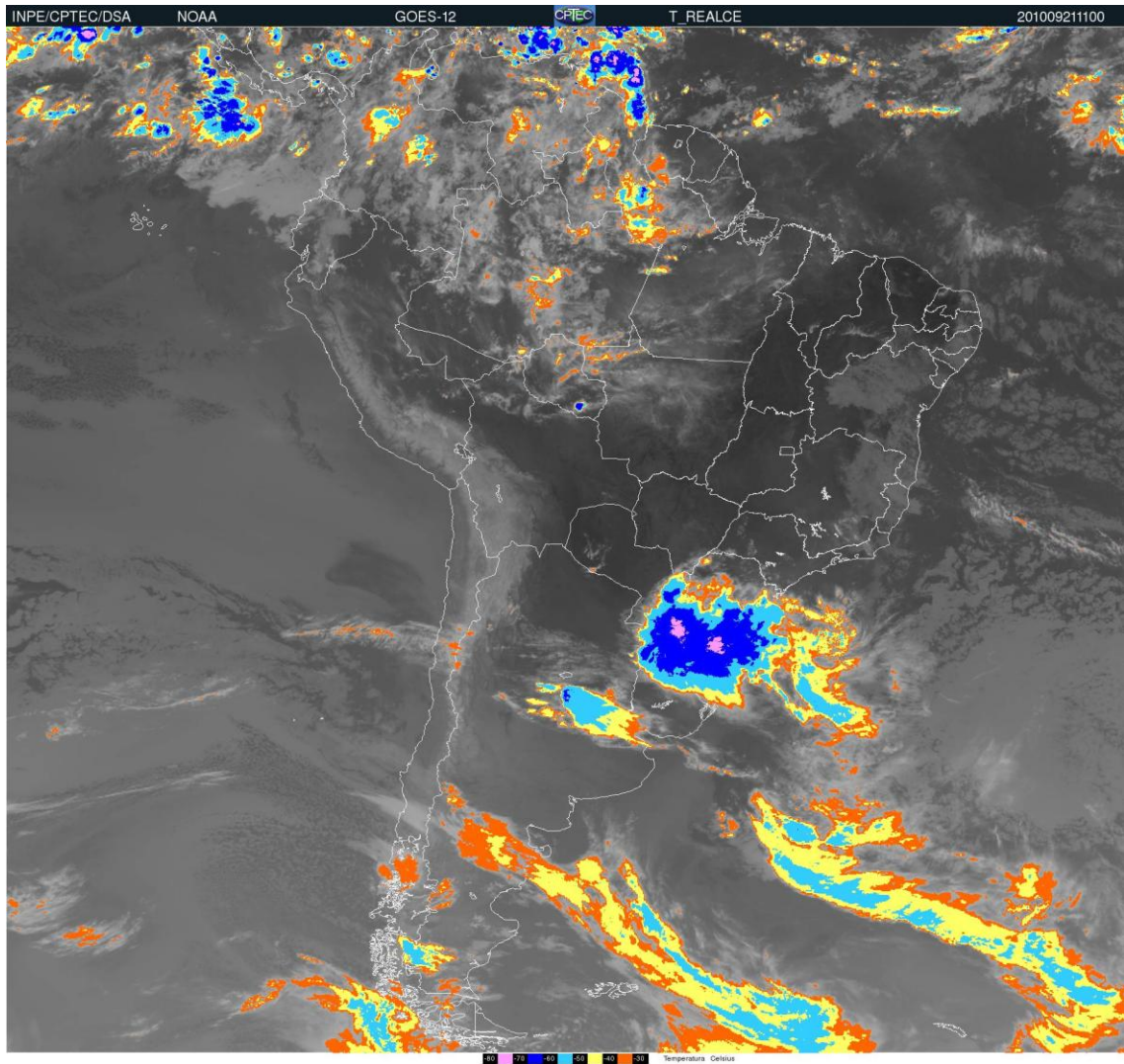
Figura 23 - Imagem do satélite GOES-12 em: 21/set/2010 – 08h30 UTC.



Fonte: CPTEC/INPE (2011).

O sistema adquiriu uma proporção enorme, tanto em extensão quanto em altura. As 11h00 UTC ele está cobrindo uma área do tamanho do estado do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e todo sul do Paraná (Figura 24) . Destaca-se dois núcleos de baixa temperatura (inferiores a -70°C), originais das duas células que iniciaram o sistema.

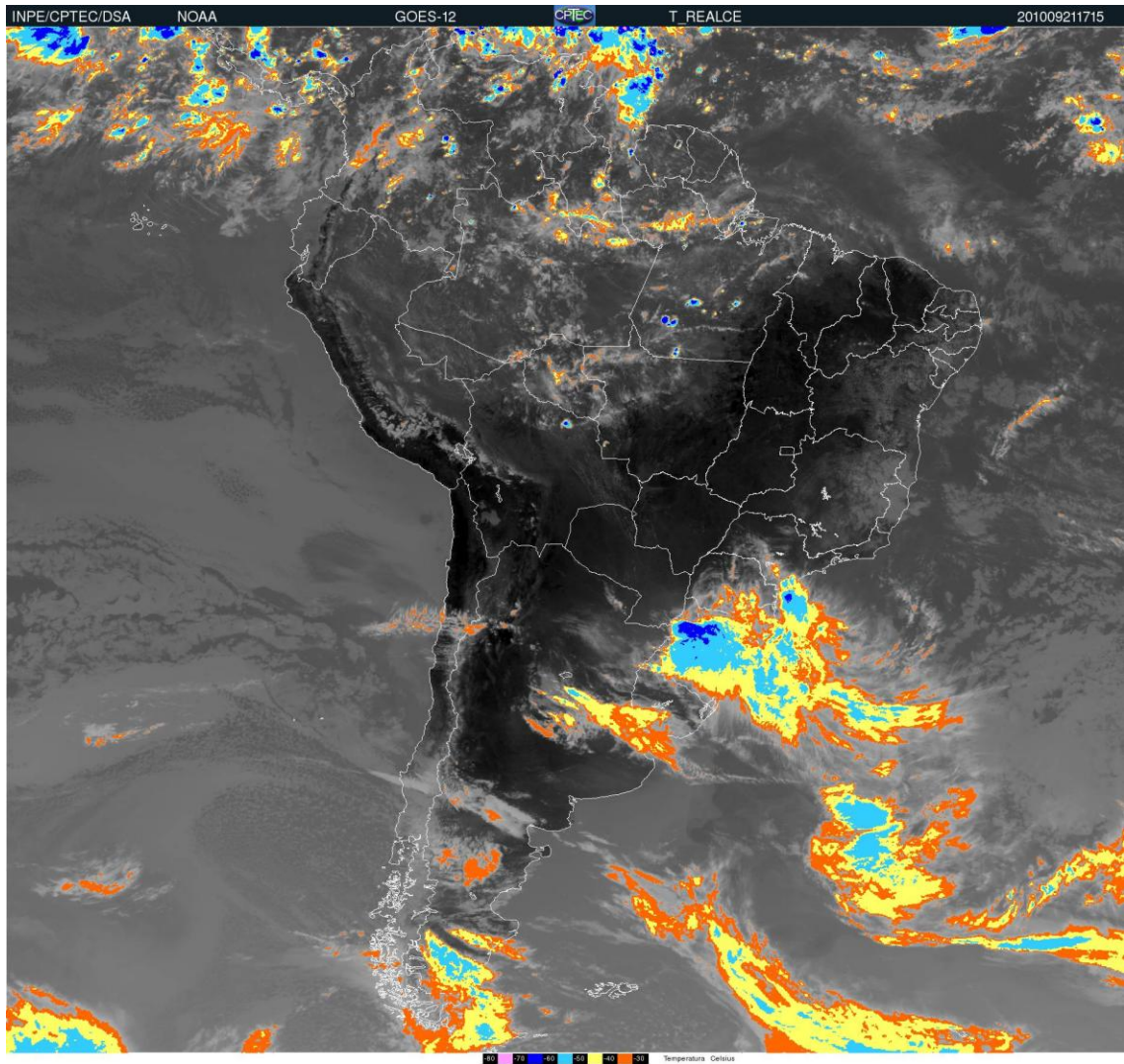
Figura 24 - Imagem do satélite GOES-12 em: 21/set/2010 – 11h00 UTC.



Fonte: CPTEC/INPE (2011).

A partir das 17h00 UTC, o sistema vai perdendo força e se deslocando rumo ao oceano Atlântico. Porém, áreas de instabilidade e baixa pressão, o fazem penetrar no estado de São Paulo (Figura 25), ainda com força suficiente para geração de granizo.

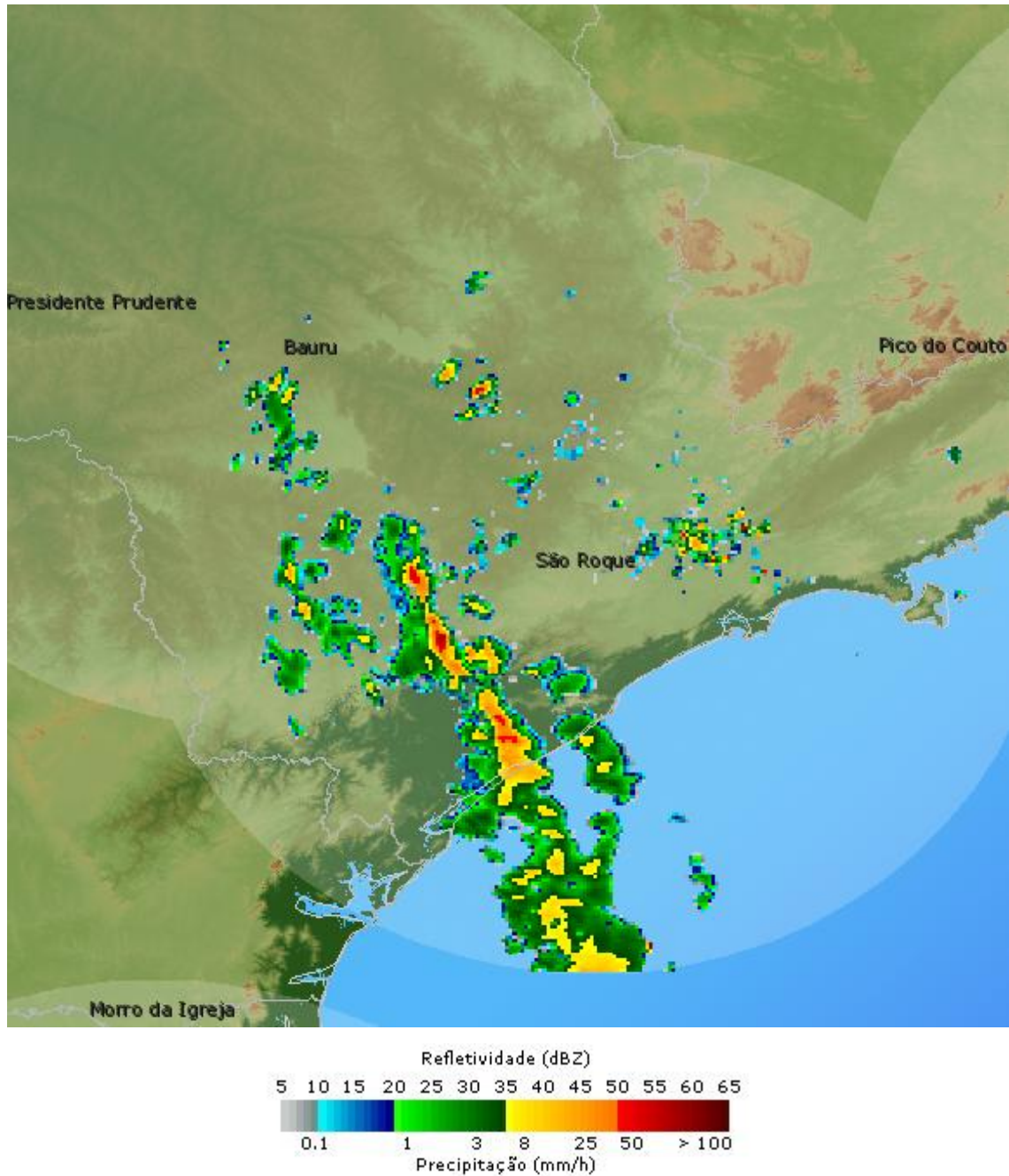
Figura 25 - Imagem do satélite GOES-12 em: 21/set/2010 – 17h15 UTC.



Fonte: CPTEC/INPE (2011).

Apesar do sistema possuir grandes proporções, nota-se pela imagem de precipitação por radar (Figura 26) que as 18h30 UTC ainda não houve muita precipitação na região da capital.

Figura 26 - Imagem do radar meteorológico de São Roque em 21/set/2010 – 18h30 UTC.

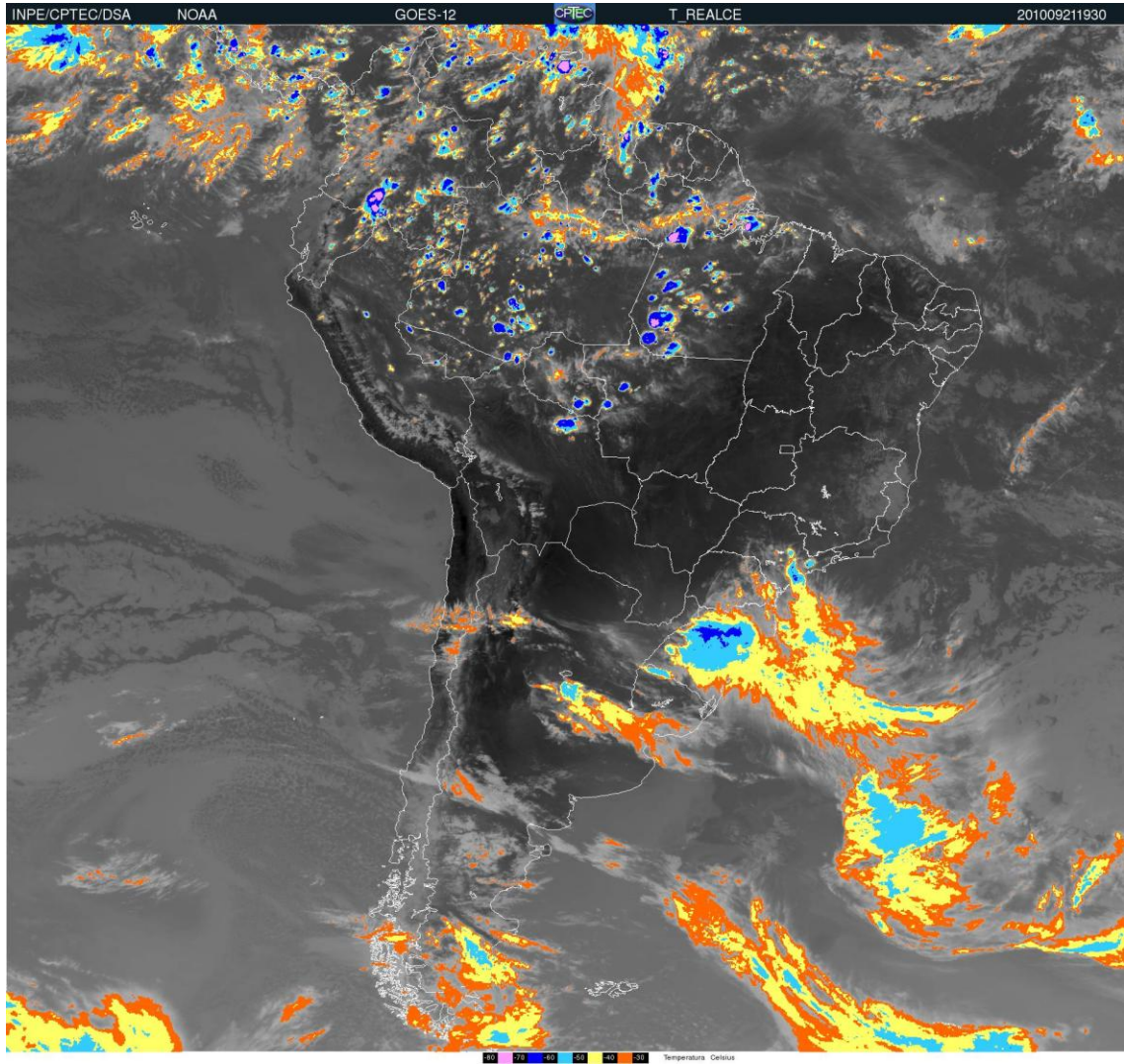


Fonte: CPTEC/INPE (2011).

Na Figura 27, pode-se observar muita nebulosidade na região sul, isto se deve pela instabilidade ainda presente. Em São Paulo, formou-se uma nuvem convectiva, com grande desenvolvimento vertical e baixa temperatura, inferior a -60°C . Acrescentando isso a grande umidade e forte evaporação, criou-se um cenário perfeito para a formação de granizo. A nuvem convectiva se situou no norte e nordeste da cidade de São Paulo e cidades vizinhas.

“Nota-se também nuvens convectivas no sul de SP, que está associada a forte divergência em altitude e de um cavado em 500 hPa” (SOUZA, 2010, p.1).

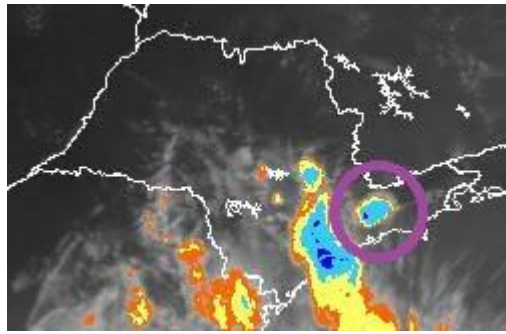
Figura 27 - Imagem do satélite GOES-12 em: 21/set/2010 – 19h30 UTC.



Fonte: CPTEC/INPE (2011).

A Figura 28 mostra com mais detalhes a imagem das 19h30 UTC e destaca a nuvem convectiva que produziu o fenomeno.

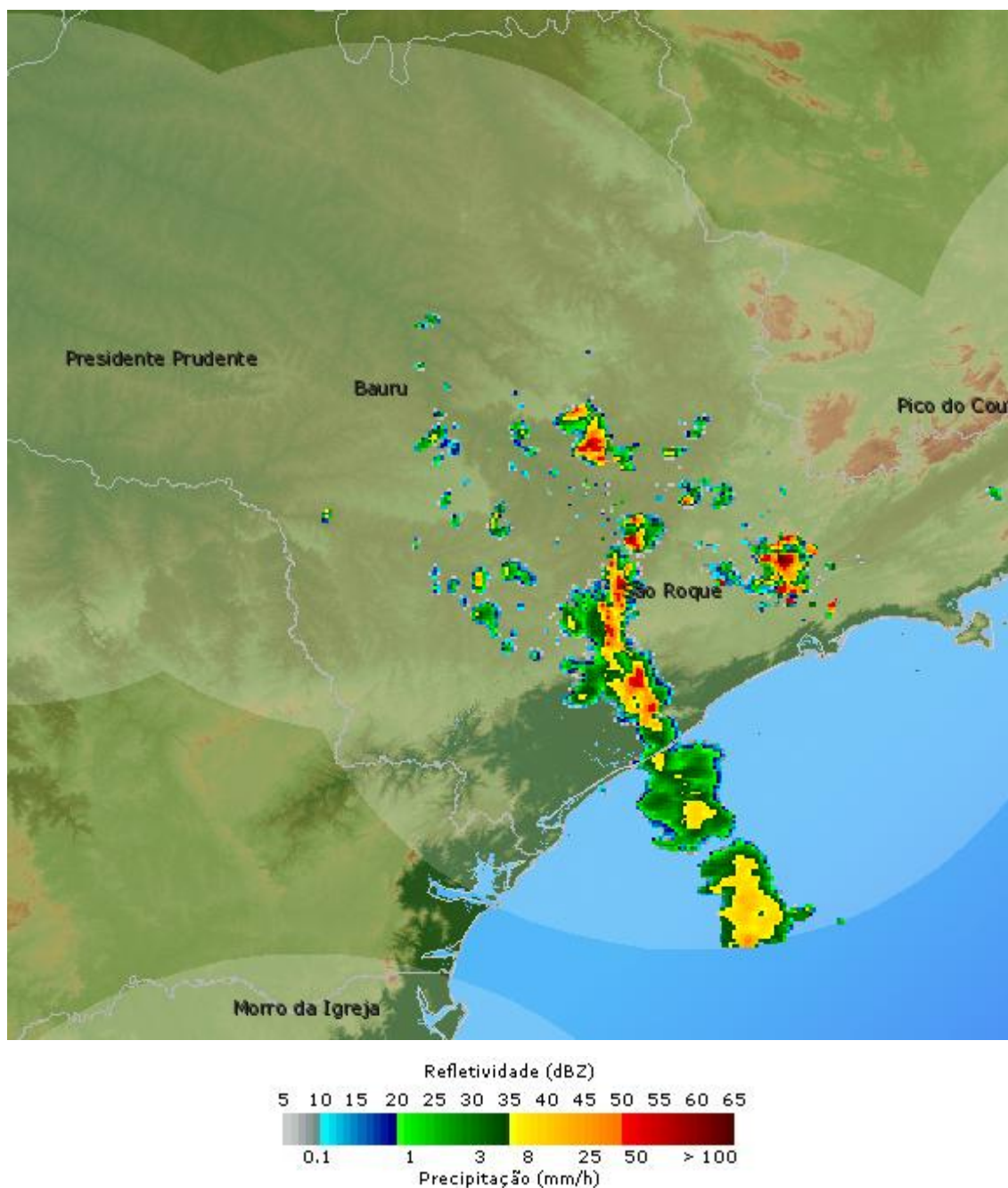
Figura 28 - Imagem do satélite GOES-12 em: 21/set/2010 – 19h30 UTC, destacando São Paulo.



Fonte: CPTEC/INPE (2011).

Relacionando as imagens de satélite do momento da ocorrência do fenômeno com a imagem de precipitação por radar (Figura 29), nota-se que também houve grande volume de chuvas, mais de 50 mm/h. A refletividade chegou nos 65 dBZ, o que é um forte indício da presença de granizo.

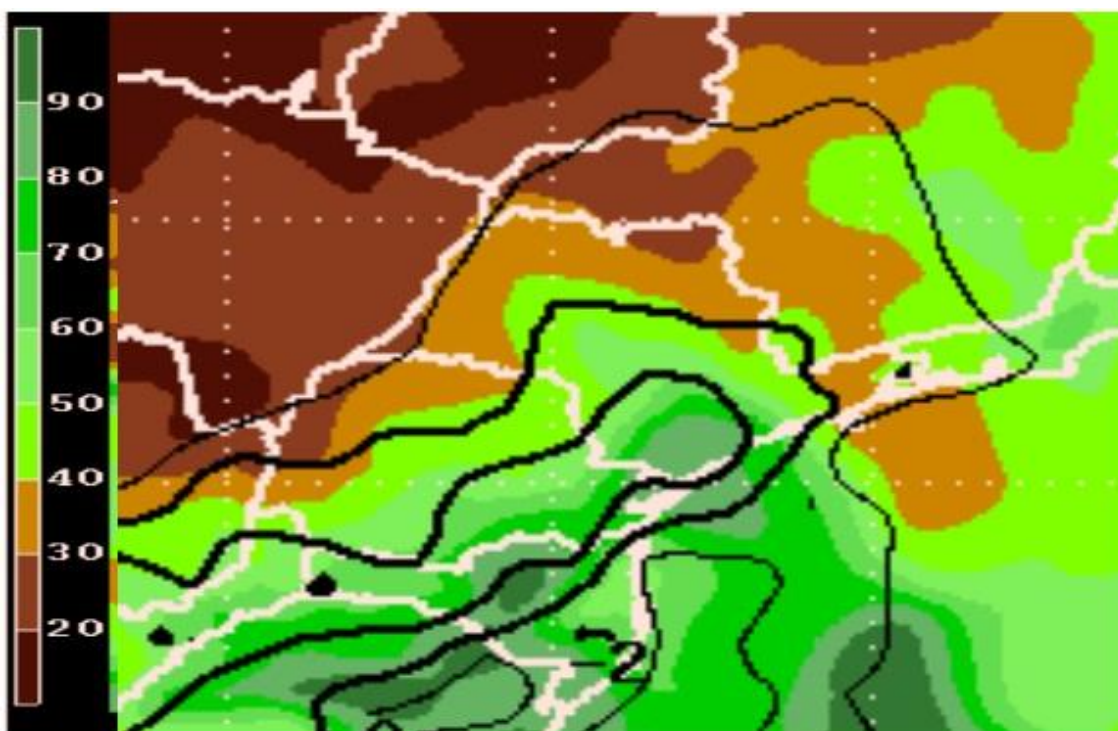
Figura 29 - Imagem do radar meteorológico de São Roque em 21/set/2010 – 19h30 UTC.



Fonte: CPTEC/INPE (2011).

Na tarde do dia 21/09 a temperatura em superfície, em torno de 29°C, estava bastante elevada na região, também a umidade do ar tinha alcançado valores maiores do que nos dias anteriores. Na Figura 30 “pode ser notado como a atmosfera estava instável na carta das 18Z, pois o LIFTED tinha valores de -2 na região e havia umidade de pelo menos 70% na camada entre 850 hPa e 500 hPa” (SOUZA, 2010, p.2).

Figura 30 – Lifted (contorno) e umidade relativa média na camada entre 850 hPa e 500 hPa (sombreado) às 18Z do dia 21/09/2010.



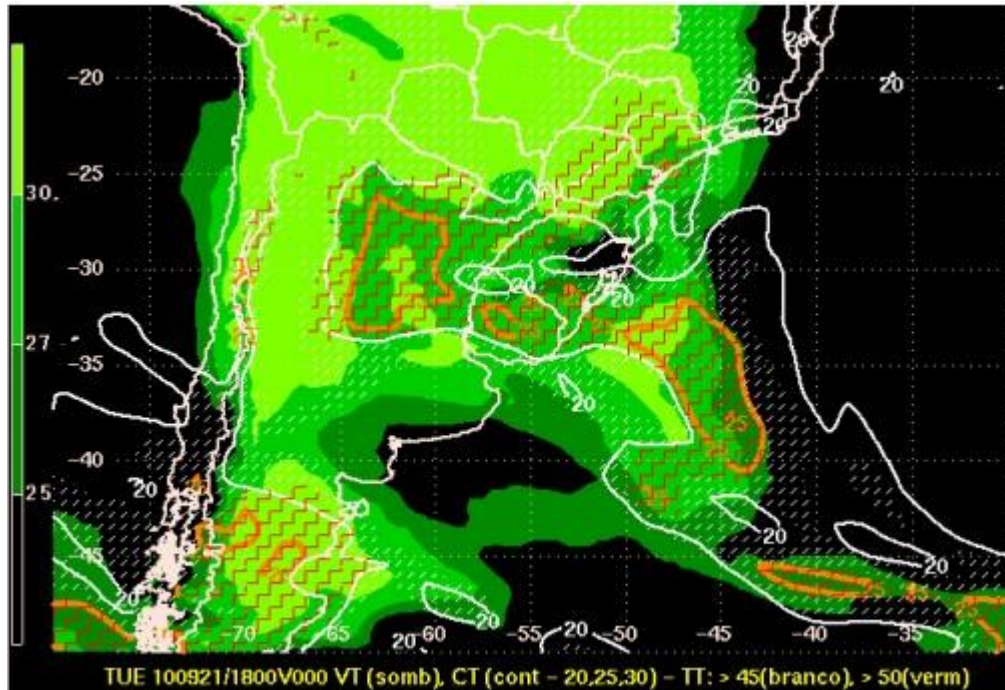
Fonte: SOUZA (2010).

Na Figura 31 há índices de instabilidade que explicam o padrão termodinâmico de como o ar está se comportando na atmosfera. De acordo com Souza:

O índice vertical total varia entre 27 e 30, valores significativos, que indicam instabilidade do ar está associada à altas temperaturas na camada mais baixa da troposfera e/ou temperaturas relativamente mais baixas na camada média da troposfera (500 hPa). (SOUZA, 2010, p. 3)

Assim, pode haver instabilidade atmosférica tanto por causa de altas temperaturas nas baixas camadas quanto pelas temperaturas menores na média troposfera, ou seja, tanto por baixo quanto por cima. Esta situação pode intensificar o movimento de ar ascendente, essencial para a formação de tempestades e granizo. “O índice total é maior do que 50, o que leva a uma condição de atividade convectiva extremamente associada a ocorrência de tormentas muito fortes” (SOUZA, 2010, p. 3).

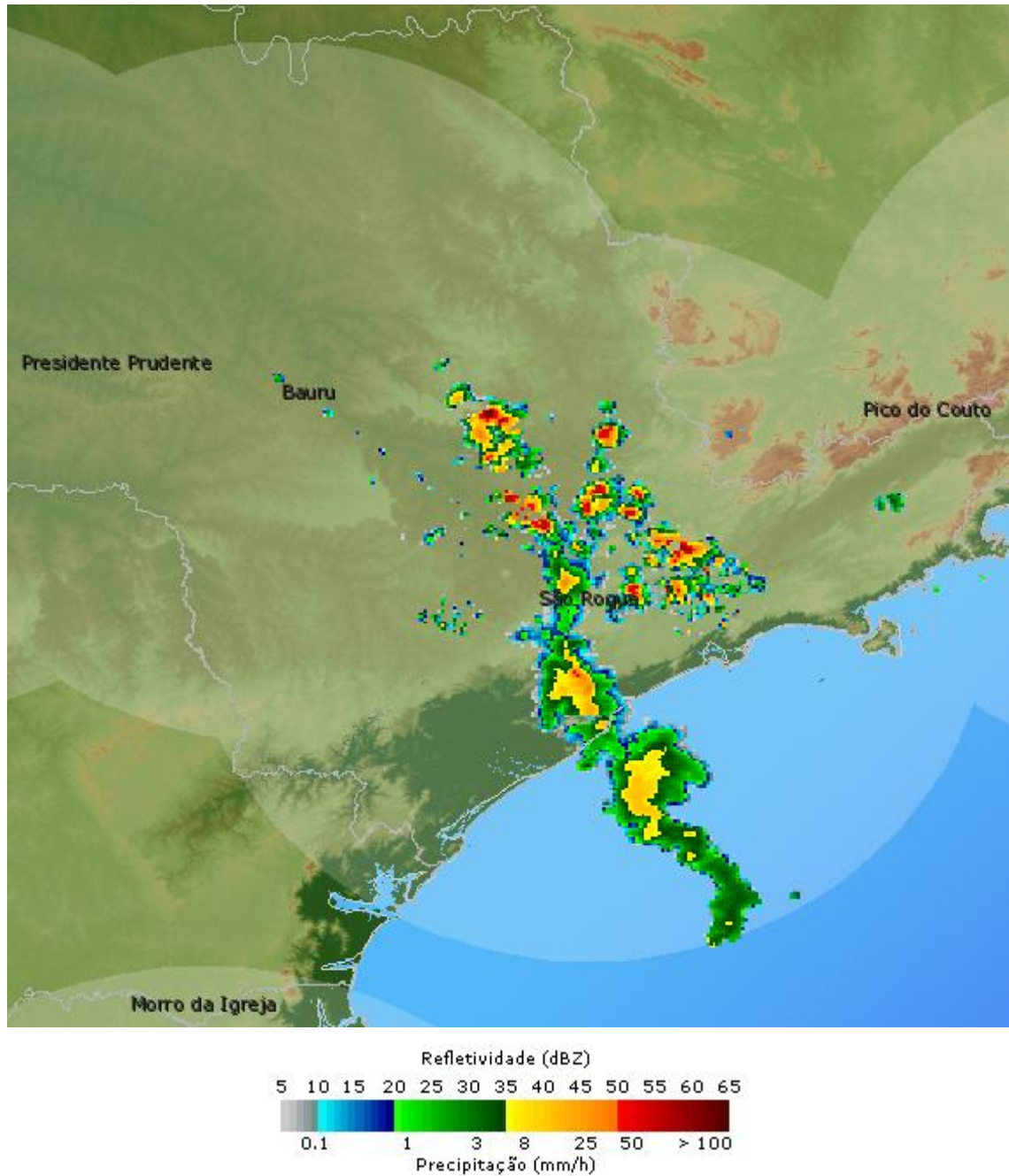
Figura 31 – Índices: vertical total (sombreado), cross total (linha contínua) e total total maior do que 50 vermelho e maior do que 45 branco às 18Z do dia 21/09/2010.



Fonte: SOUZA (2010).

Apesar da precipitação de granizo ter cessado, as chuvas fortes e os ventos continuaram e causaram prejuízos a região afetada. A Figura 32 mostra que a precipitação ainda era alta, em até 50 mm/h em algumas áreas. Mas nota-se que a tempestade vai se dissipando da região metropolitana de São Paulo.

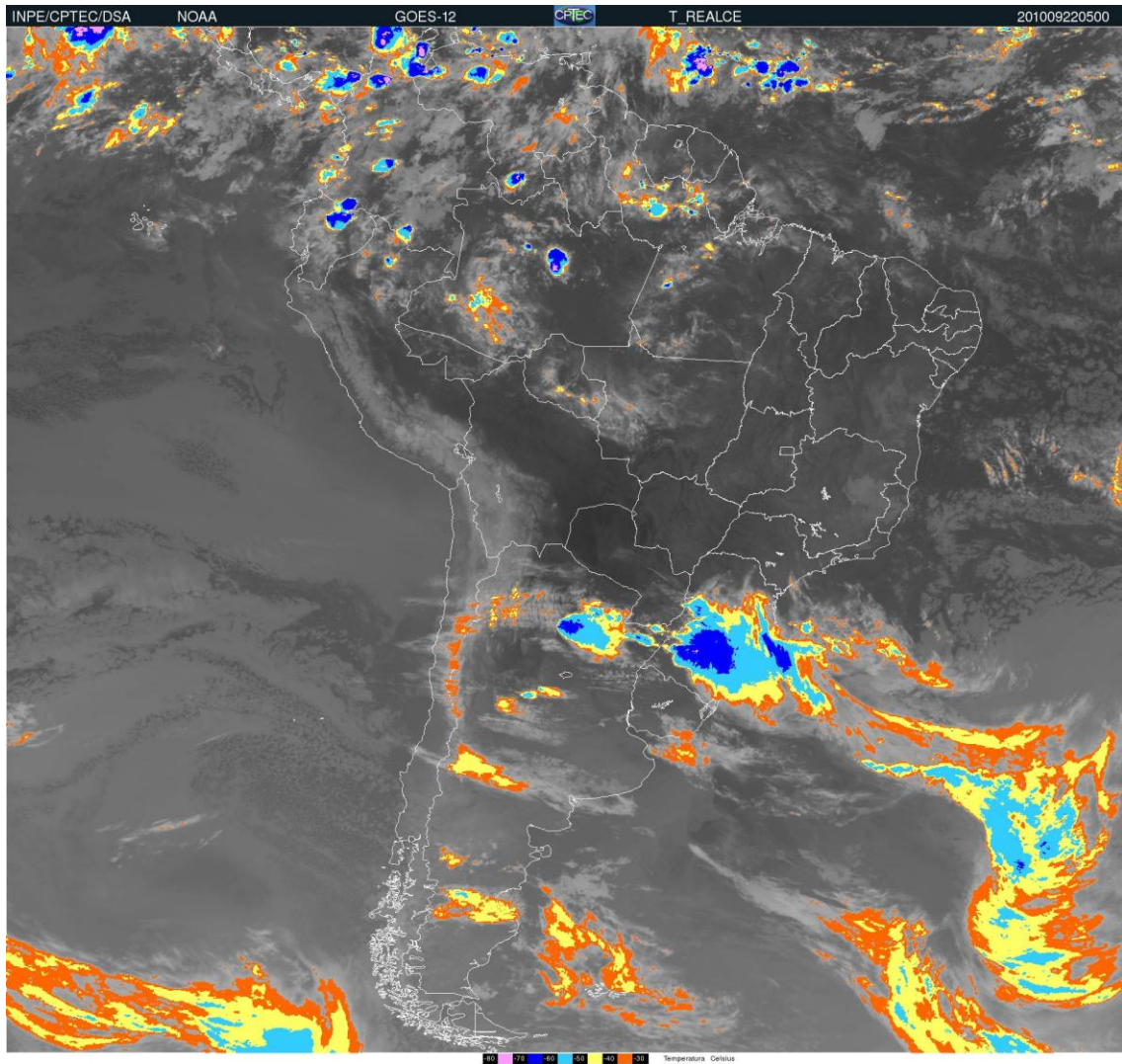
Figura 32 - Imagem do radar meteorológico de São Roque em 21/set/2010 – 20h30 UTC.



Fonte: CPTEC/INPE (2011).

As 00h00 UTC a tempestade se isola e perde força e as 5h00 UTC já dissipou totalmente (Figura 33).

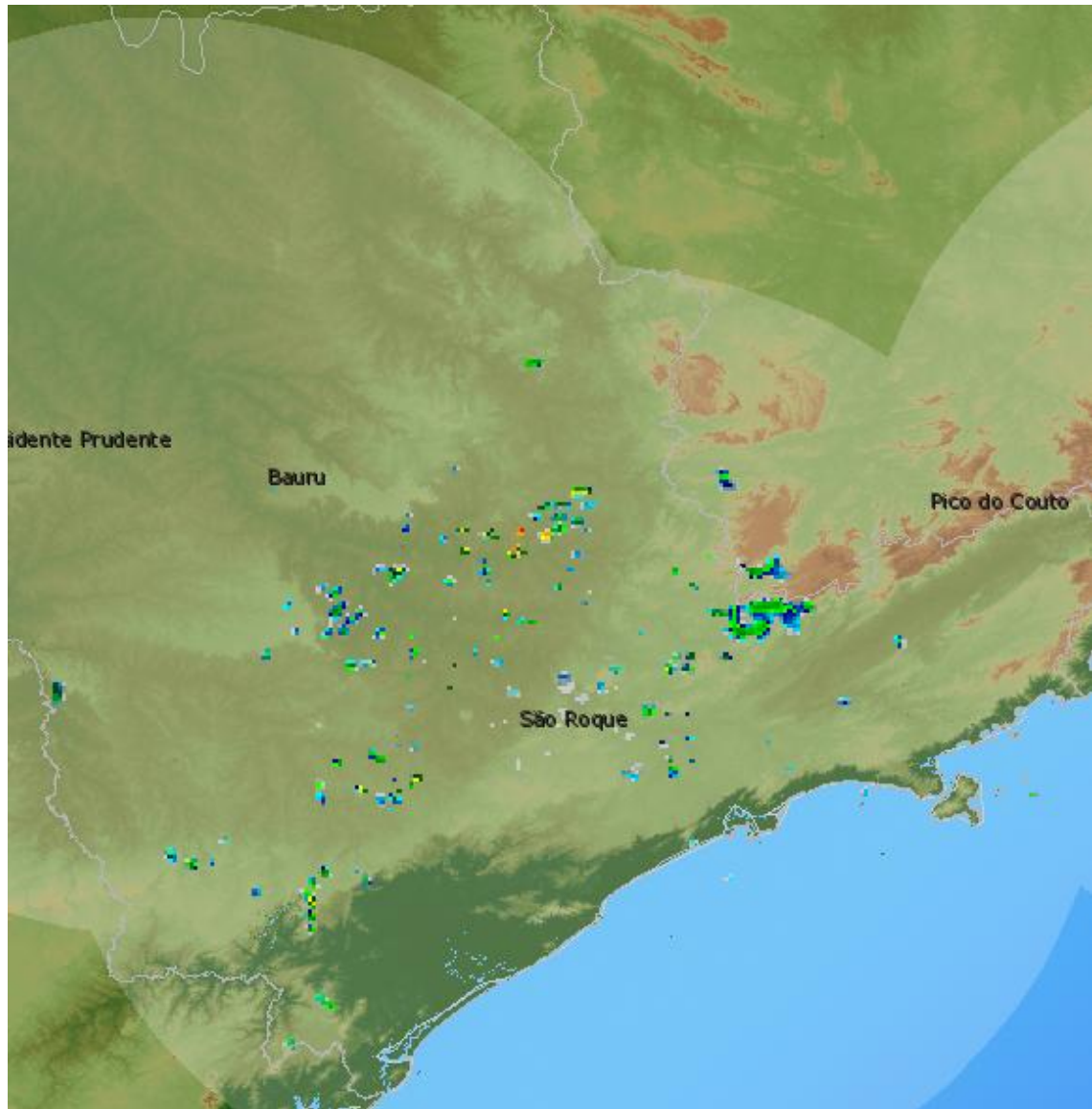
Figura 33 - Imagem do satélite GOES-12 em: 22/set/2010 – 05h00 UTC.



Fonte: CPTEC/INPE (2011).

Já a precipitação praticamente cessa em todo o estado de São Paulo em torno da 01h30 UTC do dia 22/set/2010 (Figura 34)

Figura 34: Imagem do radar meteorológico de São Roque em 22/set/2010 – 01h30 UTC.



Fonte: CPTEC/INPE (2011).

7 IMPACTOS DO GRANIZO

O granizo é um tipo de evento severo que é capaz de produzir danos pela precipitação direta. A maioria das tempestades não produz granizo, e quando produz, são granizos pequenos, que causam pouco ou nenhum dano.

A maioria dos danos causados pelo granizo se justifica pelo fato de que eles vêm acompanhados de tempestades e, portanto, associados a fortes ventos, muita chuva e até raios. Assim, quando nos referimos a prejuízos causados pelo granizo, quer dizer à tempestade como um todo e seus efeitos indiretos.

Tempestades de granizo podem causar grandes danos às propriedades urbanas e rurais. Como dito anteriormente, a maioria do granizo produzido é de pequeno tamanho, se os maiores fossem mais frequentes os prejuízos seriam muito mais significativos. Podem causar danos à agricultura, pecuária e à vida selvagem.

Quando ocorre no meio urbano pode prejudicar construções (telhados e janelas principalmente). Veículos podem sofrer danos na lataria e vidros. Quando o granizo quebra janelas ou telhados o prejuízo pode ser aumentado pela chuva e vento que entra na casa.

Dentre os efeitos indiretos da precipitação de granizo, podemos citar: enchentes, congestionamentos, queda de árvores, acidentes no trânsito, interrupção do fornecimento de energia elétrica e, eventualmente, até mortes.

A defesa civil alerta:

O granizo causa grandes prejuízos à agricultura. No Brasil, as culturas de frutas de clima temperado, como maçã, pêra, pêssego, kiwi, e a fumiicultura são as mais vulneráveis ao granizo.

Dentre os danos materiais provocados pela saraivada, os mais importantes correspondem à destruição de telhados, especialmente quando construídos com telhas de amianto ou de barro e aos floricultores.

Poderão ainda ocorrer: congestionamentos no trânsito devido ao acúmulo de gelo nas ruas, queda de árvores, destelhamentos, perda de lavoura, alagamentos, dano às redes elétricas, amassamento de latarias de veículos e quebra de vidros de veículos (Defesa Civil, 2011).

No geral, tempestades de granizo podem causar perda de produção industrial e agrícola, danos a bens móveis e imóveis, causando assim impacto negativo na economia. Transtornos a população, estresse físico ou mental, acidentes e até fatalidades. No meio ambiente pode ocorrer danos em árvores, perda de vida selvagem, especialmente com relação às aves.

A chuva de granizo que atingiu Guarulhos, no dia 21 de setembro de 2010 deixou ruas e telhados repletos de gelo. “Até mesmo um trator foi deslocado para a retirada do gelo das

ruas, que, vistas do alto, lembravam uma cidade sob neve” (G1, 2010). O site de notícias Terra destaca:

A chuva e o granizo que atingiram a região metropolitana de São Paulo causaram alagamentos e estragos na tarde desta terça-feira. Após ficar por cerca de uma hora e meia em estado de atenção, a capital voltou ao estado de observação (quando não há mudanças significativas nas condições do tempo) pelo Centro de Gerenciamento de Emergência (CGE), por volta das 19h30 (TERRA, 2010)

Na capital, segundo o site de notícias G1 (2010) as 17h45 do dia do fenômeno havia 101 km de lentidão no trânsito, índice acima da média para o dia e hora, sendo a pista expressa da Marginal Tietê a mais congestionada, com uma fila de 11 km, do Tatuapé até a Freguesia do Ó.

“Policiais militares do 15º Batalhão, em Guarulhos, receberam ao menos 300 solicitações referentes a interdições de via – seja por alagamentos, enchentes ou acidentes de trânsito com ocupação da rua – até as 18h20 desta terça-feira (21)” (R7, 2010).

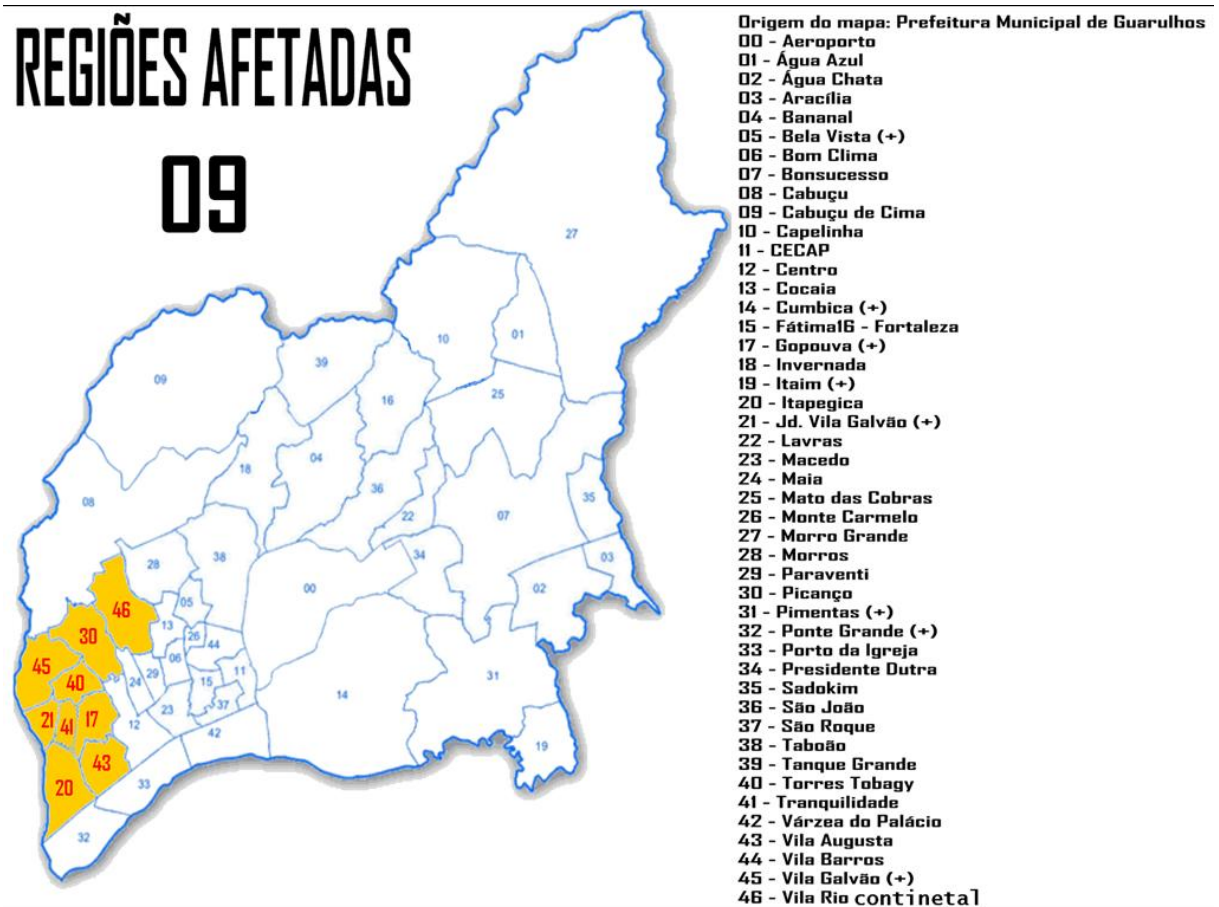
“De acordo com a corporação, foram recebidas outras 15 ligações para auxílio, os telefonemas vão desde ocorrências de mal-súbito até destelhamentos” (R7, 2010).

Segundo a Defesa Civil, foram registradas 124 ocorrências e um total de 27 bairros afetados. Essas ocorrências foram variadas: destelhamentos, comprometimento de residências, queda de árvores, acidentes de trânsito, entre outras.

O site de notícias IG (2010) informa que prefeitura municipal retirou mais de 40 caminhões de granizo das ruas da cidade e depositou na margem do rio Cabuçu no dia seguinte a chuva. Estimando que a capacidade dos caminhões da prefeitura seja ao redor de 9 metros cúbicos, pode-se dizer que a prefeitura tirou das ruas mais de 360 metros cúbicos de granizo. Ao levar em conta que o granizo foi retirado apenas nas ruas principais e ruas que foram muito afetadas, e ainda sim somente no dia seguinte, é possível concluir que o volume de granizo precipitado foi maior do que este estimado.

Os bairros mais afetados foram os destacados na Figura 35 a seguir:

Figura 35: Regiões afetadas.



Fonte: Defesa Civil de Guarulhos (2011).

A situação pode ser ilustrada com as seguintes fotos da Defesa Civil. Na Figura 36 temos moradores tirando o granizo das ruas. A Figura 37 mostra um acidente de moto causado pelo gelo no chão. As Figuras 38, 39 e 40 mostram exemplos de danos em carros, telhados e casas. A Figura 41 mostra uma vista aérea da situação.

Figura 36 - Moradores tirando o granizo das ruas e calçadas



Fonte: Defesa Civil de Guarulhos (2011).

Figura 37 – Acidente no trânsito



Fonte: Defesa Civil de Guarulhos (2011).

Figura 38 – Carros danificados



Fonte: Defesa Civil de Guarulhos (2011).

Figura 39 – Telhado danificado



Fonte: Defesa Civil de Guarulhos (2011).

Figura 40 – Casa afetada.



Fonte: Defesa Civil de Guarulhos (2011).

Figura 41 – Vista aérea da situação



Fonte: Defesa civil de Guarulhos (2011).

Nem a prefeitura de Guarulhos nem a mídia têm estimativas do prejuízo econômico causado por esse evento. Mas ao julgar pelas fotos e pelo número de ocorrências registradas pela Defesa Civil, Polícia e Bombeiros seguramente é possível falar de algumas centenas de milhares de reais de prejuízos.

7.1 Ações mitigadoras dos impactos das tempestades de granizo

O monitoramento adequado do tempo proporciona tempo suficiente para o preparo de ações preventivas de impactos com relação a tempestades de granizo. Quando tempestades de granizo são previstas, algumas ações são recomendadas como, por exemplo, estacionar veículos em locais cobertos. Fazendeiros devem também guardar seu maquinário agrícola em local apropriado e, se possível abrigar o gado. Fechar cortinas, persianas e janelas para reduzir a possibilidade de acidentes com vidro quebrado. E, obviamente, todas as pessoas também devem procurar locais cobertos.

A Defesa Civil (2010) orienta: abrigar-se da chuva torrencial que poderá acompanhar ao granizo e causar inundações; não abrigar-se debaixo de árvores, pois há riscos de quedas; não abrigar-se em frágeis coberturas metálicas; não estacionar veículos próximos a torres de transmissão e placas de propaganda, pois estas estarão sob influência de ventos fortes e evitar engarrafamentos em ruas e avenidas que foram afetadas pela chuva de granizo.

Somente após a tempestade que se aconselha sair do abrigo para checar se houve algum prejuízo. Com especial atenção aos telhados e janelas, que devem ser reparados ou substituídos o mais rápido possível.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A precipitação de granizo, assim como todos os outros tipos de eventos severos são acontecimentos naturais e possuem uma frequência regular, dentro das características de cada tipo de clima.

Ou seja, esses tipos de eventos são passíveis de serem previstos com relativa antecedência, ou pelo menos deveriam ser. Os estudos climatológicos juntamente com as redes meteorológicas são capazes de anteverem tais fenômenos e dar tempo para a sociedade se preparar, e assim diminuir os impactos. A regularidade no acontecimento desses eventos também dá a chance das corporações de socorro estar preparadas para o auxílio às pessoas. Por isso são muito importantes os investimentos nos equipamentos meteorológicos, para formar uma rede de previsão de tempo eficiente.

A sociedade, o planejamento urbano principalmente, deve se adequar ao clima para evitar acidentes e não o contrário. O crescimento das cidades deve levar em conta que estamos sob influência de um clima onde há grande precipitação em parte do ano, com a possibilidade de tornados e granizos, e em outra parte do ano há baixa precipitação e umidade. Enchentes e desabamentos deveriam causar menos impactos devido à relativa facilidade de previsão.

No caso específico estudado, o calor, a baixa pressão juntamente com a grande umidade do ar criou as condições perfeitas para o desenvolvimento de nuvens cumulonimbus. E fortes correntes de ar ascendentes formaram uma enorme quantidade de granizo na nuvem, que devido às condições favoráveis chegou ao solo ainda em grande quantidade. Ressalta-se que as imagens de satélite e de radar meteorológicos são ótimas ferramentas para a análise do ocorrido.

Ao analisar os impactos diretos e indiretos causados pela precipitação de granizo é possível dizer que foram grandes, apesar de não haver um número preciso de prejuízo. Um total de 57 bairros atingidos, 124 ocorrências registradas pela Defesa Civil de Guarulhos, mais de 300 solicitações do 15º Batalhão da Polícia Militar em Guarulhos.

Houve queda de árvores, enchentes, congestionamentos, acidentes no trânsito, destelhamentos, comprometimento de residências, danos as estruturas de prédios, danos em carros que estavam nas ruas. Isto sem considerar impactos pequenos e não registrados.

Com os estudos climatológicos, investimentos na meteorologia aliados a um planejamento urbano mais eficiente é possível minimizar, ou até acabar com os impactos negativos gerados pelos eventos severos na sociedade.

REFERÊNCIAS

BERTONI, Bruno Gomez Leguizamon. **Um estudo de caso de eventos atmosféricos severos no estado de São Paulo no ano de 2005**. 2007. 68 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel) - Curso de Geografia, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista UNESP - Rio Claro, Rio Claro, 2007.

COUTO, Flavio Tiago do; FOSTER, Paulo Roberto Pelufo. Formação tornádica e granizo em Ponte Alta, SC: análise metereológica. In: WORKSHOP BRASILEIRO DE MICROMETEOROLOGIA, 6., 2009, Santa Maria. **Anais...** . Santa Maria: 2009. p. 345 - 348. Disponível em: <http://cascavel.ufsm.br/revista_ccne/ojs/index.php/cienciaenatura/article/viewFile/417/328>. Acesso em: 22 ago. 2011.

CUNHA, Gilberto R. da; PIRES, João Leonardo F.; PASINATO, Aldemir. **Uma discussão sobre o conceito de hazards e o caso do furacão/ciclone Catarina**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2004. 13 p. (Embrapa Trigo. Documentos Online; 36). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do36_1.htm>. Acesso em: 20 de set. 2011

DANIELSEN, Edwin; BLACK, Rainer; MORRIS, Donald. **Hail growth by stochastic collection in a cumulus model**. Journal Of Atmospheric Sciences, 13 jan. 1972. Disponível em: <[http://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/1520-0469\(1972\)029%3C0135%3AHGBSCI%3E2.0.CO%3B2](http://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/1520-0469(1972)029%3C0135%3AHGBSCI%3E2.0.CO%3B2)>. Acesso em: 14 ago. 2011.

DEFESA CIVIL. **Recomendações na ocorrência de granizo**. Disponível em: <<http://www.defesacivil.gov.br/desastres/recomendacoes/granizo.asp>>. Acesso em: 13 set. 2011.

DIAS, Maria Assunção Faus Da Silva. Sistemas de mesoescala e previsão de tempo a curto prazo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José Dos Campos, v. 2, n. , p.133-150, 24 out. 1987. Disponível em: <www.rbmet.org.br/port/revista/revista_dl.php?id_artigo=391...>. Acesso em: 02 out. 2011.

DIAS, Maria Assunção F. Silva. **Índices de instabilidade para previsão de chuva e tempestades severas**. Disponível em: <<http://www.master.iag.usp.br/ensino/indices.pdf>>. Acesso em: 7 set. 2011.

FARIAS, José Felipe da Silva; OLIVEIRA, Ianuska Ramos. Estudo de caso: análise do evento de chuva de granizo ocorrido em 15 de novembro de 2010 no rio grande do sul. In: ENCONTRO SUL-BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, Não use números Romanos ou letras, use somente números Arábicos., 2011, Pelotas. **Anais...** . Pelotas: 2011. Disponível em: <http://wp.ufpel.edu.br/meteoro/files/2011/05/josefelipe_farias_1.pdf>. Acesso em: 06 out. 2011.

FERREIRA, Arthur Gonçalves. **Meteorologia Prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2006. 188 p.

FOOTE, G, BRANT. **A study of hail growth utilizing observed storm conditions**. Journal Of Climate And Applied Meteorology, 21 out. 1983. Disponível em: <[http://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/1520-0450\(1984\)023%3C0084%3AASOHGU%3E2.0.CO%3B2](http://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/1520-0450(1984)023%3C0084%3AASOHGU%3E2.0.CO%3B2)>. Acesso em: 05 set. 2011.

FRAGOSO, Marcelo. A utilização de imagens de radar meteorológico em climatologia. **Finisterra: Revista Portuguesa de Geografia**, Lisboa, v. 61, n. 31, p.29-42, 19 jun. 1996. Disponível em: <http://www.ceg.ul.pt/finisterra/numeros/1996-61/61_02.pdf>. Acesso em: 08 set. 2011.

FREDIANI, Maria Eugênia Baruzzi. **Tempestades Severas**. Universidade de São Paulo (USP). Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Departamento de Ciências Atmosféricas. Master, 2008. Disponível em: <http://www.master.iag.usp.br/ensino/Sinotica/MONOG/MARIAEUG_T.doc>. Acessado em 4 set. 2010.

GURULHOS. **Prefeitura de Guarulhos**. Disponível em: <<http://novo.guarulhos.sp.gov.br/>>. Acesso em: 08 out. 2011.

G1. **Meteorologia não descarta nova chuva de granizo em SP nesta tarde**. Disponível em: <<http://g1.globo.com/sao-paulo/noticia/2010/09/meteorologia-nao-descarta-nova-chuva-de-granizo-em-sp-nesta-tarde.html>>. Acesso em: 22 ago. 2011.

HEIDORN, Keith Clarkson. **Hail Formation**. Disponível em: <<http://www.islandnet.com/~see/weather/elements/hailform.htm>>. Acesso em: 23 ago. 2011.

HELD, Ana Maria Gomes et al. (Org.). **Curso básico de meteorologia e utilização das informações dos radares do IPMet**. Bauru-sp: Unesp/IPMet, 2010. 67 p.

IG. **Guarulhos retira das ruas 40 caminhões de gelo.** Disponível em: <<http://ultimosegundo.ig.com.br/brasil/sp/guarulhos+retira+das+ruas+40+caminhoes+de+gelo/n1237782042809.html>>. Acesso em: 22 ago. 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **IBGE Cidades.** Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 07 out. 2011.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS (INPE/CPTEC). **Banco de dados de imagens.** Disponível em: <http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/goes_antiores.jsp>. Acesso em: 15 ago. 2011.

MARCELINO, Emerson Viera. **Desastres naturais e geotecnologias:** Conceitos básicos. 2008. 38 f. Publicação Didática - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais INPE, Santa Maria, 2008. Disponível em: <<http://mtc-m18.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2008/07.02.16.22/doc/publicacao.pdf>>. Acesso em: 12 jun. 2011.

MARCELINO, Isabela Pena Viana de Oliveira. **Análise de episódios de tornados em Santa Catarina:** caracterização sinótica e mineração de dados. 2003. 222 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Sensoriamento Remoto, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais INPE, São José Dos Campos, 2010. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/pgsere/Marcelino-I-P-V-O-2003/publicacao.pdf>>. Acesso em: 03 set. 2011.

MARCELINO, Isabela Pena Viana de Oliveira; MENDONÇA, Magaly; RUDORFF, Frederico de Moraes. Ocorrências de granizo no estado de Santa Catarina. In: **Simpósio brasileiro de desastres naturais**, 1., 2004, Florianópolis. Anais... Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004, p. 795-805. (CD-ROM).

MORAES, Mariana de Paula Costa; NERY, Jonas Teixeira. **Análise subjetiva de eventos meteorológicos através do radar meteorológico.** Disponível em: <http://www.geo.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos_completos/eixo4/015.pdf>. Acesso em: 25 set. 2011.

NASCIMENTO, Ernani de Lima. Previsão de tempestades severas utilizando-se parâmetros convectivos e modelos de mesoescala: uma estratégia operacional adotável no Brasil? **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José Dos Campos, v. 20, n. 1, p.121-140, 15 fev. 2005. Disponível em: <www.rbmet.org.br/port/revista/revista_dl.php?id_artigo=95>. Acesso em: 27 ago. 2011.

OMAR, Elmi El Hage et al. (Org.). **Guarulhos tem história:** questões sobre história natural, social e cultural. Guarulhos-sp: Ananda, 2008. 202 p. Disponível em: <http://guarulhostemhistoria.com.br/adm_img/biblio_2.pdf>. Acesso em: 07 out. 2011.

PEREIRA, Roberto Carlos Gomes. **Chuva de granizo em São Paulo, um estudo de caso.** Disponível em: <<http://www.cbmet.com/cbm-files/14-1949d7d6eed6591cdfa3d99fed4d19ab.pdf>>. Acesso em: 09 set. 2011.

R7. **Temporal coloca São Paulo em estado de atenção.** Disponível em: <<http://noticias.r7.com/sao-paulo/fotos/temporal-coloca-sao-paulo-em-estado-de-atencao-20100921-11.html#fotos>>. Acesso em: 22 ago. 2011.

SOUZA, Luiz Kondraski de. **Forte queda de granizo em Guarulhos- sp no dia 21/09/2010:** análise sinótica do evento. Disponível em: <<http://www7.cptec.inpe.br/~rupload/arquivo/GRUGRA21092010.pdf>>. Acesso em: 18 out. 2011.

TERRA. **Chuva e granizo causam alagamentos e estragos em São Paulo.** Disponível em: <<http://noticias.terra.com.br/brasil/noticias/0,,OI4690279-EI8139,00-Chuva+e+granizo+causam+alagamentos+e+estragos+em+Sao+Paulo.html>>. Acesso em: 22 ago. 2011.

XU, Jia-liu. **Hail Growth in a Three-Dimensional Cloud Model.** Disponível em: <<http://adsabs.harvard.edu/abs/1983JAtS...40..185X>>. Acesso em: 01 ago. 2011.