

## SENSIBILIDADE DO SENSOR DE INTENSIDADE SONORA PARA DETECÇÃO DE GRANIZO

Caio Ananias Alves<sup>1</sup>

Marcos Vinícius Bueno de Moraes<sup>2</sup>

### RESUMO

Tempestades de granizo são um efeito atmosférico extremo que acontece no mundo todo, e que podem causar diversos danos às plantas, plantações, animais e construções. Apesar do granizo ser um evento extremo bastante conhecido, seu estudo é inovador no Brasil. Isto se deve pelo fato de ser um fenômeno altamente local e de curta duração. Desta forma, é extremamente complicado o uso de equipamentos para medição de granizo, sendo atualmente medidos através de placas em que as pedras de gelo deixam marcas de incidência. Desta forma, este trabalho propõe realizar testes de sensibilidade com o sensor de intensidade sonora KY-038 para sua utilização no desenvolvimento de um equipamento automático para medir granizo. Os experimentos mostraram que o sensor é capaz de identificar tanto a duração da chuva, o início da tempestade de granizo e o tamanho das pedras. Isto mostra que o sensor é capaz de ser utilizado para pesquisas na formação deste tipo de eventos severos.

**PALAVRAS-CHAVE:** granizômetro, sensor, tempestades, eventos extremos.

### ABSTRACT

Hail storms are an extreme atmospheric event that happens all over the world, and which can cause several damages to plants, crops, animals and buildings. Although hail is an extreme event well known, its study is innovative in Brazil. This is due to the fact that it is a highly local phenomenon with short duration. In this way, the use of hail measuring equipment is extremely complicated and is currently measured through plates, where ice sheets leave incidence marks. In this way, this work proposes to perform sensitivity tests with the KY-038 sound intensity sensor for its use in the development of an automatic equipment to measure hail. The experiments showed that the sensor is able to identify both the rain duration, the beginning of the hail storm and the size of the stones. This shows that the sensor is capable of being used for research into the formation of such severe events.

**KEYWORDS:** hailmeter, sensor, storms, extreme events.

### INTRODUÇÃO

Tempestades de granizo são um efeito atmosférico extremo que acontece no mundo todo, e que podem causar diversos danos às plantas, plantações, animais e construções (FERNANDES et al, 2012; BOSCO et al, 2015). No Brasil, a maior ocorrência deste tipo de tempestade acontece na região Sul (TEIXEIRA e SATYAMURTY, 2004), afetando diversas famílias, principalmente na área rural

---

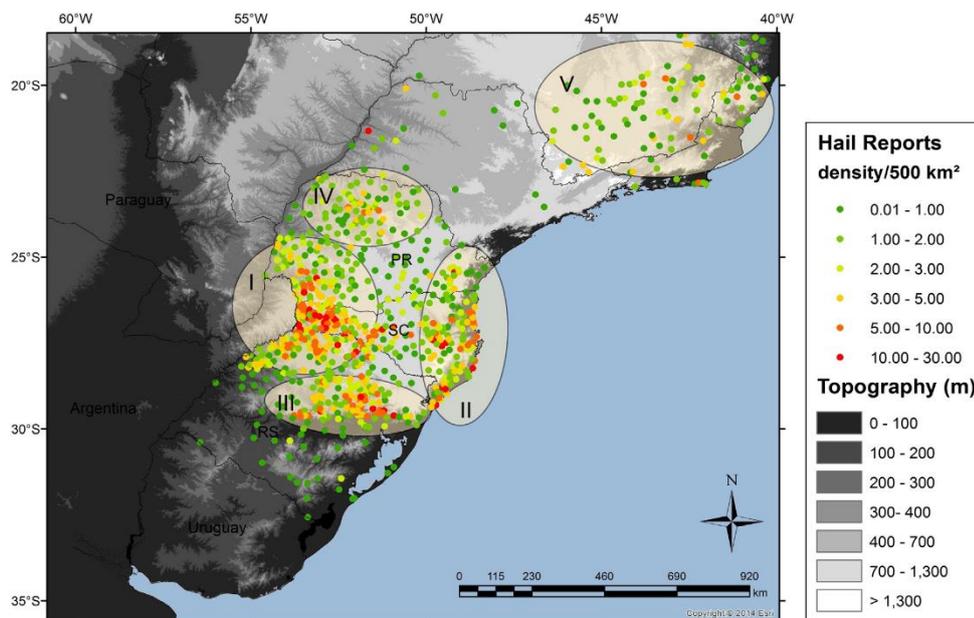
<sup>1</sup> Escola Técnica Estadual Monsenhor Antônio Magliano, Garça-SP.

<sup>2</sup> Faculdade de Tecnologia Deputado Julio Julinho Marcondes de Souza, Garça – SP

(MARTINS et al, 2016). Felix (2015) destaca que eventos extremos de tempestades com ocorrência de granizo têm provocado, além dos danos diretos, o esgotamento no estoque de materiais nos municípios.

Apesar da região Sul do país ter maior ocorrência de granizo, o estado de São Paulo também entra como uma das regiões afetadas, principalmente na região oeste (Figura 1). Na cidade de Garça (SP), tempestades de granizo trouxeram prejuízos à cidade nos anos de 2013 e 2015. Na primeira ocasião, a chuva teve uma duração longa (cerca de 30 minutos), com mais de 60 casas danificadas (JORNAL COMARCA, 2017).

Figura 1 – Eventos de granizo reportados na região sul e sudeste do Brasil no período entre 1991 a 2012. Os pontos representam dados reportados pelas prefeituras. As áreas circuladas representam regiões características, de acordo com Martins et al (2016).



Fonte: Martins et al, 2016.

Existem vários elementos da natureza que podem estar associados à variabilidade espacial, temporal e de intensidade na ocorrência de granizo, porém ainda sem identificação de quais são e qual o papel que cada um tem, o que impede que os centros de previsão do tempo ofereçam previsões confiáveis para a ocorrência deste tipo de evento.

Visto a importância do conhecimento aprofundado do granizo, este projeto propõe o desenvolvimento de um medidor automatizado de ocorrência de chuvas de granizo, utilizando microfones e sensores de chuva. Atualmente, a medição de granizo é

realizada a partir de redes de observação com placas de detecção (hail pads, Figura 2). Este tipo de metodologia para estudar o granizo é aplicada no mundo todo (SPEER et al., 2004; GARCÍA-ORTEGA et al., 2007; CHATTERJEE et al., 2008; BRIMELOW E REUTER, 2009; MANZATO, 2013; SOKOL et al., 2014; ALLEN et al., 2015; MOHR et al., 2015), inclusive sendo iniciado no Brasil (MARTINS et al, 2016).

Figura 2 – Esquema de uma placa de detecção de granizo. Neste caso, utiliza-se uma placa de isopor com um papel alumínio (mais denso) fixo na parte de acima. As informações são fornecidas a partir da marca das pedras no papel alumínio.



Fonte: Os autores.

Apesar do baixo custo, a utilização deste equipamento fornece informações limitadas, como o tamanho das pedras de granizo. Além disso, o tamanho pode ser subjetivo, variando a medida na leitura de pessoa por pessoa. O protótipo proposto neste projeto espera-se que, além do tamanho, informações como o início e o término da chuva de granizo num local sejam fornecidas. Espera-se obter estas informações a partir do espectro do som quando se inicia a chuva. O princípio envolvido neste equipamento vem da percepção que o próprio ouvido humano tem ao identificar a queda de granizo em

telhas e telhados durante as tempestades

## 2. METODOLOGIA

### 2.1. Fundamentação Teórica

O granizo é formado em partes superiores de nuvens do tipo Cumulonimbus. A sua formação parte de pequenas pedras de gelos, conhecidas como graupel, de grandes gotas de chuva congeladas ou da superfície de partículas que funcionam como embriões que crescem pelo acúmulo de gotículas de líquido super-resfriadas encontradas nas nuvens (FELIX, 2015). Para um granizo ter condições de crescer até esse tamanho, é preciso permanecer na nuvem cerca de cinco a dez minutos (GERTZMAN, ATLAS, 1977).

Estas pequenas pedras de gelo são transportadas por grandes correntes de ar dentro da nuvem. Elas são levadas até o nível de congelamento em várias direções. Isto faz com que o seu diâmetro aumenta, a medida que gotículas de água são aderidas a sua superfície (MORGAN Jr.; TOWERY, 1976). Estudos revelam que a largura e a inclinação da corrente principal de ar ascendente são muito importantes para o crescimento do granizo, sendo a melhor trajetória quase horizontal e através da nuvem (SCHLEUSENER; JENNINGS, 1960; VENTO, 1972; MORGAN Jr.; TOWERY, 1975). Quando as pedras de gelo atingem um tamanho considerável, tornando-se muito grandes e pesados para continuar em suspensão na nuvem, sustentados pelas correntes de ar ascendentes, eles caem como partículas de gelo, formando o granizo (WOBROCK et al., 2003; CIFELLI et al., 2005).

A possibilidade de ocorrência de granizos com grande dimensão é um aspecto relevante porque o poder destrutivo aumenta consideravelmente com o tamanho dos hidrometeoros (TUOVINEN et al., 2008). Granizos com grande dimensão podem quebrar janelas, amassar carros, destelhar casas, danificar edifícios públicos e comerciais, causar sérios danos à pecuária e à agricultura e ocasionar até a morte (MERINO et al., 2014). É conhecido que as tempestades de granizo podem destruir plantações em questão de minutos afetando consideravelmente a fruticultura e plantas mais jovens (POCAKAL et al., 2009). Assim, o granizo é considerado um fator de risco à agricultura em regiões onde ocorre com maior frequência, motivo pelo qual alguns fazendeiros chamam o granizo de “a praga branca” (AYOADE, 2010).

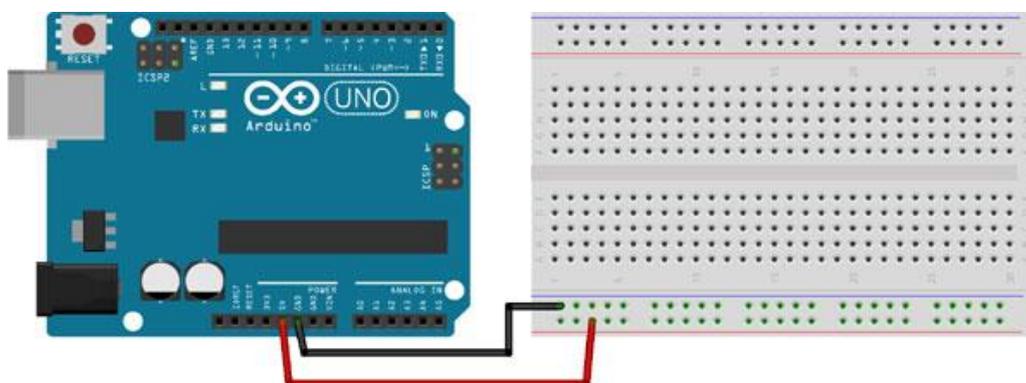
Assim, fica claro que danos não apenas financeiros são ocasionados por esse tipo de ocorrência, mas também podemos contabilizar danos sociais como, por exemplo, famílias desabrigadas e escolas e hospitais fora de funcionamento por um período de tempo variável de acordo com as necessidades de reparo pelo dano causado pelas chuvas de granizo.

## 2.2. Materiais e Métodos

Para o protótipo do granizômetro automático será utilizado um microcontrolador Arduino, modelo UNO e uma protoboard (Figura 3). O sensor que será utilizado para identificação das chuvas de granizo é o detector de som KY-038.

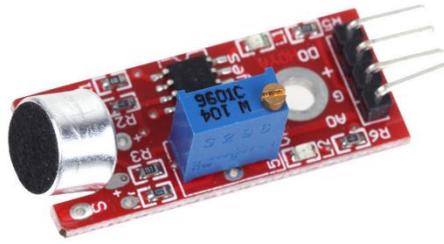
A partir do momento em que o Arduino é ligado com o início da chuva, é necessário começar a gravar o som e identificar o início da chuva de granizo. Neste caso, será utilizado um detector de som, modelo KY-038 (Figura 4), que possui um microfone em uma das extremidades e um pequeno amplificador embutido para envio dos dados. A detecção de som gera uma saída que é percebida pelo microcontrolador através da variação da tensão (menor quando há som). Este sensor é muito utilizado para protótipos de automação residencial e iluminação de ambientes (NURJANNAH et al., 2017), visto que este modelo, além de uma saída analógica, também possui uma saída digital. No caso do granizômetro, há a necessidade de detectar variação da intensidade de som, portanto a conexão com o Arduino UNO se dá pela porta analógica (Figura 5). As características do sensor são apresentadas na Tabela 1.

Figura 3 – Placa arduino UNO (à esquerda) com protoboard (à direita).



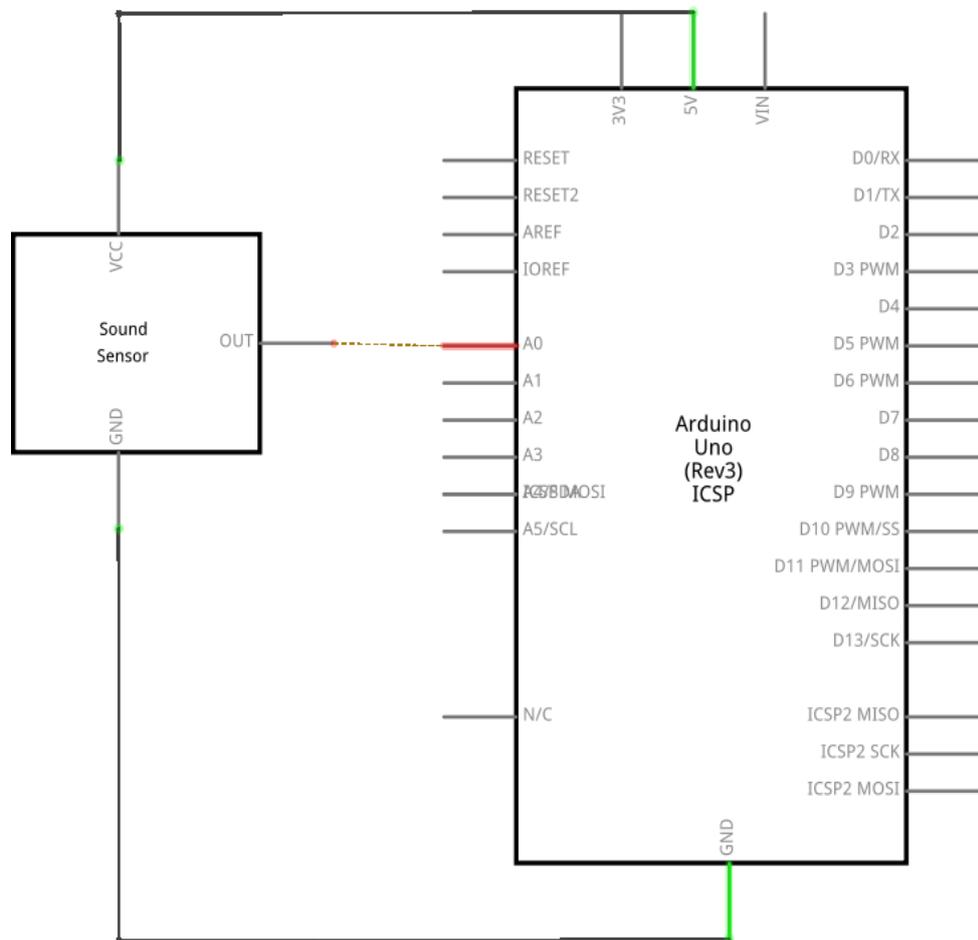
Fonte: os autores.

Figura 4 – Sensor KY-038 de detecção de som.



Fonte: Nurjannah et al. (2017).

Figura 5 – Esquema de conexão do sensor KY-038 ao microcontrolador Arduino UNO.



Fonte: Os autores.

Tabela 1: Especificação do sensor de som KY-038.

Tensão de Funcionamento	4 V – 6 V
Dimensão	33 x 16 x 9,5mm

Os experimentos foram realizados na tentativa de identificar a intensidade da chuva de granizo, o início a duração e o fim desta tempestade e uma fácil visualização dos tamanhos das pedras de gelo. Para isto, o sensor ficou fixo próximo a um computador com caixa de som a fim de simular uma chuva de granizo através de um apito sonoro. A fim de verificar tais pontos, dois experimentos foram realizados:

(1) Variação da intensidade sonora: variando o “volume” de acordo com uma escala do computador, variando de 0 a 100, a cada 25%.

(2) Variação da distância com a intensidade sonora: com o auxílio de uma trena, foi identificado a capacidade do sensor de se detectar o som, distanciando o granizômetro do simulador de chuva de granizo a cada 10 cm. A medida foi realizada com o auxílio de uma trena.

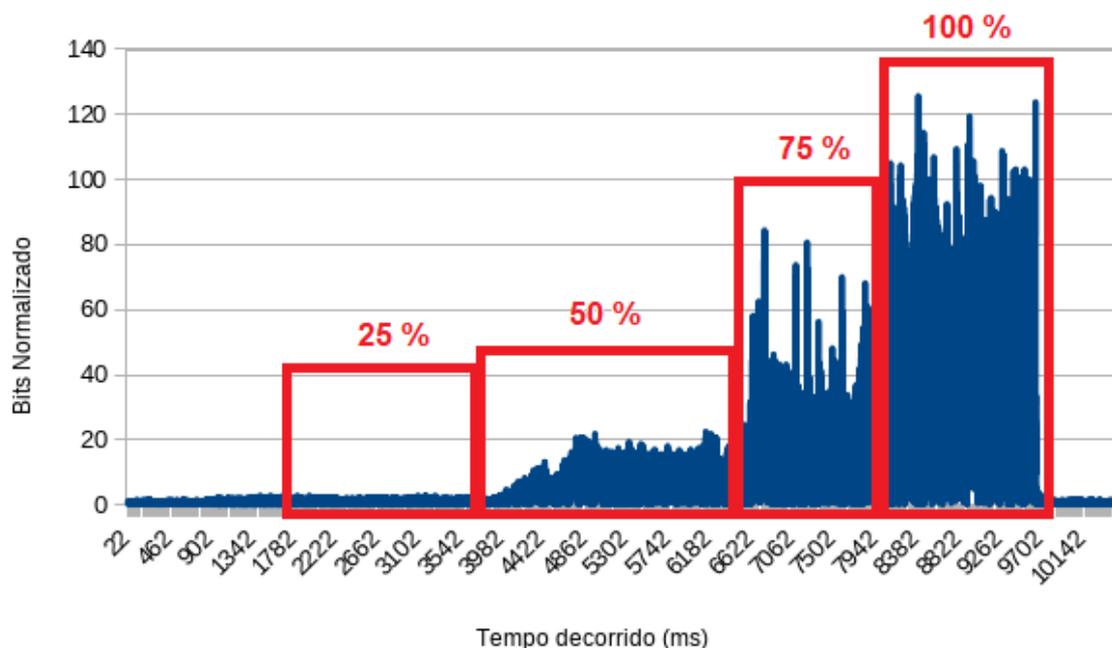
A leitura dos dados a partir do Arduino foi realizada com o auxílio do pacote serial do python.

### 3. RESULTADOS

O primeiro teste foi para analisar a capacidade do sensor de identificar a variação de intensidade sonora. Para isto, fixou-se a posição do sensor a 10 cm de uma caixa de som e aumentou-se gradativamente o volume de um apito repetitivo a cada 25%. A Figura 6 mostra os resultados deste teste. Os resultados mostram que, a partir de 25% da escala do volume, o sensor é capaz de identificar a variação sonora. Com isto, o sensor é capaz de identificar o tamanho das pedras de granizo no meio da precipitação.

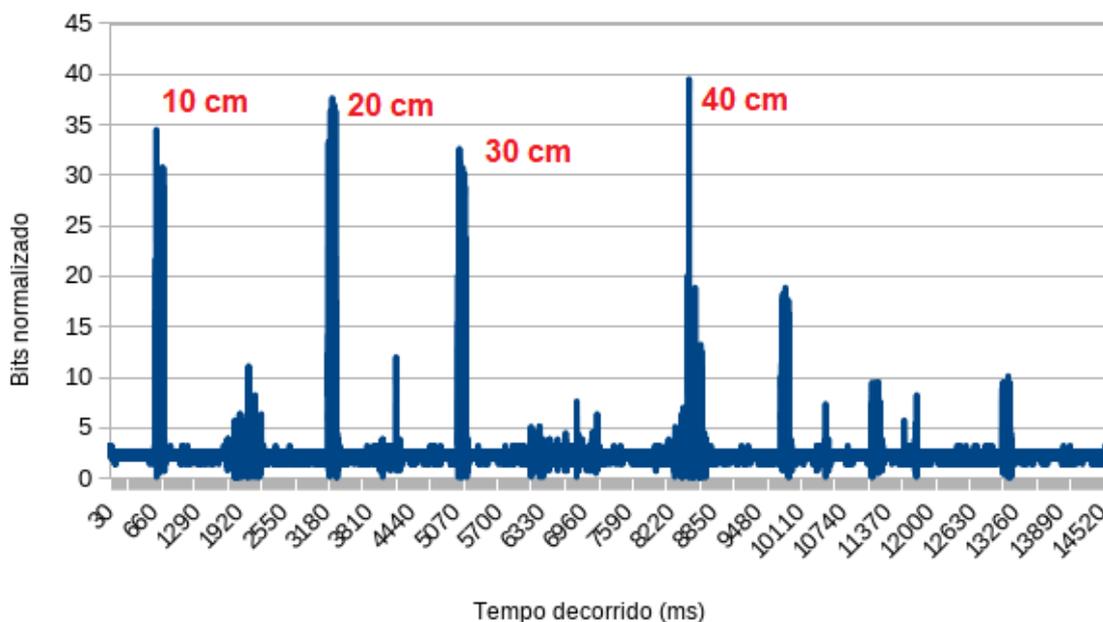
Na segunda etapa do experimento, o valor do volume do apito sonoro ficou constante em 100%, porém executado em uma frequência menor, e variado a distância do sensor a cada 10 cm. A Figura 7 mostra os resultados deste experimento. Neste caso, é possível verificar que o sensor é capaz de identificar o som até 40 cm de distância. Com este resultado, espera-se definir uma distância do equipamento com a telha, permitindo a identificação do início, período e fim da chuva de granizo.

Figura 6 – O gráfico apresenta os resultados de um teste com o sensor KY-038 em uma posição fixa entre ele e uma caixa de som que emitia bips, onde o som do computador foi aumentado gradualmente.



Fonte: Os autores.

Figura 7 – O gráfico apresenta o resultado de outro teste com o sensor KY-038. Neste caso, a fonte sonora permaneceu em uma mesma posição, enquanto, com o auxílio de uma trena, o sensor for sendo afastado a cada apito sonoro com volume máximo.



Fonte: Os autores.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dado os impactos causados pelas tempestades de granizo, juntamente com a dificuldade em estudar os fenômenos meteorológicos que causam estas chuvas, este trabalho teve como objetivo avaliar a sensibilidade do sensor de intensidade sonora para seu uso no desenvolvimento de um granizômetro automático. Baseando-se no conceito de que o próprio ouvido humano é capaz de identificar a duração e a intensidade das chuvas de granizo, pretende-se utilizar este tipo de sensor no granizômetro, fornecendo tais informações que serão úteis para pesquisadores e empresas que necessitam de tais dados.

Desta forma, utilizou-se o microcontrolador Arduino UNO e o sensor de intensidade sonora KY-038. Os procedimentos para avaliação da sensibilidade do sensor foi focado na capacidade de identificar as possíveis pedras de granizo e na viabilidade da alocação do granizômetro próximo aos telhados de casas. Assim, num primeiro momento, o dispositivo foi colocado próximo a um computador que simulava a chuva, com um apito sonoro, variando o seu volume a cada 25%. Na segunda etapa, o apito se manteve a um volume constante, porém o dispositivo foi se distanciando a cada 10 cm da fonte sonora.

Os resultados mostraram que o sensor apresenta uma boa sensibilidade de variação de intensidade sonora. Isto favorece a identificação dos tamanhos das pedras. Com uma boa amostragem poderão ser identificadas pedras a partir dos bits normalizados obtidos com a saída do microcontrolador. Além disso, o sensor também se mostrou capaz de identificar tais variações dentro de uma distância de até 40 cm da fonte sonora. Isto permite identificar um limiar para colocação do futuro granizômetro em telhas e telhados para pesquisas e análises de resultados da formação de tempestades de granizo.

É importante salientar que, apesar desta etapa do processo de calibração do sensor de intensidade sonora ser de fundamental importância para continuidade deste trabalho, o granizômetro automático não está finalizado. Estudos e técnicas para otimização do seu funcionamento, com foco na eficiência e alimentação do equipamento, estão em desenvolvimento.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq – Processo 119105/2017-9) e ao Centro Paula Souza pelo apoio financeiro.

## REFERÊNCIAS

ALLEN, J. T.; TIPPETT, M. K.; SOBEL, A. H. **An empirical model relating US monthly hail occurrence to large-scale meteorological environment.** *J Adv Model Earth Syst*, v. 7, n. 1, p. 226–243, 2015.

AYODE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos.** 13<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. 332 p.

BERTOLDO, S.; ALLEGRETTI, M.; LUCIANAZ, C.; PERONA, G. **Progress on the realization of innovative low cost disposable hail sensing probes.** In: 2ND EUROPEAN HAIL WORKSHOP, 2. Bern, Suíça. *Anais...CD-ROM*. On-line. Disponível em: <<http://porto.polito.it/2670006/>>

BOSCO, L.C.; BERGAMASCHI, H.; CARDOSO, L.S.; de PAULA, V. A.; MARODIN, G. A. B.; NACHTIGALL, G. R. **Apple production and quality when cultivated under anti-hail cover in southern brazil.** *Int J Biometeorol*, v. 59, n. 7, p. 773–782, 2015.

BRIMELOW, J. C.; REUTER, G. W. **Explicit forecasts of hail occurrence and expected hail size using the GEM–HAILCAST system with a rainfall filter.** *Weather Forecast*, v. 24, p. 935–945, 2009.

CHARTTERJEE, P.; PRADHAN, D.; DE, U. K. **Simulation of hailstorm event using mesoscale model MM5 with modified cloud microphysics scheme.** *Ann Geophys*, v. 26, p. 3545–3555, 2008.

CIFELLI, R.; DOESKEN, N.; KENNEDY, P.; CAREY, L. D.; RUTLEDGE, S. A.; GIMMESTAD, C.; DEPUE, T. **The community collaborative rain, hail, and snow network: Informal education for scientists and citizens.** *B Am Meteorol Soc*, v. 86, n. 8, 1069-1078, 2005.

FELIX, Rafael Ribeiro. **Análise das ocorrências de granizo na Região Sul do País e estudo de viabilidade para implementação de sistemas anti-granizo em áreas afetadas.** Monografia (Graduação) – Curso Superior de Bacharelado em Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Londrina, 2015. 54 p.

FERNANDES, G.W.; OKI, Y.; de SÁ, C.M.; SALES, N.M.; QUINTINO, A.V.; FREITAS, C.; CAIRES, T. **Hailstorm impact across plant taxa: leaf fall in a mountain environment.** *Neotrop. Biol. Conserv.* v. 7, n. 1, p. 8-15, 2012.

GARCÍA-ORTEGA, E.; LÓPEZ, L.; SÁNCHEZ, J. **Atmospheric patterns associated with hail-storm days in the Ebro Valley, Spain.** *Atmos Res*, v. 100, n. 4, p.401–427. 2011.

GERTZMAN, H. S.; ATLAS, D. **Sampling errors in the measurement of rain and hail parameters,** *J Geophys Res-Oc Atm*, v. 82, n. 31, p. 4955-4966, 1977.

JORNAL COMARCA DE GARÇA. **Susto – Chuva de granizo assusta e causa danos na cidade.** Disponível em: <[http://www.jornalcomarca.com.br/?pagina=noticias&id\\_materia=168251&id\\_secao=29](http://www.jornalcomarca.com.br/?pagina=noticias&id_materia=168251&id_secao=29)>. Acesso em 01 de junho de 2017.

MANZATO, A. **Hail in northeast Italy: a neural network ensemble forecast using sounding-derived indices.** *Weather Forecast*, v. 24, p. 3–28, 2013.

MARTINS, J. A.; BRAND, V. S. ; CAPUCIM, M. N. ; FELIX, R. R. ; MARTINS, L. D.; FREITAS, E. D. ; GONÇALVES, F. L.T. ; HALLAK, R.; SILVA DIAS, M. A. F.; CECIL, D. J. **Climatology of destructive hailstorms in Brazil.** *Atmos Res*, v. 184, p. 126-138, 2016.

MERINO, A.; WU, X.; GASCÓN, E.; BERTHET, C.; GARCÍA-ORTEGA, E.; DESSENS, J. **Hailstorms in southwestern France: Incidence and atmospheric characterization,** *Atmos Res*, v. 140-141, p. 61-75, 2014.

MOHR, S.; KUNZ, M.; GEYER, B., **Hail potential in Europe based on a regional climate model hindcast.** *Geophys Res Lett*, vol. 42, p. 10904–10912, 2015.

MORGAN Jr., G. M.; TOWERY, N.G. **On the Role of Strong Winds in Damage to Crops by Hail and Its Estimation with a Simple Instrument.** *J Appl Meteorol*, n. 15, p. 891–898., 1976.

MORGAN Jr., G. M.; TOWERY, N.G. **Small-scale variability of hail and its significance for hail prevention experiments.** *J Appl Meteorol*, n. 14, p. 763–770., 1975.

NURJANNAH, I.; HARIJANTO, A.; SUPRIADI, B. **Sound Intensity Measuring Instrument based on arduino board with data logger system.** *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, v. 4, n. 9, p. 27-35.

POCAKAL, D.; VECENAJ, Z.; STALEC, J. **Hail characteristics of different regions in continental part of Croatia based on influence of orography.** *Atmos Res*, v. 93, n. 1-3, p. 516-525, 2009.

SCHLEUSENER, R. A.; JENNINGS, P. C., **An energy method for relative estimates of hail intensity.** *B Am Meteorol Soc*, v. 41, p. 372-376, 1960.

SOKOL, Z.; ZACHAROV, P.; SKRIPNIKOVÁ, K. **Simulation of the storm on 15 August 2010, using a high resolution COSMO NWP model.** *Atmos Res*, v. 137, p. 100–111, 2014.

SPEER, M. S.; LESLIE, L. M.; QI, L.; BUCKLEY, B. W. **Urban scale modelling: the Sydney hail-storm of 14 April 1999.** *Meteor Atmos Phys*, v. 87, p. 161–166. 2004.

TEIXEIRA, M. S.; SATYAMURTY, P. **Episódios de chuvas intensas na região sul do Brasil.** Parte I: Configuração sinópticas associadas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 13. Fortaleza. *Anais*. 2004. CD-ROM. On-line. (INPE-12104-PRE/7450). Disponível em: <<http://urlib.net/cptec.inpe.br/walmeida/2004/09.21.10.34>>. Acesso em: 21 out. 2014.

TUOVINEN, J.; PUNKKA, A.; RAUHALA, J.; HOHTI, H.; SCHULTZ, D. M. **Climatology of Severe Hail in Finland: 1930–2006.** *Mon Weather Rev*, vol. 137, p. 2238–2249, 2009.

VENTO, D., **La determinazione della energia di impatto della grandine.** *Riv Ital Geofis*, vol. 21, n. 1-2, p. 73-77, 1972.

WOBROCK, W.; FLOSSMANN, A. I.; FARLEY, R. D. **Comparison of observed and modelled hailstone spectra during a severe storm over the Northern Pyrenean foothills,** *Atmos Res*, vol. 67-68, p. 685-703, 2003.