



# Caracterização das ocorrências de precipitação de granizo e seus impactos socioeconômicos no estado do Paraná

Nathan Felipe da Silva Caldana<sup>1(\*)</sup>, Glauco Marighella Ferreira da Silva<sup>2</sup>, Alan Carlos Martelócio<sup>3</sup>, Pablo Ricardo Nitsche<sup>3</sup> e Paulo Henrique Caramori<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Londrina. Av. dos Pioneiros, 3131, Jardim Morumbi, CEP 86036-370 Londrina, PR.

E-mail: [nathancaldana@gmail.com](mailto:nathancaldana@gmail.com)

<sup>2</sup>Universidade Federal do Paraná. Rua XV de Novembro, 1299, Centro, CEP 80060-000 Curitiba, PR. E-mail: [glauco@catenaterritorial.com](mailto:glauco@catenaterritorial.com)

<sup>3</sup>Instituto Agronômico do Paraná. Rodovia Celso Garcia Cid, 375, Conjunto Ernani Moura Lima II, CEP 86047-902 Londrina, PR.

E-mails: [amartelocio@agronomo.eng.br](mailto:amartelocio@agronomo.eng.br), [pablo@iapar.br](mailto:pablo@iapar.br) e [pcaramori@gmail.com](mailto:pcaramori@gmail.com)

(\*)Autor para correspondência.

## INFORMAÇÕES

### História do artigo:

Recebido em 4 de março de 2019

Aceito em 11 de março de 2020

### Termos para indexação:

eventos extremos

risco climático

vulnerabilidade

agricultura

## RESUMO

Precipitação de granizo é um evento extremo caracterizado por precipitação de água em estado sólido, com alta capacidade destrutiva tanto no meio rural quanto no urbano, gerando prejuízos. O Estado do Paraná, localizado predominantemente em zona subtropical e de transição climática, é frequentemente atingido por esse fenômeno. O objetivo deste trabalho foi caracterizar as ocorrências de granizo e os impactos no Estado do Paraná, correlacionando a formação deste evento danoso para as práticas e atividades humanas com os elementos e fatores climáticos (precipitação pluviométrica, temperatura e a hipsometria). Foram utilizadas quatro fontes distintas de dados: estações agrometeorológicas, jornais regionais, imagens de satélite e relatórios de ocorrências, danos e situações de emergência da Defesa Civil. Verificou-se que todo o Estado é afetado pelos eventos e as regiões mais propícias são Centro-sul, Oeste, Sul e Sudoeste, as quais também são as regiões com maiores números de casas danificadas e pessoas afetadas. A altitude, a latitude e o deslocamento preferencial dos sistemas meteorológicos foram elementos fundamentais na interpretação dos mapas de espacialização das ocorrências, uma vez que, os municípios mais ao Sul do Estado e com altitudes acima de 700 m e/ou rápida ascensão altimétrica se mostraram mais propícios à incidência de granizo. Ao todo foram 950.000 pessoas com algum tipo de dano, 41.234 casas danificadas e 375 destruídas em 17 anos de análise.

© 2020 SBAgro. Todos os direitos reservados.

## Introdução

Eventos climáticos extremos têm grande relevância para a climatologia e agrometeorologia. Suas estimativas probabilísticas são imprescindíveis para o planejamento e

desenvolvimento das atividades sujeitas a seus efeitos adversos, especialmente as edificações e agricultura. Diversos estudos são realizados em todo o mundo para identificar a frequência e forma de mitigar os impactos das precipitações de granizo (Sura, 2011; Mitchell, 2013; Jahn, 2015;

Johansson et al., 2015; Boansi et al., 2017; Sillmann et al., 2017; Mäkinen et al., 2018; Pineda & Willems, 2018; Servino et al., 2018; Wang et al., 2018; Ziolkowska, 2018; Caldana et al., 2019c; Caldana & Martelócio, 2019).

Apesar dos recentes avanços tecnológicos e científicos, as condições de tempo e clima ainda são as mais importantes na produção agrícola. Os prejuízos decorrentes de eventos meteorológicos como secas, excessos de chuvas, geadas e granizo podem ser parciais ou totais, com frequência variável por região e época do ano. Na agricultura mundial, estima-se que a variabilidade da produção é afetada em até 80% pelas condições meteorológicas (Caramori et al., 2001; Caramori et al., 2008; Caramori et al., 2016; Caldana et al., 2018; Caldana et al., 2019a). Sempre que há ocorrência de granizo, as perdas econômicas são visíveis no campo. Com o evento, as plantas expostas aos danos ocasionados pelo evento extremo do impacto do granizo podem sofrer danos nas estruturas vegetativas, florais e frutos, podendo também em muitos casos, haver o acamamento das plantas (Finger & Lehmann, 2012; Agovino et al., 2018; Gelcer et al., 2018; Michler et al., 2018).

A formação do granizo ocorre a partir de instabilidades atmosféricas. Sua ocorrência está relacionada a eventos localizados, uma vez que as células de precipitação estão limitadas a incidência de nuvens do tipo Cumulonimbus. O granizo possui solidificação extremamente rápida por meio da sublimação, em que ocorre a passagem do estado gasoso diretamente para o sólido. Sua formação acontece na parte superior da nuvem, onde a temperatura é menor, favorecendo a transformação de gotículas de água em partículas de gelo com diâmetro que pode variar de 0,5 a 20 cm (Martinez et al., 2002; Amarante, 2009). Seus principais meios de formação são por sistemas convectivos, instabilidades causadas por passagem de frentes frias ou, em maior escala, pelos Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM) (Marcelino et al., 2006; Klanovicz, 2013; Middleton & Mcwaters, 2002; Punge & Kunz, 2016; Blamey et al., 2017; Jin et al., 2018; Prein & Holland, 2018).

Diversas pesquisas demonstram como são impactantes os efeitos da precipitação de granizo em culturas agrícolas, construções, veículos automotivos e na biodiversidade (Kreuz et al., 2002; Niall & Walsh, 2005; Amarante et al., 2009; Viana et al., 2009; Allen et al., 2011; Hand & Cappelluti, 2011; Silva et al., 2012; Mezher, 2012; Klanovicz, 2013; DOLATI et al., 2014; Mohr et al., 2015; Punge & Kunz, 2016; Martins et al., 2017; Blamey et al., 2017; Jim et al., 2017; Punge et al., 2017; Sanchez et al., 2017; Capozzi et al., 2018; Prein & Holland, 2018; Trefalt et al., 2018; Caldana et al., 2019a; Caldana et al., 2019b). Como se trata, normalmente, de um evento local, a medição das ocorrências de granizo é dificultada pela densidade insuficiente de estações meteorológicas para detectar este fenômeno. Muitos eventos são ignorados ou não detectados pelo observador meteorológico,

demandando assim, diversas fontes para a detecção da sua formação e frequência (Silva et al., 2012; Mohr et al., 2015; Blair et al., 2017; Cecil & Blankenship, 2012; Martins et al., 2017; Caldana et al., 2019a).

O objetivo deste trabalho foi caracterizar as ocorrências de granizo e os impactos no Estado do Paraná, correlacionando a formação deste evento danoso para as práticas e atividades humanas com os elementos e fatores climáticos (precipitação pluviométrica, temperatura e a hipsometria). Visando fornecer suporte para adoção de medidas preventivas e tomadas de decisão no combate a esse fenômeno.

## Material e Métodos

### Área de estudo

O Estado do Paraná (Figura 1) tem 11.348.937 habitantes (IBGE, 2019). Possui uma importante área de produção agrícola para o cenário nacional e internacional (De Lima et al., 2006), demonstrando a importância de estudos das variáveis meteorológicas. A região, conforme classificação climática de Köppen, possui grande parte de sua área com clima “Cfa” (subtropical, sem estação seca e verão quente), compreendendo áreas nas regiões norte, oeste, sudoeste e litoral. Enquanto nas porções sul, centro-sul e sudeste predomina o clima “Cfb” (subtropical, sem estação seca e verão fresco) (IAPAR, 2019). O relevo do Estado possui variação de 0 m no litoral 1.877 m no Pico Paraná (Figura 1).

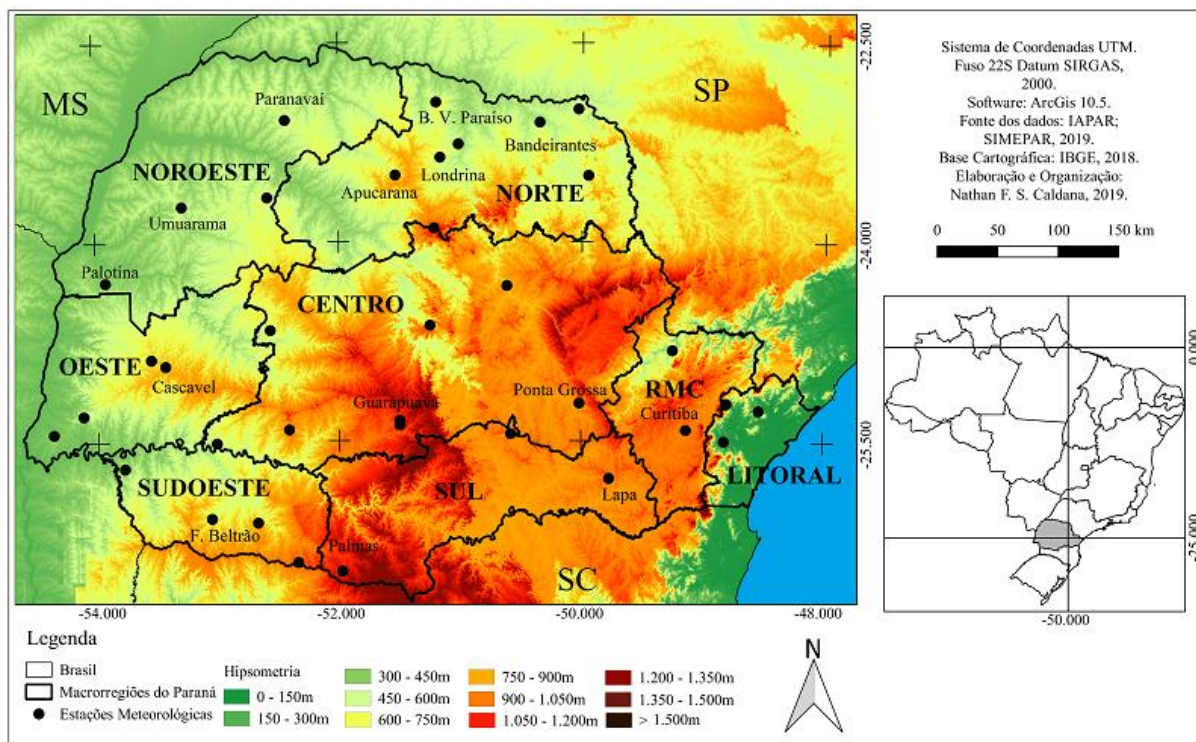
### Procedimentos metodológicos

Para a interpolação dos dados diários pluviométricos, de temperatura e granizo foram utilizados dados de 33 estações meteorológicas (Figura 1 e Tabela 1), obtidos por meio do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR).

A distribuição espacial dos dados foi realizada por interpolação com o auxílio do *software* QGIS, utilizando o método *Inverse distance weighted* (IDW). O IDW é um interpolador apropriado para a espacialização de dados pluviométricos, sendo uma ferramenta estatística fundamentada no modelo do inverso das distâncias. Este procedimento confere maior peso entre os pontos amostrados mais próximos entre si, por meio do cálculo da média ponderada dos pesos amostrais pelo inverso de suas distâncias (Mueller, 2004; Varella & Junior, 2008; Ely & Dubreuil, 2017). Os dados pontuais das estações meteorológicas foram inseridos no *software* Qgis e convertidos em um arquivo *raster* com o auxílio do interpolador IDW. Este novo arquivo gerado exibe uma superfície regular, ajustada aos dados pontuais de interesse, com pixel de resolução espacial de 1 km por 1 km.

Dados da Defesa Civil do Paraná foram utilizados como auxílio à compreensão da distribuição, frequência e danos

Figura 1. Localização das estações meteorológicas e o relevo do Estado do Paraná.



relacionados a ocorrências de granizo no Paraná. A Proteção Civil Brasileira age de acordo com a necessidade da emergência e de serviço a ser prestado às populações afetadas; a ação ocorre imediatamente após o desastre, sendo o preenchimento do relatório que descreve o fenômeno e os danos resultantes de responsabilidade da equipe enviada (Martins et al., 2017).

A obtenção dos dados por município de granizo foi feita na Defesa Civil do Paraná por meio do Relatório de Ocorrência de Tempestade local/convectiva – Granizo. Os dados coletados contêm informações quanto ao número de ocorrências, pessoas afetadas e decretos de situação de emergência e calamidade pública. A série de dados utilizados foi de 2000 a 2018. Os dados são coletados por meio relatório de ocorrências e inseridos no COBRADE - “Tempestade Local/Conectiva – Granizo”.

Notícias de jornais regionais com informações sobre tempestades de granizo foram incorporadas a esta pesquisa visando ampliar os métodos de coleta de dados e identificar um maior número de eventos e os seus principais impactos. Os jornais são fontes relevantes para aquisição de eventos meteorológicos extremos (Silva et al., 2012; Caldana et al., 2018), pois noticiam eventos de adversidades meteorológicas que causam danos sociais, econômicos e/ou ambientais. O granizo é responsável por 12% dos desastres naturais provenientes de fenômenos atmosféricos e por isso é um fenômeno constantemente noticiado (Marcelino et al., 2006). Os principais jornais consultados foram Gazeta do Povo, O Estado do Paraná, Banda B, Tribuna PR,

O Bonde, Jornal do Povo Paraná, Jornal Extra Guarapuava, Jornal A Folha do Sudoeste e Sudoeste Online. A principal vantagem da utilização de dados de jornais e dos relatórios da Defesa Civil é a identificação do fenômeno por município. O recorte temporal analisado foi de 2000 a 2018. Os dados foram plotados por municípios em mapas, com ênfase no tipo de danos e número total de casas danificadas.

O IAPAR registra a ocorrência de granizo por relatos de observadores meteorológicos, cabendo a estes o discernimento entre granizo e saraiva e a intensidade da precipitação, sendo esta última classificada como forte, média e fraca. As séries históricas das estações do IAPAR com registro de granizo abrangem o período de 1986 a 2018, com diferenças para cada estação, pois o funcionamento das mesmas não se deu de forma concomitante, além de diversas estações terem sido desativas ou instaladas nesse intervalo (Tabela 1).

Foi obtida a média de ocorrências de granizo nas estações meteorológicas, sendo o resultado plotado por meio do interpolador IDW. Além disso, criou-se um mapa com gráfico de setores, para identificar as localidades com precipitação de granizo de forte intensidade e sua frequência. O gráfico de setor é um diagrama circular em que os valores de cada categoria estatística representada são proporcionais às respectivas medidas dos ângulos (1% no gráfico de setor equivale a 3,6°). Sua principal aplicabilidade foi para visualizar a distribuição dos eventos de forte intensidade no Estado.

Por meio dessas diferentes bases de dados, foram ela-

**Tabela 1.** Períodos com registros de precipitação de granizo por estação meteorológica do IAPAR no Estado do Paraná.

Estação	Início da série	Fim da série	Total de anos
Apucarana	1986	2003	18
Bandeirantes	1986	2016	31
Bela Vista do Paraíso	1986	2015	30
Cambará	1986	2011	26
Cascavel	1986	1999	14
Cerro azul	1986	1997	12
Cianorte	1986	2001	16
Clevelândia	1986	2013	28
Fernandes Pinheiro	1986	2016	31
Francisco Beltrão	1986	2016	31
Guarapuava	1986	2016	31
Guaraqueçaba	1986	2015	30
Ibiporã	1986	2014	29
Joaquim Távora	1986	2015	30
Lapa	1989	2016	28
Laranjeiras do Sul	1986	2008	23
Londrina	1986	2016	31
Morretes	1986	2015	30
Nova Cantú	1986	2013	28
Palmas	1986	2016	31
Palotina	1986	2011	26
Paranavaí	1986	2016	31
Pato Branco	1986	2016	31
Pinhais	1986	1998	13
Planalto	1986	2015	30
Ponta Grossa	1986	2002	17
Quedas do Iguaçu	1986	1999	14
Telêmaco Borba	1986	2015	30
Umuarama	1986	2016	31

Fonte: IAPAR, 2019. Adaptado pelos autores.

borados mapas temáticos para espacializar as ocorrências e localizar as principais áreas onde ocorrem eventos de precipitação de granizo, utilizando o software de geoprocessamento Qgis 2.18.

## Resultados e Discussão

A precipitação pluviométrica no Estado do Paraná possui grandes discrepâncias. Na porção sudoeste, serrana e litorânea as alturas pluviométricas médias foram superiores a 2000 mm, enquanto nas porções extremo nordeste e Metropolitana de Curitiba os valores médios chegam até a 1500 mm. Nas regiões centro, centro-sul, sudeste, noroeste e norte-central a variação da precipitação média é de 1600 a 1900 mm.

A precipitação no Estado tem cinco principais meios de formação ou fatores meteorológicos que interferem na sua

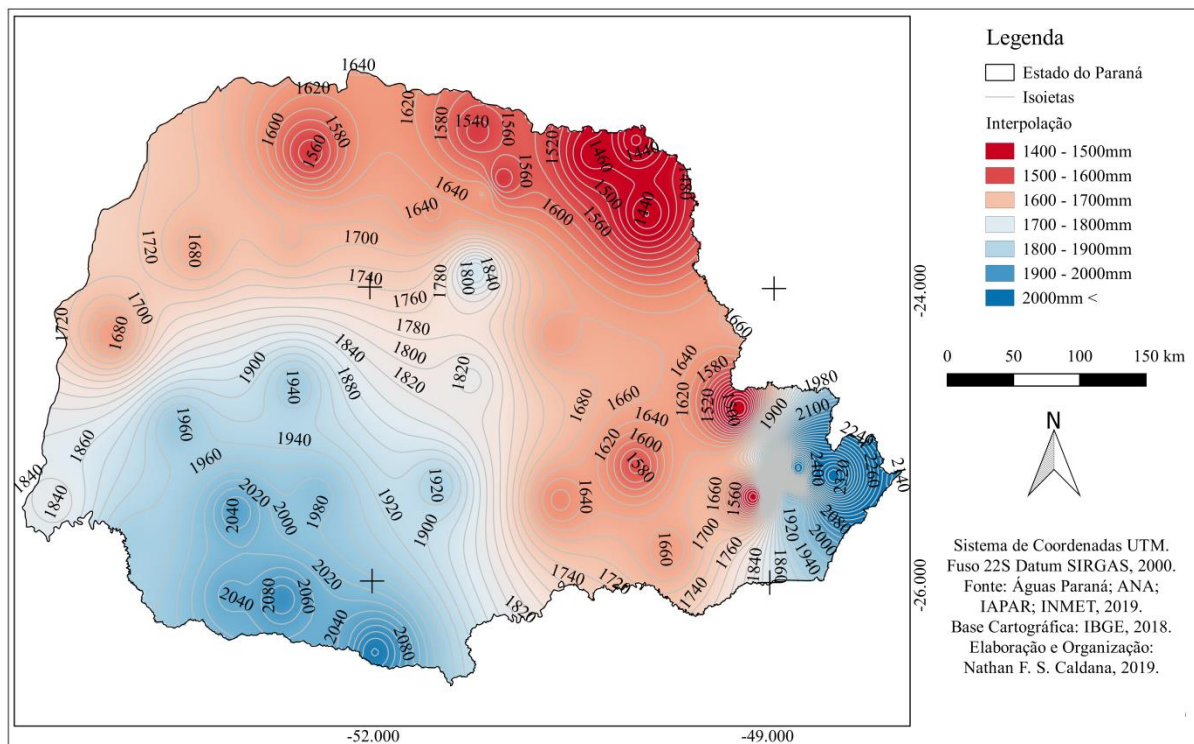
distribuição regional: a continentalidade, a maritimidade, as formas do relevo, suas altitudes e o deslocamento dos sistemas. Primeiro as frentes frias, que são caracterizadas pelo encontro da massa de ar polar com a massa de ar quente continental; com o advento da umidade geram uma forte instabilidade atmosférica, podendo levar à formação de cumulonimbus e acarretar na formação de tempestades severas, frequentemente acompanhadas de fortes rajadas de vento e de precipitação de granizo, ou ainda de chuva de intensidade fraca a moderada, mas com duração de dias, se essa vier a ser estacionária. Essas têm atuação, principalmente, no outono, inverno e início da primavera e são responsáveis pelas elevadas alturas pluviométricas nas regiões centro e sul do Estado (IAPAR, 2019; Caldana et al., 2018; Caldana et al., 2019a).

A massa de ar polar tem trajetória favorecida pela calha do Rio Paraná e posteriormente pelo Rio Iguaçu, tendo grande impacto na chuva da região. Os eventos são identificados em imagens de satélite por uma grande linha de instabilidade que avança no Estado do Paraná no sentido Sudoeste – Nordeste, e como observado, o relevo na porção sul da região possui rápida ascensão, de 200 a 900 m (Figura 1); esse choque com o relevo pode trazer mais chuva na porção mais alta da região, próximo à divisa com Santa Catarina (Holleman, 2001; Berezuk & Sant’Anna Neto, 2006; Kunz et al., 2009; Berezuk, 2017; Punge et al., 2017; Sanchez et al., 2017).

Outros dois principais meios de formação de precipitação na região são os sistemas convectivos e os complexos convectivos de mesoescala - CCM, que têm atuação durante todo o ano, mas com predomínio nas estações de primavera e verão. Os CCM são identificados em imagens de satélite pelo seu formato aproximadamente circular e por uma vasta área de abrangência de tempestades. São definidos como um aglomerado de cumulonimbus cobertos por uma densa camada de cirros, sendo ainda sistemas de nuvens convectivas, com rápido crescimento vertical e horizontal num intervalo de tempo de 6 a 12 horas. Dependendo de sua intensidade, podem criar vários núcleos com formação de tempestades e incidência de granizo. Seu deslocamento pelo Paraná é, normalmente, no sentido Oeste – Leste, advindos do Paraguai. A forma do relevo, áreas serranas e a ascensão altimétrica em curtas distâncias contribuem para elevação do ar aquecido e úmido, fortalecendo esse sistema e podendo causar mais chuvas nestas áreas. Os sistemas convectivos se diferenciam destes pela menor abrangência espacial (Holleman, 2001; Scaglioni & Saraiva, 2004; Kunz et al., 2009; Punge & Kunz, 2016; Dafis et al., 2017; Punge et al., 2017; Trefault et al., 2018; Caldana et al., 2018; Caldana et al., 2019a).

Nesse contexto, o relevo contribui para formação e intensidade do sistema convectivo, influenciando na distribuição regional desigual. A localização do Estado em área

Figura 2. Precipitação pluviométrica média anual no Estado do Paraná (1976 – 2018).



de transição climática contribui nas discrepâncias de temperatura e, conseqüentemente, de pressão, influenciando no deslocamento dos sistemas (Caramori et al., 2001; Caldana et al., 2018; Caldana et al., 2019a).

Na porção litorânea e serrana destacam-se a maritimidade e o relevo como fatores determinantes da região mais chuvosa do Estado. A combinação desses elementos, em regiões com grandes variações na altitude provocam precipitação do tipo orográfica. Dependendo da intensidade do transporte de vapor d'água a nuvem pode evoluir e dar origem a precipitações que são abrangentes na encosta a barlavento e diminuem a sota-vento; isto é observado nas discrepâncias entre a região litorânea e serrana para a Metropolitana de Curitiba, e com maior diferença ainda, em regiões de menor influência da maritimidade, como na região norte do Estado (Vanhoni & Mendonça, 2008; Jorge & Mendonça, 2009).

A temperatura do ar (Figura 3) exibe grande discrepância latitudinal, sendo as regiões mais ao sul no Estado as mais frias, com médias variando de 17,5 a 19,2 °C. As exceções dessas região são determinadas por dois fatores: 1) a maritimidade da região oceânica e a inversão de pressão diurna e noturna dinamizando a brisa marítima e continental, elementos que diminuem a amplitude térmica (Vanhoni & Mendonça, 2008; Jorge & Mendonça, 2009); 2) as regiões oeste e sudoeste, que possuem temperatura média variando de 19,7 a 21,2 °C, sendo o relevo e a hipsometria determinantes, com altitudes inferiores à porção mais fria da região sul (Figura 1).

Na região Norte do Estado, com exceção da região de Mauá da Serra, pelo fator altitude (Figura 1), todas as temperaturas médias se situam acima de 20 °C. O fator latitudinal interfere neste cenário, uma vez que, parte da região se situa ao norte do trópico de capricórnio e, novamente, destaca-se a altitude, com os maiores picos em torno de 800 m (Figura 1) observados na região de Apucarana e no contorno sul de Londrina.

A precipitação de granizo mostrou maior similaridade com os mapas de altitude e temperatura, destacando-se a porção centro-sul, sudoeste e metropolitana de Curitiba com as maiores médias (Figura 04). Nessas regiões a altitude varia de 800 a 1200 m (Figura 1), demonstrando assim que o relevo é fator determinante na formação do granizo. Ainda cabe destacar que não apenas a altitude interfere, mas também as súbitas alterações de altitude próximo à calha de rios, como no Rio Iguaçu, onde ocorre altimetria de 400 a 1200 m em curtas distâncias (Figura 01) (Caldana et al., 2018; Caldana et al., 2019a).

Com exceção de Guaraqueçaba, localizada no litoral do Estado, todas as estações registraram, em média, pelo menos uma ocorrência de granizo por ano. Os locais com menos registros (entre 1 e 2 ocorrências ao ano) foram Apucarana, Bandeirantes, Bela Vista do Paraíso, Cerro Azul, Morretes, Paranavaí e Bandeirantes, localizadas na região Norte, no Litoral ou na Metropolitana de Curitiba.

A formação de granizo no Estado do Paraná ocorre principalmente em três sistemas atmosféricos: as frentes frias, os sistemas convectivos e os complexos convectivos

Figura 3. Temperatura média anual no Estado do Paraná (1976 – 2018).

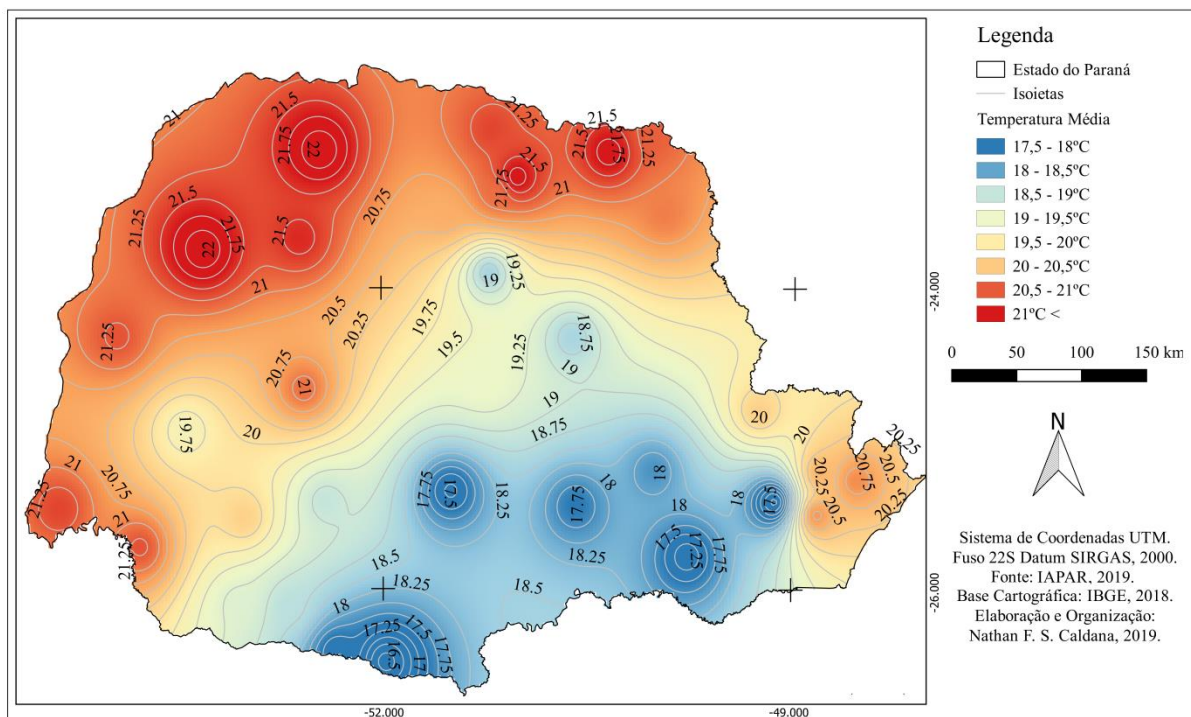
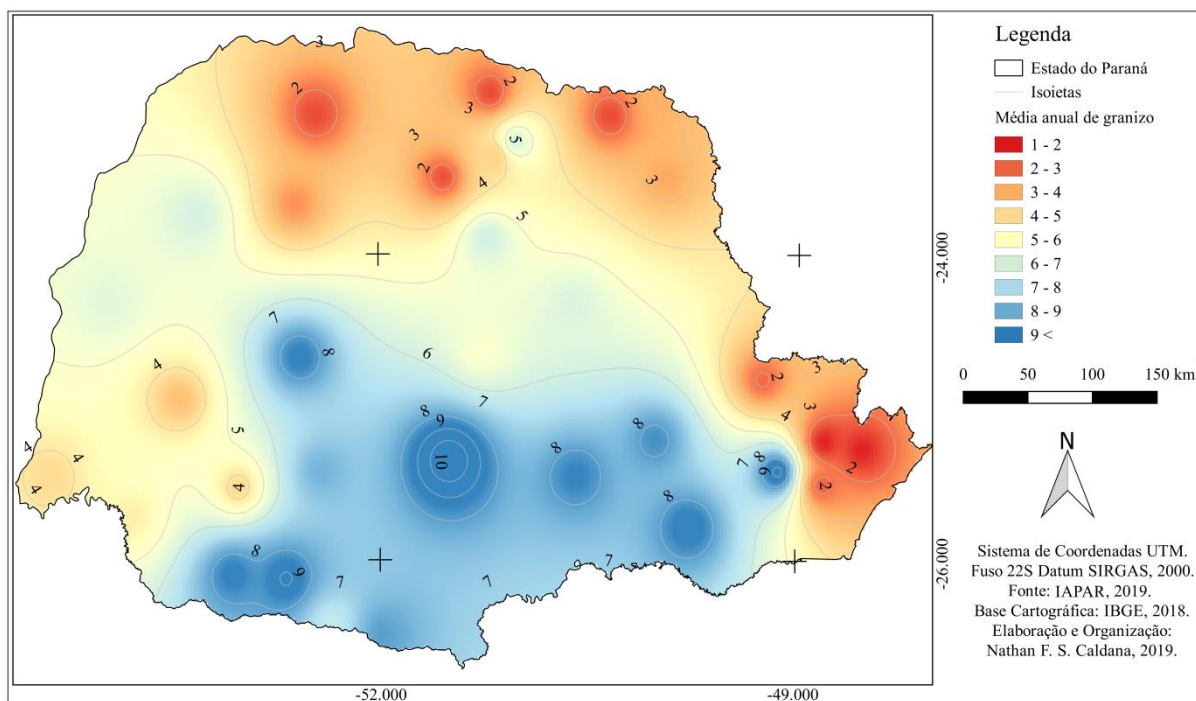


Figura 4. Precipitação de granizo média anual no Estado do Paraná (1986 – 2018).



de mesoescala (CCM) (Caldana et al., 2018; Caldana et al., 2019a; Caldana et al., 2019b). O sistema convectivo é o mais atuante na formação de granizo na região Sul do Estado do Paraná (Caldana et al., 2018; Caldana et al., 2019a; Caldana et al., 2019b). Sua maior incidência ocorre nas estações de primavera e verão, porém podendo acontecer, em menor abrangência, durante todo o ano. Os sistemas convectivos se diferenciam dos CCM pela menor abrangência espacial, formando-se pelo processo de transferência de calor por

condução, que ocorre em intensos movimentos verticais, levando ao rápido processo de condensação e a formação de Cumulonimbus (Holleman, 2001; Middleton & McWaters, 2002; Scaglioni & Saraiva, 2004; Kunz et al., 2009; Dafis et al., 2017; Trefault et al., 2018; Caldana et al., 2018; Caldana et al., 2019a; Caldana et al., 2019b).

Algumas das correlações entre esses sistemas justificam o baixo número de ocorrências no litoral paranaense. O deslocamento preferencial dos CCM (oeste-leste) e das

frentes frias (Sudoeste-Nordeste) pelo Estado do Paraná, facilitam para que os sistemas percam força até chegar no litoral, ou que ainda, o atrito com o relevo ocorra na parte a sotavento da serra do mar, até a Região Metropolitana de Curitiba. A precipitação orográfica, marcante nesta região (Vanhoni & Mendonça, 2008; Jorge & Mendonça, 2009), como mencionado anteriormente, não é tão influente na formação de tempestades de granizo (Caldana et al., 2018; Caldana et al., 2019a; Caldana et al., 2019b).

No período de 1986 a 2016 foram detectados 1.937 registros de precipitações de granizo no Estado. Em média, são 62 ocorrências por ano. Esse número é certamente maior, uma vez que várias estações meteorológicas não funcionaram em todo o período analisado. Além disso a cobertura de monitoramento de granizo do Estado é pequena, visto este ser um fenômeno atmosférico de escala local. De acordo com a avaliação dos observadores meteorológicos do fenômeno, predominam eventos de fraca intensidade (Figura 5), porém, mesmo estes podem ser danosos para a agricultura e demais práticas desenvolvidas pela sociedade.

Observou-se que algumas estações registraram grande frequência de precipitações de granizo de forte intensidade, principalmente nas estações do Oeste do Estado do Paraná. No gráfico de setores da estação de Cascavel, os eventos de forte intensidade totalizaram 50% das ocorrências, enquanto em Palotina apenas 12% foram de fraca intensidade e os de forte intensidade foram 37,5%. Em São Miguel do Iguçu os eventos de média intensidade totalizaram 75% das ocorrências. O fator que justifica esses valores é o

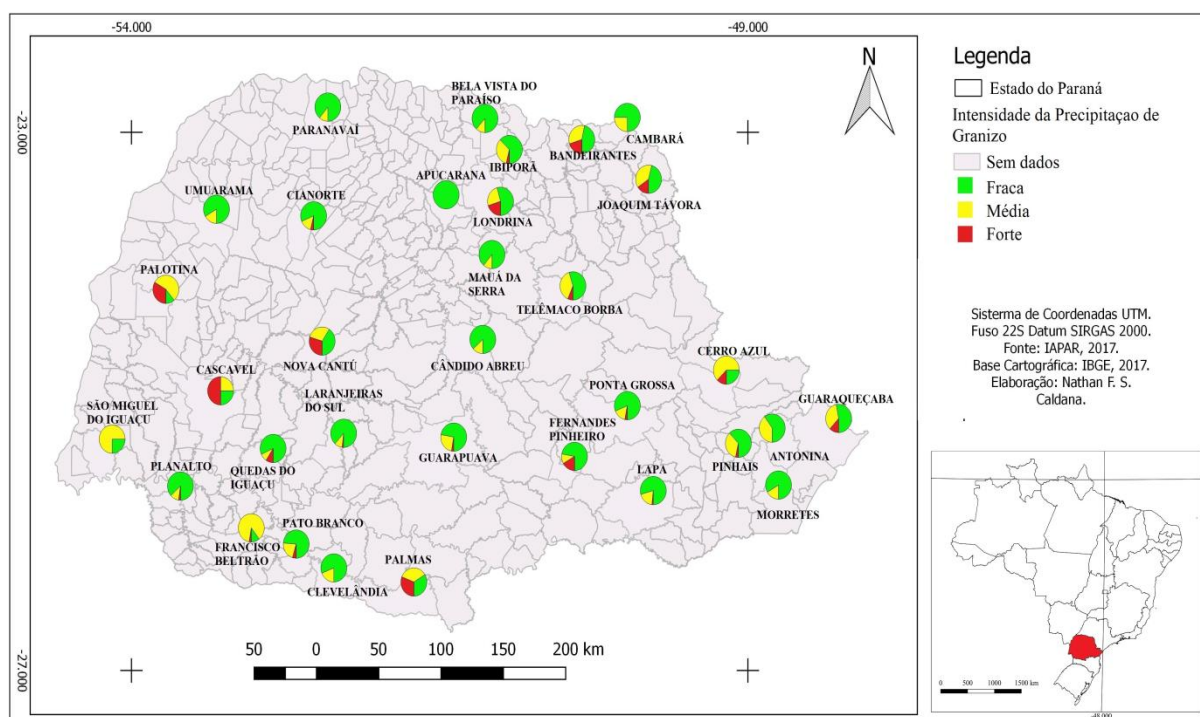
relevo, que ascende de 100-200 m na calha do Rio Paraná e atinge mais de 800 m na região de Cascavel, em uma curta distância (Figura 1).

Fora da região Oeste destacam-se, para eventos de forte intensidade, Palmas (35%), Londrina (20%), Nova Cantu (35%), Bandeirantes (20%) e Joaquim Távora (20%). Em geral, as regiões Norte, Centro, Noroeste e Metropolitana de Curitiba foram as que menos registraram eventos de forte intensidade, predominando média ou fraca.

A transformação de um evento natural em um desastre natural com implicações para a vida humana surge junto com os sistemas de atividade e o modo de vida humano. A situação de desastre natural está intimamente ligada à situação socioeconômica da população e condição de reagir a eventos naturais. Os desastres ocorrem em todo o globo, mas têm maior repercussão nos países em desenvolvimento, por suas condições econômicas e dificuldade de resposta (Alcántara-Ayala, 2002; Cidade, 2013; Caldana et al. 2018; Caldana et al. 2019a; Caldana et al. 2019b).

A precipitação de granizo é passível de gerar prejuízos, variando de acordo com a intensidade e a frequência com que ocorrem em cada região. Portanto, deve-se ter em vista ações minimizadoras dos danos de acordo com a peculiaridade regional. A busca por soluções para minimizá-los deve levar em consideração a relação entre a intensidade e consequentes prejuízos do evento com a viabilidade econômica. Para uma melhor representação gráfica e cobertura do Estado do Paraná utilizou-se o registro de ocorrências da Defesa Civil do Paraná, como pode ser observado na Figura 06. A prestação de assistência e emissão de relatório

**Figura 5.** Intensidades de precipitação de granizo com base em registros das estações meteorológicas no Estado do Paraná (1986 – 2018).



ocorre somente quando há danos para a sociedade, característicos de um evento severo (Castro, 1998; Castro, 2003; Caldana et al., 2018).

Como se pode observar, as regiões mais afetadas por granizo são: Centro Sul, Sudeste, Sudoeste, Oeste e Metropolitana de Curitiba. Destacam-se os municípios de Guarapuava, Pinhão, Cascavel, Pato Branco e Guaraniaçu, com mais de 10 eventos na média do período analisado. Todas essas regiões estão localizadas total ou parcialmente na Bacia Hidrográfica do Rio Iguaçu. Esse fato demonstra que o relevo da calha do rio pode trazer influência na formação dessas tempestades. Outro aspecto importante é a altitude variando de 750 a 1050 m nesses municípios (Figura 01).

Por meio da distribuição espacial da ocorrência de granizo no Estado é possível identificar, assim como no mapa espacial da ocorrência de granizo (estações) (Figura 04), grande concentração dos episódios no Sul do Estado, enquanto na Região Norte, boa parte não teve registros de ocorrências com danos constatadas pela Defesa Civil. Ao norte do Estado, os municípios de Ortigueira e Arapongas são os que têm maiores números de ocorrências, sendo seis e quatro respectivamente. Na Região Metropolitana de Curitiba, destaca-se São José dos Pinhais e Campo Largo com seis ocorrências.

Alguns eventos de granizo podem ser tão desastrosos que os municípios decretam situação de emergência ou de calamidade pública, evidenciando o reconhecimento le-

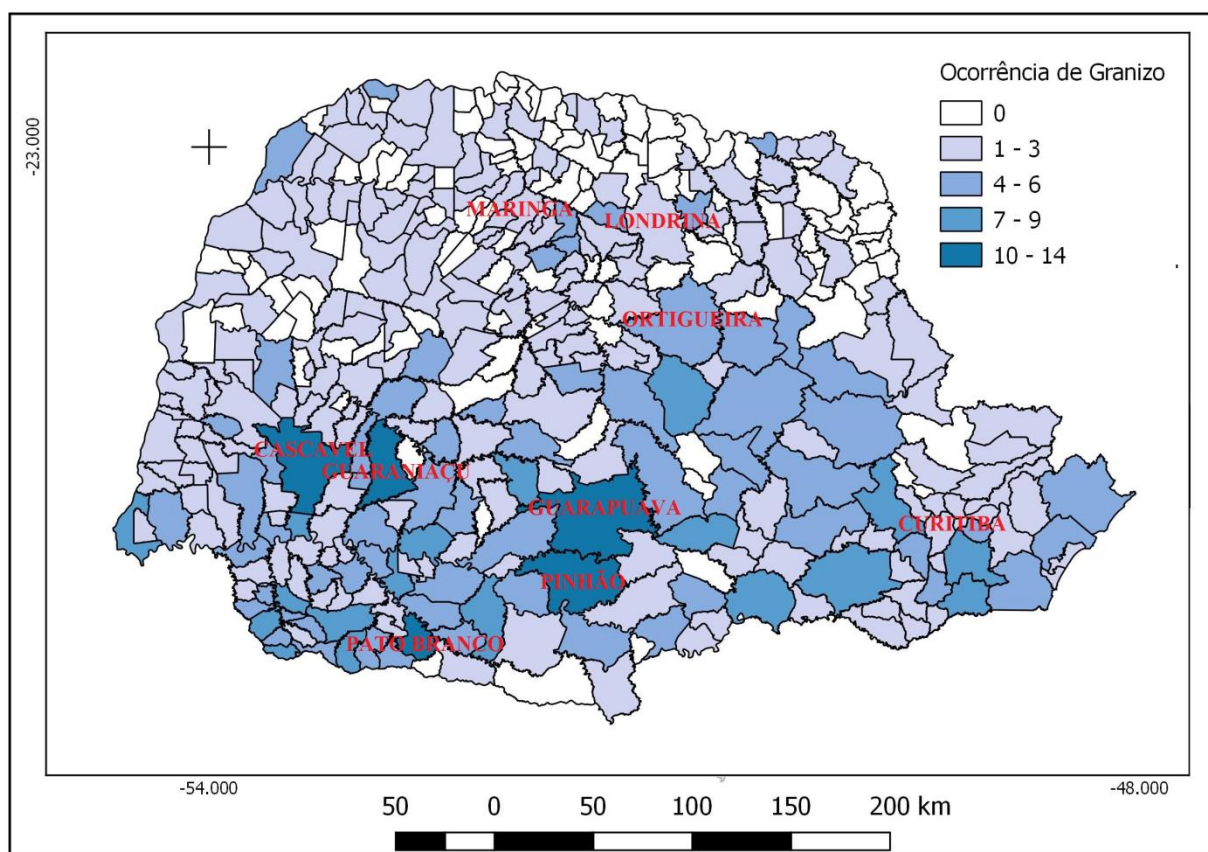
gal de uma situação anormal provocada por desastres ao município atingido. A situação de emergência é caracterizada por danos suportáveis e superáveis pela comunidade afetada, enquanto em calamidade pública o dano além de ser social traz elevado risco à vida; seus danos demandam reparos mais complexos, sendo apenas superados com o auxílio governamental e órgãos externos (Castro, 1998; Caldana et al. 2018).

No Paraná, foram expedidos vários decretos de situação de emergência vinculados a precipitação de granizo. Caldana et al. (2019a) identificaram em 17 anos de análises, 37 decretos na região Centro-Sul, enquanto na região Sudoeste foram 59 decretos (Caldana et al., 2019b), além de 29 decretos na região Metropolitana de Curitiba (Caldana et al., 2018).

Ao destacar os impactos gerados pelos fenômenos meteorológicos extremos de granizo, verifica-se o número de pessoas afetadas por esse tipo de evento (Figura 07). O levantamento leva em consideração qualquer tipo de consequência causada pela ocorrência de precipitação de granizo que tenha sido registrado na Defesa Civil do Paraná.

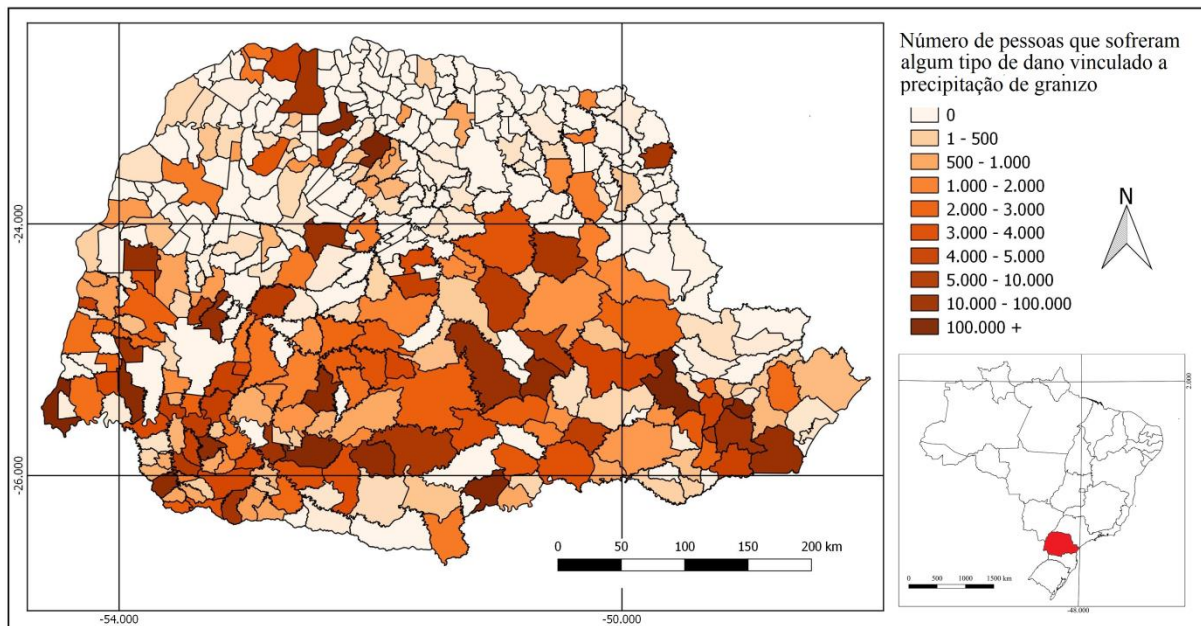
Assim como o número de ocorrências das duas fontes de dados, o número de pessoas afetadas por evento de granizo também se concentra no eixo Sul e Oeste do Estado. Campo Largo, localizado na Região Metropolitana de Curitiba, foi o município mais afetado com mais de 100.000 pessoas com registro de dano. No total, aproximadamente

Figura 06. Ocorrência de precipitação de granizo com base em relatórios da Defesa Civil do Paraná (2000-2018).





**Figura 07.** Número total de pessoas afetadas por ocorrência de granizo no Estado do Paraná (2000 – 2018).



950.000 pessoas foram afetadas por esse tipo de fenômeno meteorológico no intervalo de 17 anos no Estado. Esses são os dados catalogados. Muitos casos não tiveram assistência prestada pela Defesa Civil, portanto o número de pessoas que sofreram algum dano foi possivelmente maior.

A grande concentração de população que sofreu algum dano vinculado ao granizo se estabelece na região Sul do Estado. A Região Metropolitana de Curitiba foi uma das mais afetadas. Nesta região, assim como em boa parte das metrópoles brasileiras, os riscos no espaço urbano associados aos eventos climáticos, muitas vezes, estão vinculados ao rápido processo de urbanização e a construção civil. A partir da década de 1970 Curitiba recebeu muitos migrantes principalmente do setor rural, sem preparo para se colocar no mercado e compelidos aos bairros periféricos, em ocupações irregulares e inadequadas do ponto de vista ambiental e muito suscetíveis aos eventos climáticos adversos (Mendonça, 2005; Cidade, 2013; Mendonça et al., 2016; Wilk et al., 2018).

O dano mais comum vinculado ao granizo no Paraná é o destelhamento decorrente em grande parte da fragilidade do material empregado nas construções (Figura 8) (Caldana et al., 2018; Caldana et al., 2019a; Caldana et al., 2019b). As telhas feitas de fibrocimento e barro são as mais suscetíveis a quebra (Canever & Laureano Junior, 2016; Berezuk, 2017; Metz et al., 2017). Entretanto, não são tomadas as devidas providências para que as pessoas não sejam afetadas nas próximas temporadas por tempestades de granizo. Dentre as medidas mitigadoras, é necessário utilizar materiais mais resistentes na cobertura das construções, principalmente nas regiões que registram numerosas ocorrências (Silva et al., 2012). Diversos são os casos de des-

telhamento em todo o Estado (Figura 9).

As fontes de danos associados ao granizo em jornais demonstraram que diversos impactos diferentes podem ser ocasionados ao modo de vida e nas atividades da sociedade. Além de destelhamento, podem ocorrer casos de desalojados, destruição de casas, queda de energia, ou mesmo danos físicos. Alguns municípios chegaram a ser noticiados com perda de produção, mas não há uma descrição específica do quanto foi perdido, do tipo de produção e de medidas para o reparo.

Alguns estudos apontam medidas tomadas na região sul do Estado do Paraná e oeste e serrana de Santa Catarina para evitar as perdas na agricultura por adversidades de ocorrências de granizo. A medida mais comum para evitar o impacto direto do granizo nas plantações é a tela anti-granizo. Porém, o seu uso contínuo deve seguir critérios técnicos, pois pode trazer prejuízos ao desenvolvimento de algumas espécies por reduzir a incidência de radiação (Amarante et al., 2007; Kurosaki et al., 2007; Mota et al., 2008; Amarante et al., 2009).

As regiões com mais casas atingidas (Figura 9), mais uma vez, foram a Sudoeste, Oeste e Metropolitana de Curitiba. No total, 41.234 casas foram danificadas e 375 destruídas entre 2000 e 2016. O município mais afetado foi Cascavel com 7.704 casas danificadas. Na região norte central destacam-se as proximidades de Maringá. No centro oriental paranaense, Reserva teve grande número de atingidos.

Esses dados expõem a capacidade destrutiva do granizo, pois quantifica o número de pessoas atingidas e também, mostram que independentemente da frequência das precipitações, um único evento de forte intensidade pode causar mais devastação que diversos outros menores. Ma-

Figura 8. Tipo de danos vinculados a ocorrência de granizo no Estado do Paraná (2000 – 2018).

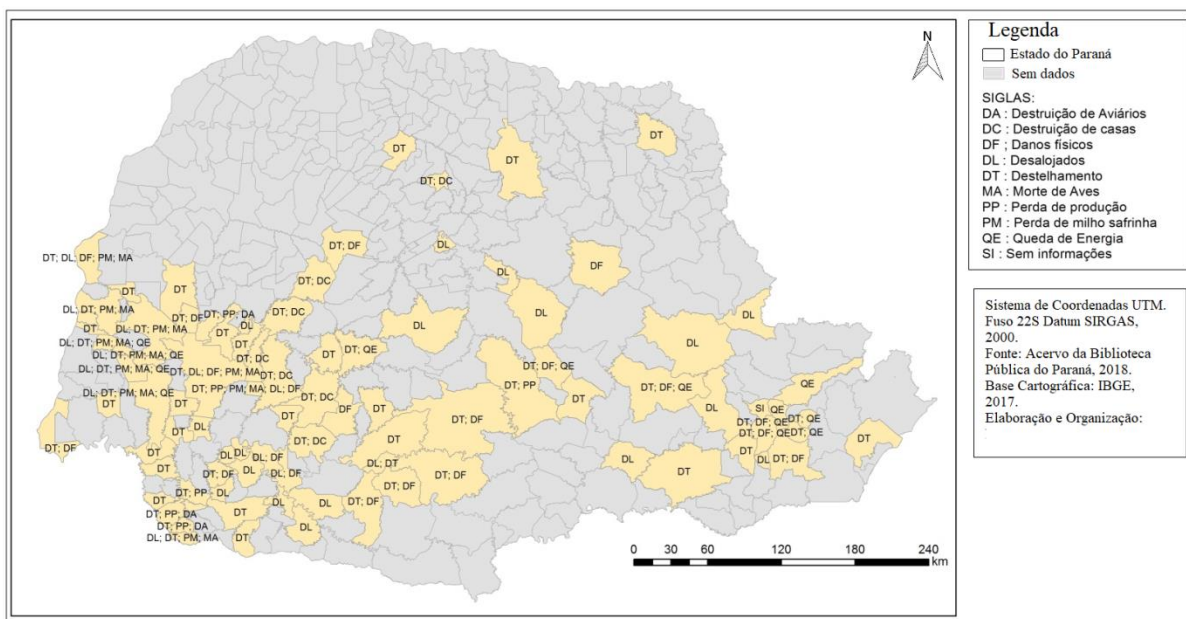
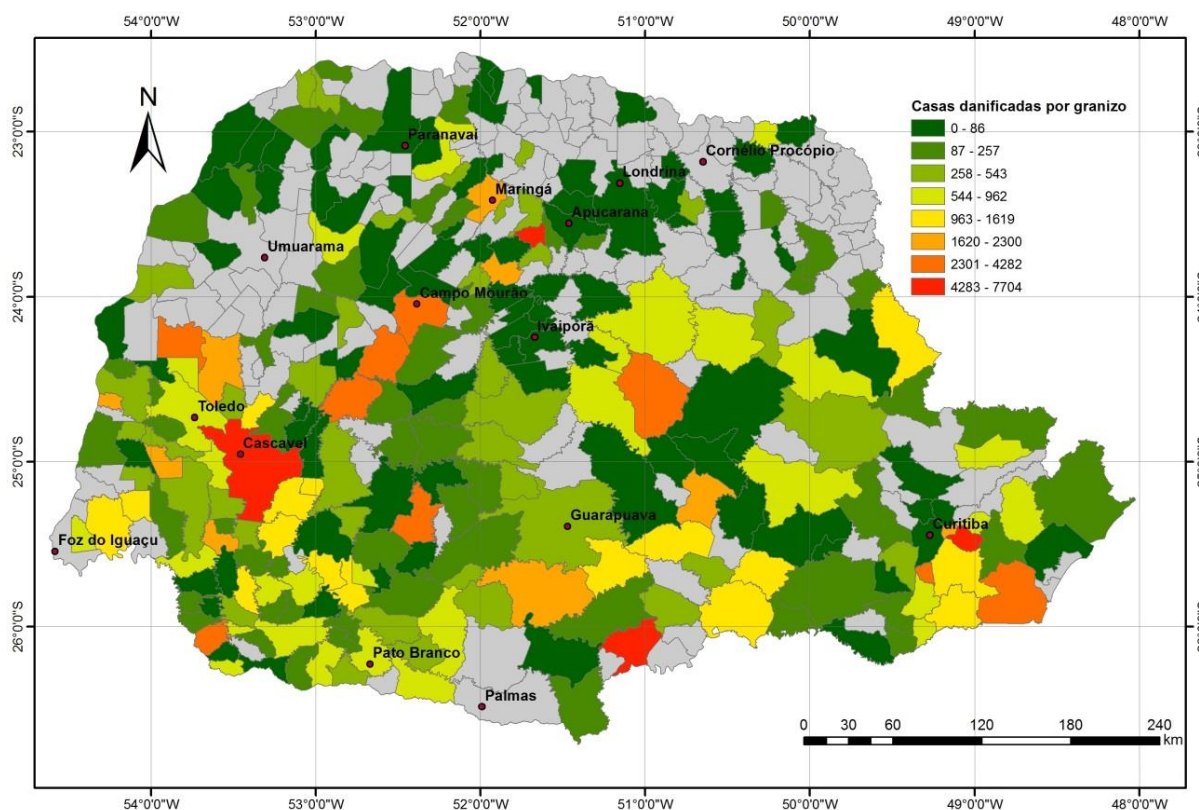


Figura 9. Precipitações de Granizo no Paraná: Número de Casas Danificadas.



ringá é um exemplo, onde somente um evento atingiu mais de 50.000 pessoas e danificou mais de 2 mil casas.

Esses dados refletem principalmente o efeito do granizo nas cidades, mas servem como parâmetro importante para verificar a intensidade da precipitação e sua capacidade destrutiva no campo, mesmo não havendo dados concretos dos prejuízos causados às culturas exploradas na região.

As precipitações de granizo ocorrem com grande frequência no Paraná. Dessa forma, cabe à sociedade e ao Estado buscar formas de amenizar os danos e o número de pessoas afetadas por esse evento extremo meteorológico. Como mencionado, a construção civil e os locais de habitações podem estar vinculados ao número de pessoas afetadas e os tipos de danos causados. A exposição de parcela da população aos danos causados por este fenômeno pode ser

reduzida visando, principalmente, a adequação do local de habitação e utilização de materiais resistentes a precipitação de granizo (Caldana et al., 2018; Caldana et al., 2019b). Em locais suscetíveis a frequentes tempestades severas de granizo devem-se evitar a utilização de telhas feitas de fibrocimento e barro, que possuem baixa resistência a esse fenômeno (Caldana et al., 2019a). Embora sejam pouco noticiados ou relatados danos às instalações rurais e produção agrícola por essas fontes, os eventos meteorológicos atingem o espaço de maneira homogênea, indicando potencial de perdas semelhante ao ambiente urbano.

### Considerações finais

As áreas mais afetadas por granizo no Paraná em todas as bases de dados consultadas localizam-se, respectivamente, nas regiões Sul, Sudoeste e Oeste do Paraná. O Norte e litoral do Estado têm menor número de ocorrências e com menor severidade. Nas cidades o dano mais comum é o destelhamento, porém, as medidas paliativas tomadas não contribuem para que o evento não cause o mesmo tipo de dano futuramente. Os problemas socioeconômicos são evidenciados nos municípios afetados por eventos severos. Ao todo foram 950.000 pessoas com algum tipo de dano, 41.234 casas danificadas e 375 destruídas no Estado, em 19 anos de análise.

A altitude, latitude e o deslocamento preferencial dos sistemas atmosféricos se mostraram elementos fundamentais na interpretação dos mapas da espacialização das ocorrências de granizo, uma vez que, os municípios mais ao Sul do Estado e com altitudes acima de 700 m foram mais atingidos. Verificou-se que houve maior concordância com a comparação dos dados de granizo com temperatura do que com a precipitação pluviométrica.

A natureza da ocorrência do granizo, de escala local, dificulta a determinação espacial da sua ocorrência. A utilização de informações auxiliares às observações meteorológicas, coletadas de jornais de circulação regional e Defesa Civil, agrega consistência e melhora o nível de informação.

### Referências

AGOVINO, M. et al. Agriculture, climate change and sustainability: The case of EU-28. **Ecological Indicators**, DOI: 10.1016/j.ecolind.2018.04.064. 2018.

ALCANTARA-AYALA, I. Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries. **Geomorphology**, v. 47, n. 2-4, p. 107-124, 2002.

ALLEN, J. T. et al. A severe thunderstorm climatology for Australia and associated thunderstorm environments. **Australian Meteorological and Oceanographic Journal**, Melbourne, v. 61, n. 3, p. 143-158, 2011.

AMARANTE, C. V. T. et al. Radiação, fotossíntese, rendimento e qualidade de frutos em macieiras' Royal Gala'cobertas com telas antigranizo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 7, p. 925-931, 2007.

AMARANTE, C. V. T. et al. Disponibilidade de luz em macieiras "fuji" cobertas com telas antigranizo e seus efeitos sobre a fotossíntese, o rendimento e a qualidade dos frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 3, p. 664-670, 2009.

BEREZUK, A. G.; SANT'ANNA NETO, J. M. Eventos climáticos extremos no oeste paulista e norte do Paraná, nos anos de 1997, 1998 e 2001. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 2, p. 9-22, 2006.

BEREZUK, A. G. Eventos Extremos: Estudo da Chuva de Granizo de 21 de Abril de 2008 na Cidade de Maringá-PR. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 5, p. 153-164, 2017.

BLAIR, S. F. et al. High-resolution hail observations: Implications for NWS warning operations. **Weather and Forecasting**, Washington, v. 32, n. 3, p. 1101-1119, 2017.

BLAMEY, R. C. et al. A climatology of potential severe convective environments across South Africa. **Climate Dynamics**, Heidelberg, v. 49, n. 5-6, p. 2161-2178, 2017.

BOANSI, D. et al. Analysis of farmers' adaptation to weather extremes in West African Sudan Savanna. **Weather and Climate Extremes**, v. 16, p. 1-13, 2017.

CALDANA, N. F. S. et al. Ocorrências de Alagamentos, Enxurradas e Inundações e a Variabilidade Pluviométrica na Bacia Hidrográfica do Rio Iguauçu. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 23, p. 343-355, 2018.

CALDANA, N. F. S. et al. Ocorrência, Frequência e Impactos de Precipitações Granizo na Região Metropolitana De Curitiba. **Caminhos de Geografia (UFU. Online)**, Uberlândia, v. 29, p. 61-80, 2019a.

CALDANA, N. F. S. et al. Gênese, Impacto e a Variabilidade das Precipitações de Granizo na Mesorregião Centro-Sul Paranaense, Brasil. **Caderno de Geografia**, Goiânia, v. 29, p. 61-80, 2019b.

CALDANA, N. F. S. et al. Agroclimatic Risk Zoning of Avocado (*Persea americana*) in the Hydrographic Basin of Paraná River III, Brazil. **Agriculture**, Berna, v. 9, p. 1-11, 2019c.

CALDANA, N. F. S.; MARTELÓCIO, A. C. Gênese, frequência e intensidade das precipitações de granizo nas Mesorregiões Centro Oriental e Sudeste Paranaense, Brasil. **Geotextos (online)**, Salvador, v. 15, p. 205-229, 2019.

CANEVER, A. P.; LAUREANO JUNIOR, R. O. Ajuda humanitária em Santa Catarina: desastres envolvendo granizo. **Revista Ordem Pública**, Florianópolis, v. 9, n. 1, p. 235-246, 2016.

CAPOZZI, V. et al. Fuzzy-logic detection and probability of hail exploiting short-range X-band weather radar. **Atmospheric Research**, Boulder, v. 201, p. 17-33, 2018.

CARAMORI, P. H. et al. Zoneamento de riscos climáticos para a cultura do café (*Coffea arabica* L.) no Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, n. 3, p.486-494, 2001.

CARAMORI, P. H. et al. Zoneamento agroclimático para o pessegueiro e a nectarineira no Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 4, p. 1040- 1044, 2008.

CARAMORI, P. H. et al. Agrometeorologia operacional no estado do Paraná. **Agrometeoros**, v. 24, p. 65-70, 2016.

CASTRO, A. L. C. de **Glossário de Defesa Civil: estudos de riscos e medicina de desastres**. Ministério do Planejamento e Orçamento, Secretaria Especial de Políticas Regionais, Departamento de Defesa Civil, 1998.

CASTRO, A. L. C. de **Manual de desastres: Desastres naturais**. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2003.

CECIL, D. J.; BLANKENSHIP, C. B. Toward a global climatology of severe hailstorms as estimated by satellite passive microwave imagers. **Journal of Climate**, v. 25, n. 2, p. 687-703, 2012.

CIDADE, L. C. F. Urbanização, ambiente, risco e vulnerabilidade: em busca de uma construção interdisciplinar. **Cadernos Metrópole**, São Paulo v. 15, n. 29, 2013.

DAFIS, S. et al. Observational and modeling study of a mesoscale convective system during the HyMeX-SOP1. **Atmospheric Research**, Boulder v. 187, p. 1-15, 2017.

- DOLATI, S. H. et al. Hail impact damage behaviors of glass fiber reinforced epoxy filled with nanoclay. **Journal of Composite Materials**, Los Angeles, v. 48, n. 10, p. 1241-1249, 2014.
- ELY, D. F.; DUBREUIL, V. Análise das Tendências Espaço-Temporais das Precipitações anuais para o Estado do Paraná - Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 21, n. 13 p. 553-569, 2017.
- FINGER, R.; LEHMANN, N. The influence of direct payments on farmers' hail insurance decisions. **Agricultural Economics**, Praga, v. 43, n. 3, p. 343-354, 2012.
- GELCER, E. et al. Influence of El Niño-Southern oscillation (ENSO) on agroclimatic zoning for tomato in Mozambique. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 248, p. 316-328, 2018.
- HAND, W. H.; CAPPELLUTI, G. A global hail climatology using the UK Met Office convection diagnosis procedure (CDP) and model analyses. **Meteorological Applications**, Cambridge, v. 18, n. 4, p. 446-458, 2011.
- HOLLEMAN, I. **Hail Detection Using Single-Polarization Radar**. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, 2001.
- INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ (IAPAR). **Atlas Climático do Estado do Paraná**. Disponível em: <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=677>. Acesso em 09 de fevereiro de 2019.
- IBGE (Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), **Censo Demográfico: Brasil, 2017**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019.
- JAHN, M. Economics of extreme weather events: Terminology and regional impact models. **Weather and Climate Extremes**, v. 10, p. 29-39, 2015.
- JIN, H.-G. et al. A hail climatology in South Korea. **Atmospheric Research**, Boulder v. 188, p. 90-99, 2017.
- JOHANSSON, R. et al. Monitoring the impacts of weather and climate extremes on global agricultural production. **Weather and Climate Extremes**, v. 10, p. 65-71, 2015.
- JORGE, F. V. ; MENDONÇA, F. A. . O clima da fachada atlântica sul do Brasil: Uma atualização introdutória. **Revista brasileira de climatologia**, Curitiba, v. 5, p. 119-131, 2009.
- KLANOVICZ, J. Chuvas de granizo e desastre nos pomares de maçã catarinenses: produzindo uma agricultura de risco. **Esboços**, Florianópolis, v. 20, n. 30, p. 67-89, 2013.
- KREUZ, C. L. et al. Viabilidade econômica do uso da tela antigranizo em pomares de pêra japonesa. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 416-419, 2002.
- KUNZ, M. et al. Recent trends of thunderstorm and hailstorm frequency and their relation to atmospheric characteristics in southwest Germany. **International Journal of Climatology**, Reading, v. 29, n. 15, p. 2283-2297, 2009.
- KUROSAKI, A. B. et al. Análise de viabilidade econômica de sistema convencional e sistema com uso de telado na produção de ameixa (*Prunus domestica*), em condições de risco de granizo, na região de Botucatu-SP. **Científica**, v. 35, n. 1, p. 1-9, 2007.
- DE LIMA, J. F. et al. Análise regional das mesorregiões do Estado do Paraná no final do Século XX. **Análise Econômica**, Farrowipilha, v. 24, n. 46, 2006.
- MÄKINEN, H. et al. Sensitivity of European wheat to extreme weather. **Field Crops Research**, v. 222, p. 209-217, 2018.
- MARCELINO, E. V. et al. Mapeamento de risco de desastres naturais no Estado de Santa Catarina. **Caminhos de Geografia**. Goiânia, v. 7, n. 17, p. 72-84, 2006.
- MARTINEZ, J.F. et al., MCWATERS, A. Hail netting of apple orchards: Australian experience. **Compact Fruit Tree**, Middleburg, v.35, p.51-55, 2002
- MARTINS, J. A. et al. Climatology of destructive hailstorms in Brazil. **Atmospheric Research**, Boulder, v. 184, p. 126-138, 2017.
- MENDONÇA, F. A. Riscos, vulnerabilidade e abordagem socioambiental urbana: Uma reflexão a partir da RMC e de Curitiba. **Desenvolvimento e Meio Ambiente (UFPR)**, Curitiba, v. 1, p. 139-148, 2005.
- MENDONÇA, F. et al. Resiliência socioambiental-espacial urbana a inundações: possibilidades e limites no bairro Cajuru em Curitiba (PR). **Revista da ANPEGE**, Dourados, v. 12, n. 19, p. 279-298, 2016.
- METZ, A. J. et al. Estudo de impacto de chuva de granizo sobre coberturas residenciais com telhas de fibrocimento e de materiais reciclados. **Seminário de Iniciação Científica**, p. 168. 2017.
- MEZHER, R. N. et al. Climatology of hail in Argentina. **Atmospheric research**, Boulder, v. 114, p. 70-82, 2012.
- MICHLER, J. et al. Conservation agriculture and climate resilience. **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 93, p. 148-169, 2018.
- MIDDLETON, S.; MCWATERS, A. Hail netting of apple orchards Australian experience. **Compact Fruit Tree**, v. 35, n. 2, p. 51-55, 2002.
- MITCHELL, J. W. Power line failures and catastrophic wildfires under extreme weather conditions. **Engineering Failure Analysis**, v. 35, p. 726-735, 2013.
- MOHR, S. et al. Development and application of a logistic model to estimate the past and future hail potential in Germany. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, Washington, v. 120, n. 9, p. 3939-3956, 2015.
- MOTA, C. S. et al. Comportamento vegetativo e produtivo de videiras 'Cabernet Sauvignon' cultivadas sob cobertura plástica. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 1, p. 148-153, 2008.
- MUELLER, T. G. et al. Map Quality For Ordinary Kriging and Inverse Distance Weighted Interpolation. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 68, n. 6, p. 2042-2047, 2004.
- NIALL, S.; WALSH, K. The impact of climate change on hailstorms in southeastern Australia. **International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 25, n. 14, p. 1933-1952, 2005.
- PINEDA, L. E.; WILLEMS, P. Rainfall extremes, weather and climate drivers in complex terrain: A data-driven approach based on signal enhancement methods and EV modeling. **Journal of Hydrology**, v. 563, p. 283-302, 2018.
- PREIN, A. F.; HOLLAND, G. J. Global estimates of damaging hail hazard. **Weather and Climate Extremes**, v. 22, p. 10-23, 2018.
- PUNGE, H. J.; KUNZ, M. Hail observations and hailstorm characteristics in Europe: A review. **Atmospheric Research**, Boulder, v. 176, p. 159-184, 2016.
- PUNGE H. J. et al. Hail frequency estimation across Europe based on a combination of overshooting top detections and the ERA-INTERIM reanalysis. **Atmospheric Research**, Boulder, v. 198, p. 34-43, 2017.
- SANCHEZ, J. L. et al. Are meteorological conditions favoring hail precipitation change in Southern Europe? Analysis of the period 1948-2015. **Atmospheric Research**, Boulder, v. 198, p. 1-10, 2017.
- SCAGLIONI, T. P.; SARAIVA, J. M. B. **Climatologia dos sistemas precipitantes para o período de fevereiro a dezembro de 2003, no Rio Grande do Sul**. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia. 2004.
- SERVINO, R. N. et al. Extreme weather impacts on tropical mangrove forests in the Eastern Brazil Marine Ecoregion. **Science of the Total Environment**, v. 628, p. 233-240, 2018.
- SILLMANN, J. et al. Understanding, modeling and predicting weather and climate extremes: Challenges and opportunities. **Weather and Climate Extremes**, v. 18, p. 65-74, 2017.
- SILVA, G. M. F. et al. O Jornal Como Fonte de Informação Sobre Precipitações de Granizo no Estado Do Paraná. **Revista GeoNorte**, Manaus, v. 1, p. 1079-1090, 2012.
- SURA, P. A general perspective of extreme events in weather and climate. **Atmospheric Research**, Boulder, v. 101, n. 1-2, p. 1-21, 2011.
- TREFALT, S. et al. A Severe Hail Storm in Complex Topography in Switzerland-Observations And Processes. **Atmospheric Research**, Boulder, v. 209, p. 76-94, 2018.
- VANHONI, F.; MENDONCA, F. A. O clima no litoral do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 3/4, p. 49-64, 2008.
- VARELLA, C. A. A.; JUNIOR, D. G. S. **Estudo do Interpolador IDW do Arcview para Utilização em Agricultura de Precisão**. 2008. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Seropédica, 2008.

VIANA, D. R. et al. Avaliação de desastres no Rio Grande do Sul associados a complexos convectivos de mesoescala. **Revista Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 21, n. 2, p. 91-105, 2009.

WANG, Z. et al. Extreme wave climate variability in South China Sea. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 73, p. 586-594, 2018.

WILK, J. et al. The perspectives of the urban poor in climate vulnerability assessments–The case of Kota, India. **Urban climate**, v. 24, p. 633-642, 2018.

ZIOLKOWSKA, J. R. Economic value of environmental and weather information for agricultural decisions - A case study for Oklahoma Mesonet. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 265, p. 503-512, 2018.

#### REFERENCIAÇÃO

CALDANA, N. F. S.; SILVA, G. M. F.; MARTELÓCIO, A. C.; NITSCHKE, P. R.; CARAMORI, P. H. Caracterização das ocorrências de precipitação de granizo e seus impactos socioeconômicos no estado do Paraná. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v.27, n.2, p.271-284, dez 2019.



# Hail precipitation and impacts in the state of Paraná, Brazil

Nathan Felipe da Silva Caldana<sup>1(\*)</sup>, Glauco Marighella Ferreira da Silva<sup>2</sup>, Alan Carlos Martelócio<sup>3</sup>, Pablo Ricardo Nitsche<sup>3</sup> and Paulo Henrique Caramori<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Londrina. Av. dos Pioneiros, 3131, Jardim Morumbi, CEP 86036-370 Londrina, PR, Brazil.

E-mail: [nathancaldana@gmail.com](mailto:nathancaldana@gmail.com)

<sup>2</sup>Universidade Federal do Paraná. Rua XV de Novembro, 1299, Centro, CEP 80060-000 Curitiba, PR, Brazil. E-mail: [glauco@catenaterritorial.com](mailto:glauco@catenaterritorial.com)

<sup>3</sup>Instituto Agronômico do Paraná. Rodovia Celso Garcia Cid, 375, Conjunto Ernani Moura Lima II, CEP 86047-902 Londrina, PR, Brazil.

E-mails: [amartelocio@agronomo.eng.br](mailto:amartelocio@agronomo.eng.br), [pablo@iapar.br](mailto:pablo@iapar.br) and [pcaramori@gmail.com](mailto:pcaramori@gmail.com)

(\*)Corresponding author.

## ARTICLE INFO

### Article history:

Received 4 March 2019

Accepted 11 March 2020

### Index terms:

extreme events

climatic risk

vulnerability

agriculture

## ABSTRACT

Hailstorm precipitation is an extreme event characterized by precipitation of solid-state water, with high destructive capacity in both rural and urban environments, generating damages. The State of Paraná, Brazil, located predominantly in the subtropical zone and in a climatic transition, is frequently affected by this phenomenon. The objective of this work was to characterize the occurrence of hail and impacts in the State of Paraná, correlating the formation of this damaging event to human practices and activities with climatic elements and factors (rainfall, temperature, relief and hypsometry). Four different sources of data were used: agrometeorological stations, regional newspapers, satellite images and reports of occurrences, damages and emergency situations issued by the Civil Defense. It was verified that the whole state is affected by the events and the most propitious regions are Central-South, West, South and South-West, which are also the regions with the largest number of damaged houses and people affected. The altitude, latitude and preferential displacement of the meteorological systems were fundamental elements in the interpretation of the spatial maps of the occurrences, since the municipalities more to the South of the State and with altitudes above 700m and/or rapid altimetric rise were more prone to the incidence of hail. Altogether there were 950,000 people with some type of damage, 41,234 houses damaged and 375 destroyed in 17 years of analysis.

© 2020 SBAgro. All rights reserved.

## CITATION

CALDANA, N. F. S.; SILVA, G. M. F.; MARTELÓCIO, A. C.; NITSCHKE, P. R.; CARAMORI, P. H. Caracterização das ocorrências de precipitação de granizo e seus impactos socioeconômicos no estado do Paraná. *Agrometeoros*, Passo Fundo, v.27, n.2, p.271-284, dez 2019.