A CONFIABILIDADE DOS DADOS OBTIDOS POR ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS AUTOMÁTICAS PARA APLICAÇÕES AGRÍCOLAS

Ester Ribeiro Aranha, Ana Clara Ribeiro Aranha, Arthur Henrique Tostes Batista Aranha, Marcos Paulo Mazzeo Mariano, Rosembergue Bragança.

Universidade Federal do Espírito Santo/Departamento de Engenharia Rural, Alto Universitário, s/n°, Guararema - 29500-000 - Alegre-ES, Brasil, esteraranha@gmail.com, anaclaraaranha@gmail.com, arthurhenriquetb@gmail.com, marcos.mariano@ufes.br, rosembergue.braganca@ufes.br.

Resumo

A confiabilidade dos dados obtidos por estações meteorológicas automáticas é determinante para a tomada de decisões na agricultura. Este trabalho teve como objetivo explorar desafios e soluções relacionados à representatividade dos dados meteorológicos. Foram realizadas buscas em plataformas online de pesquisa científica, com seleção de 18 trabalhos para a discussão. A literatura evidenciou falhas relacionadas à estação, estressores ambientais, má calibração e manutenção. Em contrapartida, o aprimoramento do projeto dos instrumentos, a instalação adequada, a manutenção, a calibração e a aplicação de validação e controle de *data*, mesmo com limitações, demonstraram potencial para elevar a qualidade dos dados. Conclui-se que a integração entre aprimoramento instrumental, procedimentos operacionais e controle sistemático da qualidade é fundamental para ampliar a confiabilidade das informações meteorológicas e subsidiar decisões agrícolas mais precisas.

Palavras-chave: agrometeorologia; confiabilidade; ambiente.

Área do Conhecimento: Ciências Agrárias - Agronomia.

Introdução

Visto que recursos naturais são necessários para a produção de alimentos, na agricultura, o ambiente é vital para o sucesso do desenvolvimento e manejo das culturas. No ambiente, o tempo é um dos elementos que está sempre em mudança e influencia diretamente a tomada de decisão e o dia a dia no campo. Portanto o conhecimento preciso de variáveis climáticas, como temperatura, umidade relativa, precipitação, duração do molhamento foliar e velocidade do vento, é necessário para uma agricultura cada vez mais eficiente. Nesse contexto, as estações meteorológicas automáticas surgiram como alternativa promissora para medir variáveis atmosféricas de interesse em diversas atividades rurais.

Hoje as estações meteorológicas automáticas são utilizadas amplamente por organizações para a disponibilização de dados a toda sociedade e também por propriedades para uso individual. Apesar de apresentarem caracterização das condições meteorológicas, capacidade de amostragem e possibilidade de operação muito satisfatórias (Strassburger *et al.*, 2011), resultando na primazia do seu uso no Brasil em relação às estações convencionais, os dados provenientes das estações meteorológicas automáticas ainda possuem uma confiabilidade de caráter dúbio (Dandrifosse *et al.*, 2024).

O presente trabalho de revisão de literatura tem como objetivo explorar a problemática dos desafios que impedem a obtenção de dados atmosféricos que refletem a realidade, uma vez que essas informações, quando aplicadas à agricultura, impactam no êxito das atividades rurais. Ademais, pretende-se buscar e ponderar as possíveis soluções para esses desafios, a fim de esclarecer e fornecer um panorama da questão da confiabilidade das informações geradas por estações meteorológicas automáticas.

Metodologia

O processo para a conclusão do trabalho consistiu, primeiramente, na procura por trabalhos acadêmicos e científicos que investigassem os possíveis problemas relacionados às estações meteorológicas automáticas que afetassem a confiabilidade dos dados. Depois, ocorreu a busca por

trabalhos que falassem sobre as consequências desses problemas e sobre possíveis soluções. Para isso, foi usada a estratégia de busca de combinação das palavras-chave: estações meteorológicas automáticas; controle de qualidade de dados; sensores; erro de medição; molhamento foliar; temperatura; umidade relativa; precipitação; velocidade do vento; agronomia.

A combinação das palavras não seguiu uma lógica definida de permutação, contudo apresentou caráter experimental. Na busca com operador booleano foi usado apenas “AND”, e na busca sem operadores foram usadas aspas e preposições entre as palavras. No resultado da pesquisa, o critério de seleção dos 29 trabalhos foi a compatibilidade com o tema e construção da discussão a partir da leitura do título, e para a seleção dos 18 trabalhos usados foi o mesmo a partir da leitura do resumo. O uso de ferramentas de gerenciamento de referências não foi necessário para a detecção de duplicatas, pois apenas parte do resultado de busca foi considerado quando os artigos da seleção visual foram suficientes para sustentar a discussão. A importação dos trabalhos ocorreu por download individual de cada artigo a partir dos links disponíveis nas bases de dados, a saber, Google Acadêmico, Periódicos da CAPES e SciELO. Apesar da pesquisa ter sido feita sem ajuste temporal definido, houve preferência de trabalhos feitos a partir do ano 2000. Ferramentas de tradução foram utilizadas para a compreensão dos textos, pois as buscas foram feitas em mais de uma língua (português e inglês).

Resultados

Vinte e nove trabalhos que abordam problemas e soluções que podem afetar a confiabilidade dos dados provenientes de estações meteorológicas automáticas foram analisados, e dezoito escolhidos para a discussão do tema proposto. Os trabalhos mostraram que as estações apresentam problemas envolvendo sua mecânica, eletrônica, projeto e desafios associados à sua exposição ao ambiente, sendo o último mais abrangente e mais abordado, devido à possibilidade de afetar várias partes das estações ao mesmo tempo. Também, muitos trabalhos dedicados às soluções e à verificação de soluções desses problemas foram encontrados, o que mostra uma iniciativa de resolução evoluída da questão de confiabilidade de dados proposta, apesar de ainda haver entraves específicos para extinguir o impasse.

Discussão

As estações meteorológicas automáticas são uma das principais formas de observação meteorológica de superfície no Brasil, e possuem seu desenvolvimento voltado para aumentar a confiabilidade e homogeneizar as medições em relação às estações convencionais. Porém, valores que não representam a condição real do ambiente ainda são encontrados frequentemente em bancos de dados, que podem apresentar erros e falhas na sequência, gerando uma base para informações ilusórias (Pereira *et al.*, 2024). A questão piora quando o banco não apresenta o resultado da medição submetido por processo de consistência/validação, o que dificulta na superação dos problemas gerados na obtenção dos dados (INMET, 2024).

A origem do erro de representatividade na série das variáveis meteorológicas geralmente está relacionada à própria estação meteorológica ou ao ambiente em que a estação está instalada (Kim *et al.*, 2022). O ambiente está sempre em mudança, bem como os seus aspectos físicos e biológicos que podem interferir no bom funcionamento das estações, seja por um bloqueio de algum elemento da paisagem próximo ao local da instalação, como o crescimento excessivo de uma árvore pode bloquear a luz do sol de atingir o sensor de radiação, seja pelo próprio relevo da região impedindo a transmissão dos dados, como a ondulação de um terreno pode bloquear o envio de dados transmitidos por GPRS (Serviço Geral de Rádio por Pacotes) para um servidor receptor distante, ou seja pela obstrução ou avaria dos equipamentos da estação por algum objeto (OMM, 2024).

Ademais, referente às influências do ambiente, é válido comentar sobre a contribuição de variáveis meteorológicas para o erro na observação de outras variáveis. Por exemplo, Segovia-Cardozo *et al.* (2023) reportaram que o vento, junto com o calor, causando perdas por evaporação, e o desgaste mecânico eram responsáveis por subestimar valores de precipitação em pluviômetros de báscula.

Os erros oriundos de problemas intrínsecos à estação observadora muitas vezes estão relacionados aos equipamentos eletrônicos, como os sensores e a parte de registro e transmissão. Nas observações de precipitação, a falha mais comum é o entupimento do pluviômetro, que compromete a medição realizada pela parte mecânica, necessária para a medição eletrônica. Em zonas agrícolas, os

pluviômetros tendem a ter o orifício e o cilindro parcialmente obstruídos por terra, insetos e partes de plantas. Assim, o equipamento continua a registrar a precipitação, mas de forma subestimada no momento da chuva e superestimada depois dela, por causa do gotejamento residual de água (Martinaitis *et al.*, 2022).

A deriva dos sensores capacitivos, nas observações de umidade relativa, é um problema bem reportado (Bell, 2015; Ingleby *et al*., 2013). O filme polimérico encontrado no sensor sofre contaminação progressiva, degradação provocada pelo calor e ciclagem térmica. Isso causa uma superestimação das observações em valores reais de umidade baixos e médios, e uma subestimação quando o dispositivo está quase saturado. A respeito da medição da temperatura é válido comentar sobre a limitação de projeto dos sensores com escudo de radiação simples e sem ventilação. Esses sofrem com o aquecimento causado pela radiação solar, que é retida nos sensores superestimando os valores reais de temperatura quando a velocidade do vento está baixa (Morino *et al*., 2021).

Falhas recorrentes na observação da duração do molhamento foliar podem estar associadas à degradação do revestimento do sensor, como por aplicação de agrotóxicos com alta agressividade química, à deterioração do papel, em caso de uso do sensor de resistência baseado em papel, ao acúmulo de sujeira na superfície do sensor, como poeira, excrementos de pássaros e pólen, e até ao formato do sensor (Onofre *et al.*, 2020). Por exemplo, Sentelhas *et al*. (2007) compararam tipos de sensores e descobriu que sensores cilíndricos tendem a superestimar a duração de molhamento foliar, sobretudo devido ao acúmulo de grandes gotas de água na parte inferior do sensor, que demoravam mais para evaporar.

Em relação aos anemômetros, um fenômeno importante que pode prejudicar a precisão das observações de velocidade do vento é o *dynamic overspeeding*, caracterizado como um erro sistemático que está ligado ao próprio princípio de funcionamento dos anemômetros de copos. Por causa da inércia do rotor e do torque aerodinâmico produzido pelos copos, o sensor não consegue acompanhar condições instáveis de velocidade do vento. Dessa forma, a medição tende a subestimar os valores quando a velocidade aumenta, e, principalmente, superestima os valores reais quando a velocidade decresce. Além disso, os dados podem ser afetados pela resposta angular do anemômetro, que está associada à direção do vento e a orientação do rotor, resultando em diferentes valores para uma mesma velocidade (Pedersen e Dahlberg, 2024).

Brown *et al*. (2026) estudaram estações meteorológicas automáticas mais compactas, por serem a preferência do uso individual e, consequentemente, menos prováveis de serem mantidas segundo as diretrizes da Organização Mundial de Meteorologia. Por conseguinte, discutiu que a degradação das variáveis meteorológicas estudadas, exceto a umidade relativa, pareceu ser menos influenciada pela idade dos sensores do que pela limitação de seu projeto, juntamente com estressores ambientais cumulativos.

A confiabilidade das séries de dados também pode ser afetada por complicações na parte de registro, processamento, armazenamento e transmissão. Muitos motivos estão relacionados: a estações e receptores fora do ar ou offline, resultando na interrupção da coleta de dados; ao registro e processamento incorretos, gerados por erros na conversão e no controle de qualidade; e a complicações no armazenamento, causadas por problemas no *datalogger*. Ademais, é possível ocorrer interferência por ruídos eletrônicos no sinal do sensor, perda ou corrupção de dados durante a transmissão ou processamento e erros nos algoritmos utilizados para transformar dados brutos em informações aplicáveis (Petrić *et al*., 2026).

Por fim, a qualidade dos dados obtidos por estações meteorológicas automáticas também depende da operação humana. A instalação inadequada pode comprometer a representatividade das medições, enquanto a ausência de calibrações laboratoriais e manutenções periódicas pode favorecer a ocorrência de erros e o declínio do desempenho dos instrumentos (Fiebrich *et al*., 2010; Merlone *et al*., 2024).

Os desafios supracitados relacionados às estações meteorológicas automáticas influenciam a produção de alimentos e são fator de dependência para uma agricultura eficiente, afetando as atividades no campo em diferentes níveis de acordo com a importância do dado agrometeorológico no manejo em questão. Por exemplo, uma umidade relativa de 90% pode ser propícia para o estabelecimento de doenças fúngicas na lavoura e também valor indicativo para a aplicação de defensivos agrícolas. Portanto, se a observação da estação acusar erroneamente um valor abaixo do limiar crítico, o produtor terá maiores problemas com doenças, e se a observação acusar erroneamente

o valor de 90% ou maior, o produtor terá um gasto desnecessário com agrotóxicos (Dandrifosse *et al*., 2024).

De forma análoga, ocorre com as outras variáveis meteorológicas. A precipitação exerce papel fundamental na definição das épocas de semeadura e colheita, além de influenciar o manejo e a aplicação de insumos agrícolas, como a água, fertilizantes e produtos fitossanitários. A velocidade do vento é uma variável importante durante as pulverizações, pois interfere tanto na eficiência da aplicação quanto no cumprimento das exigências legais. Já a temperatura colabora para estimar e acompanhar o desenvolvimento das plantas, enquanto a duração do molhamento foliar contribui para prever e monitorar riscos. Logo, a baixa qualidade dos dados pode causar prejuízos econômicos e ameaças ao ambiente (Dandrifosse *et al*., 2024).

Para garantir uma confiabilidade satisfatória das informações obtidas por estações automáticas é preciso primeiramente escolher uma estação com instrumentos projetados para a maximização da representatividade das observações. Por exemplo, anemômetros com copos cônicos e braços mais curtos podem apresentar *overspeeding* muito menor que anemômetros de copos hemisféricos (Pedersen e Dahlberg, 2024). Além disso, estações meteorológicas externas se beneficiam de um projeto de construção com materiais resistentes à corrosão, ou inertes, e da proteção contra entrada de água e poeira (Brown *et al*. 2026). Portanto, no caso do uso individual, há uma necessidade de informar o produtor rural sobre o modelo de estação automática mais adequado, de acordo com seu perfil financeiro.

Também, a qualidade dos dados pode ser aprimorada antes mesmo de serem registrados, com os cuidados necessários na implantação da estação, e a calibração e manutenção devidas. A Organização Meteorológica Mundial dispõe de orientações para a implantação e operação de estações meteorológicas automáticas por meio de suas diretrizes e guias de instrumentos e métodos de observação (OMM, 2024). A OMM também alerta sobre o monitoramento, inspeção de rotina, limpeza, troca de componentes e manutenção preventiva em geral, principalmente para sensores e outros instrumentos da estação expostos a condições externas. Ademais, é importante manter um plano de calibração laboratorial e manter um histórico próprio para cada instrumento. Todas essas práticas conferem precisão às medições e confiabilidade aos dados climáticos (Fiebrich *et al*., 2010; Merlone *et al*., 2024).

Por fim, em relação às precauções após a observação das variáveis, é válido implementar medidas de validação e consistência de dados por meio do controle de qualidade automatizado, e da verificação do controle e possível associação com problemas na estação. Dandrifosse *et al*. (2024) desenvolveram um sistema de controle automático de qualidade de dados de oito variáveis meteorológicas importantes para a agricultura, e um método original para fornecer uma avaliação quantitativa do desempenho do controle desenvolvido. As verificações de dados detectaram 100% dos valores implausíveis para a maioria das variáveis e porcentagens próximas a 100% para a minoria. A única ressalva foi em relação ao aparecimento de alarmes falsos, devido à alta capacidade de filtragem no controle.

Martinaitis *et al.* (2022) desenvolveram um esquema automatizado de identificação e classificação de falhas instrumentais em pluviômetros, baseado no histórico de observações e no desempenho do controle de qualidade dos instrumentos. Assim, foi possível associar o algoritmo de validação à possibilidade de existência de problemas persistentes no próprio equipamento, sinalizando a necessidade de manutenção. De forma análoga, Meira *et al.* (2022) apresentaram um procedimento pioneiro de controle automático de qualidade para precipitação sub-horária, em escala nacional, usando dados obtidos da rede de monitoramento pluviométrico do CEMADEN (Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais). O estudo resultou em um procedimento automático que melhorou a qualidade geral do banco de dados sub-horários, indicando e removendo possíveis pluviômetros com defeito por meio de filtros e análise espacial. A única ressalva foi em relação à dificuldade em encontrar problemas mais sutis quando erros graves e pluviômetros defeituosos saíam do sistema.

No geral, os estudos se mostraram eficientes diante dos problemas propostos, porém ainda indicaram alguns desafios relacionados a certas complexidades da interação entre o ambiente e as estações meteorológicas automáticas, como a percepção de diferentes variáveis para um mesmo estímulo físico (Dandrifosse *et al*., 2024). Também, do controle de qualidade automatizado, houve a sugestão de uma revisão humana final dos dados para evitar falsos erros, como a exclusão de valores extremos, mas condizentes.

Conclusão

De acordo com a pesquisa sintetizada pelos textos acima, é possível concluir que atualmente há caminhos, apesar de não serem infalíveis e possuírem limitações, para solucionar os diferentes problemas relacionados às estações meteorológicas automáticas que afetam a confiabilidade dos dados fornecidos. Portanto, estações que seguem esses protocolos terão melhor desempenho trazendo um caráter mais preciso para as atividades no campo e repercutindo em um impacto positivo no resultado agrícola. Ademais, tendo em vista a vigente instabilidade climática, é necessário prosseguir com os estudos e a revisão de projetos que visam a qualidade dos dados meteorológicos.

Referências

BELL, S. J. Evaluating and improving the quality of personal weather station observations. 2015. Tese (Doutorado) – Aston University, Birmingham, 2015. Disponível em: https://publications.aston.ac.uk/id/eprint/26693/1/Bell_Simon_J._2015.pdf. Acesso em: 14 ago. 2026.

BROWN, C. W.; SCHADEE, M.; DE HAIJ, M.; BRANDSMA, T. Performance and longevity of compact all-in-one weather stations – the good, the bad and the ugly. Atmospheric Measurement Techniques, v. 19, p. 3001-3018, 2026. DOI: 10.5194/amt-19-3001-2026. Disponível em: https://amt.copernicus.org/articles/19/3001/2026/amt-19-3001-2026.html. Acesso em: 19 ago. 2026.

DANDRIFOSSE, S.; JAGO, A.; HUART, J. P.; MICHAUD, V.; PLANCHON, V.; ROSILLON, D. Automatic quality control of weather data for timely decisions in agriculture. Smart Agricultural Technology, v. 8, p. 100445, 2024. DOI: 10.1016/j.atech.2024.100445. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772375524000509. Acesso em: 14 ago. 2026.

FIEBRICH, C. A.; MORGAN, C. R.; MCCOMBS, A. G.; HALL, P. K.; MCPHERSON, R. A. Quality assurance procedures for mesoscale meteorological data. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, v. 27, n. 10, p. 1565-1582, 2010. DOI: 10.1175/2010JTECHA1433.1. Disponível em: https://journals.ametsoc.org/view/journals/atot/27/10/2010jtecha1433_1.xml. Acesso em: 22 ago. 2026.

INGLEBY, B.; MOORE, R.; SLOAN, C.; DUNN, R. Evolution and accuracy of surface humidity reports. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, v. 30, n. 9, p. 2025-2043, 2013. DOI: 10.1175/JTECH-D-12-00232.1. Disponível em: https://journals.ametsoc.org/view/journals/atot/30/9/jtech-d-12-00232_1.xml. Acesso em: 23 ago. 2026.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Saiba como acessar os dados meteorológicos disponíveis no site do Inmet. 26 jun. 2024. Disponível em: https://portal.inmet.gov.br/noticias/saiba-como-acessar-os-dados-meteorol%C3%B3gicos-dispon%C3%ADveis-no-site-do-inmet. Acesso em: 22 ago. 2026.

KIM, B.; HWANG, S.; LEE, Y.; SHIN, S.; KIM, K. Comparative analysis of environmental standards to install a rooftop temperature monitoring station. Scientific Reports, v. 12, art. 22401, 2022. DOI: 10.1038/s41598-022-27070-5. Disponível em: https://www.nature.com/articles/s41598-022-27070-5. Acesso em: 15 ago. 2026.

MARTINAITIS, S. M.; LINCOLN, S.; SCHLOTZHAUER, D.; COCKS, S. B.; ZHANG, J. A temporal gauge quality control algorithm as a method for identifying potential instrumentation malfunctions. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, v. 40, n. 3, p. 265-283, 2023. DOI: 10.1175/JTECH-D-22-0038.1. Disponível em: https://journals.ametsoc.org/view/journals/atot/40/3/JTECH-D-22-0038.1.xml. Acesso em: 17 ago. 2026.

MEIRA, M. A.; FREITAS, E. S.; COELHO, V. H. R.; TOMASELLA, J.; FOWLER, H. J.; RAMOS FILHO, G. M.; SILVA, A. L.; ALMEIDA, C. das N. Quality control procedures for sub-hourly rainfall

data: an investigation in different spatio-temporal scales in Brazil. Journal of Hydrology, v. 613, p. 128358, 2022. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2022.128358. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169422009301. Acesso em: 22 ago. 2026.

MERLONE, A.; BEGES, G.; BOTTACIN, A.; BRUNET, M.; GILABERT, A.; GROSELJ, D.; HARPER, A.; HECHLER, P.; IVANOV, M.; MUSACCHIO, C.; TREWIN, B.; WRIGHT, W. Climatological reference stations: Definitions and requirements. International Journal of Climatology, v. 44, n. 5, p. 1710-1724, 2024. DOI: 10.1002/joc.8406. Disponível em: https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/joc.8406. Acesso em: 25 ago. 2026.

MORINO, S.; KURITA, N.; HIRASAWA, N.; MOTOYAMA, H.; SUGIURA, K.; LAZZARA, M. A.; MIKOLAJCZYK, D.; WELHOUSE, L.; KELLER, L.; WEIDNER, G. Comparison of ventilated and unventilated air temperature measurements in inland Dronning Maud Land on the East Antarctic Plateau. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, v. 38, n. 12, p. 2061-2070, 2021. DOI: 10.1175/JTECH-D-21-0107.1. Disponível em: https://journals.ametsoc.org/view/journals/atot/38/12/JTECH-D-21-0107.1.xml. Acesso em: 21 ago. 2026.

ONOFRE, T. B.; FRAISSE, C. W.; PERES, N. A.; MCNAIR, J. How to avoid common problems with leaf wetness sensor installation and maintenance. Gainesville: University of Florida, Institute of Food and Agricultural Sciences, 2020. Disponível em: https://ask.ifas.ufl.edu/publication/AE538. Acesso em: 17 ago. 2026.

PEDERSEN, T. F.; DAHLBERG, J.-Å. Modelling of cup anemometry and dynamic overspeeding in average wind speed measurements. Atmospheric Measurement Techniques, v. 17, p. 1441-1461, 2024. DOI: 10.5194/amt-17-1441-2024. Disponível em: https://amt.copernicus.org/articles/17/1441/2024/amt-17-1441-2024.html. Acesso em: 15 ago. 2026.

PEREIRA, A. R. B.; COSTA, C. T. F. da; FIRMINO, P. R. A.; STUDART, T. M. de C.; OLIVEIRA, C. W. Preenchimento de falhas em séries de dados meteorológicos de estações automáticas. Revista Brasileira de Climatologia, v. 35, p. 22-44, 2024. DOI: 10.55761/abclima.v35i20.17599. Disponível em: https://ojs.ufgd.edu.br/rbclima/article/view/17599. Acesso em: 21 ago. 2026.

PETRIĆ, M.; LALIC, B.; DOMONKOS, P.; WEIDINGER, T.; VERGAUWEN, T. Quality control and recovery of meteorological data. In: MICROMETEOROLOGICAL MEASUREMENTS. Cham: Springer, 2026. p. 131-161. DOI: 10.1007/978-3-032-03884-5_4. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-032-03884-5_4. Acesso em: 18 ago. 2026.

SEGOVIA-CARDOZO, D. A.; BERNAL-BASURCO, C.; RODRÍGUEZ-SINOBAS, L. Tipping bucket rain gauges in hydrological research: Summary on measurement uncertainties, calibration, and error reduction strategies. Sensors, v. 23, n. 12, art. 5385, 2023. DOI: 10.3390/s23125385. Disponível em: https://www.mdpi.com/1424-8220/23/12/5385. Acesso em: 21 ago. 2026.

SENTELHAS, P. C.; GILLESPIE, T. J.; SANTOS, E. A. Leaf wetness duration measurement: comparison of cylindrical and flat plate sensors under different field conditions. International Journal of Biometeorology, v. 51, n. 4, p. 265-273, 2007. DOI: 10.1007/s00484-006-0070-7. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17124590/. Acesso em: 21 ago. 2026.

STRASSBURGER, A. S.; MENEZES, A. J. E. A. de; PERLEBERG, T. D.; EICHOLZ, E. D.; GONZALEZ MENDEZ, M. E.; SCHÖFFEL, E. R. Comparação da temperatura do ar obtida por estação meteorológica convencional e automática. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 26, n. 2, p. 273-278, 2011. DOI: 10.1590/S0102-77862011000200011. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbmet/a/MjxTgNstbwPH6pxDmdHVcRF/?lang=pt. Acesso em: 25 ago. 2026.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO). Guide to instruments and methods of observation (WMO-No. 8). Geneva: WMO, 2024. Disponível em: hiperlink. Acesso em: 25 ago. 2026.