



Operação de uma estação climatológica básica como ferramenta de pesquisa, ensino e extensão

Diego Simões Fernandes¹; Rafaela Inêz Guimarães²; Thiago Fernandes Amorin³; Arthur Henrique Rocha Santana⁴; Filipi Avelino⁵.

¹ Unidade Universitária Palmeiras de Goiás, Universidade Estadual de Goiás, Palmeiras de Goiás – Goiás, Brasil diego.fernandes@ueg.br (autor correspondente); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6546-2981>

² Unidade Universitária Palmeiras de Goiás, Universidade Estadual de Goiás, Palmeiras de Goiás – Goiás, Brasil rafaelainezquimaraes@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-5158-9161>

³ Unidade Universitária Palmeiras de Goiás, Universidade Estadual de Goiás, Palmeiras de Goiás – Goiás, Brasil fernandes753@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-6625-955X>

⁴ Unidade Universitária Palmeiras de Goiás, Universidade Estadual de Goiás, Palmeiras de Goiás – Goiás, Brasil arthurhenriquer.santana@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-9168-4659>

⁵ Unidade Universitária Palmeiras de Goiás, Universidade Estadual de Goiás, Palmeiras de Goiás – Goiás, Brasil filipi9090@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-2630-2134>

Resumo

O Laboratório de Agrometeorologia e Análises Climáticas da UEG – UnU de Palmeiras de Goiás (LAAC/UEG), desempenha papel essencial na integração entre ciência, ensino e sociedade. Por meio da operação contínua de sua Estação Climatológica Básica Convencional, o LAAC gera uma série histórica de dados meteorológicos confiáveis, fundamentais para estudos regionais e validação de modelos climáticos. Além de servir à pesquisa, a estação oferece formação prática a estudantes de Agronomia e contribui com a comunidade por meio de informativos, boletins, palestras e visitas educativas. A complementação com uma Estação Meteorológica Automática amplia a precisão e a utilidade dos registros. As ações do laboratório fortalecem a extensão universitária, promovendo o uso social do conhecimento climático e auxiliando especialmente pequenos produtores rurais. Assim, o LAAC consolida-se como um elo entre universidade e sociedade, unindo pesquisa, ensino e extensão em prol do desenvolvimento sustentável regional.

Palavras-chave: Séries climáticas. Extensão universitária. Agrometeorologia.

Operation of a basic climatological station as a tool for research, teaching and extension

Abstract

The Agrometeorology and Climate Analysis Laboratory of UEG – UnU in Palmeiras de Goiás (LAAC/UEG) plays an essential role in integrating science, education, and society. Through the continuous operation of its Conventional Basic Climatological Station, LAAC generates a historical series of reliable meteorological data, fundamental for regional studies and the validation of climate models. In addition to serving research, the station offers practical training to Agronomy students and contributes to the community through newsletters, bulletins, lectures, and educational visits. The addition of an Automatic Weather Station increases the accuracy and usefulness of the records. The laboratory's actions strengthen university outreach, promoting the social use of climate knowledge and especially assisting small rural producers. Thus, LAAC consolidates itself as a link between university and society, uniting research, teaching, and outreach in favor of regional sustainable development.

Keywords: Climate series. University extension. Agrometeorology.

Operación de una estación climatológica básica como herramienta para la investigación, la docencia y la divulgación

Resumen

El Laboratorio de Agrometeorología y Análisis Climático de la UEG – UnU en Palmeiras de Goiás (LAAC/UEG) desempeña un papel fundamental en la integración de la ciencia, la educación y la sociedad. Mediante el funcionamiento continuo de su Estación Climatológica Básica Convencional, el LAAC genera una serie histórica de datos meteorológicos fiables, fundamentales para los estudios regionales y la validación de modelos climáticos. Además de servir a la investigación, la estación ofrece prácticas a estudiantes de Agronomía y contribuye a la comunidad a través de boletines informativos, conferencias y visitas educativas. La incorporación de una Estación Meteorológica Automática aumenta la precisión y la utilidad de los registros. Las acciones del laboratorio refuerzan la proyección universitaria, promoviendo el uso social del conocimiento climático y, en especial, apoyando a los pequeños productores rurales. De esta manera, el LAAC se consolida como un vínculo entre la universidad y la sociedad, uniendo investigación, docencia y extensión en favor del desarrollo regional sostenible.

Palabras clave: Serie sobre el clima. Extensión universitaria. Agrometeorología.

INTRODUÇÃO

O final do século XX e o início do século XXI testemunharam uma revolução silenciosa, porém profunda, nas ciências atmosféricas. Segundo Beland e Thorpe (2015), a convergência do advento de novas plataformas de observação (como satélites e radares meteorológicos), o aumento exponencial da capacidade de processamento de supercomputadores e avanços fundamentais na compreensão da física da atmosfera culminou em um salto de qualidade sem precedentes na modelagem e Previsão Numérica do Tempo (PNT) (Hasan *et al.*, 2016; Hill *et al.*, 2023; Nnenna *et al.*, 2023). Metrificando este progresso, a Organização Meteorológica Mundial (OMM) atesta que uma previsão de tempo com até cinco dias de antecedência na atualidade possui um nível de confiabilidade equivalente ao de uma previsão de dois dias há pouco mais de duas décadas.

Este aprimoramento tem implicações diretas e mensuráveis para a sociedade, notadamente para o setor agropecuário. A capacidade de antever, com razoável precisão, a ocorrência de eventos climáticos adversos como geadas, veranicos, estiagens prolongadas ou chuvas intensas, concede aos produtores um valioso intervalo de tempo para a adoção de medidas mitigatórias. Tais ações podem incluir o ajuste do calendário de plantio e colheita, o manejo eficiente da irrigação, a proteção de rebanhos contra intempéries e a aplicação defensiva estratégica, minimizando perdas econômicas e otimizando a produtividade.

Contudo, a sofisticação dos modelos globais e regionais esbarra em um

desafio de escala: a resolução espacial desses modelos, embora cada vez maior, nem sempre captura as variações climáticas determinadas pelo relevo, pela cobertura do solo e por efeitos locais. É nesta escala que as estações climatológicas de superfície assumem um papel insubstituível. Elas constituem a espinha dorsal da rede de observação *in situ*, fornecendo dados contínuos e localizados sobre elementos atmosféricos fundamentais, como vento, nebulosidade, temperatura e umidade relativa do ar, pressão atmosférica, precipitação e insolação.

No entanto, como salientam Kirchhoff *et al.* (2013), a mera existência de dados não garante sua utilidade social. Persiste uma lacuna significativa entre os produtores de informação climática e seus usuários finais, particularmente os agricultores. Esta lacuna é multidimensional, envolvendo barreiras de linguagem técnica, acesso a canais de comunicação e capacidade de interpretação. Carr *et al.* (2016) exploram esta problemática, investigando como a linguagem utilizada em alertas meteorológicos pode ser ajustada para despertar percepções de risco adequadas e obter ações preventivas por parte dos usuários.

Dentre os usuários, o agricultor familiar, o qual possui grande representatividade na produção mundial de alimentos, segundo a *Food and Agriculture Organization* (FAO, 2021), e por uma proporção ainda mais significativa no Brasil, encontra-se frequentemente em situação de maior vulnerabilidade. Muitas vezes, este produtor não tem acesso facilitado a informações climáticas contextualizadas para a sua realidade local. Programas governamentais de apoio, como o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf), são essenciais, mas estudos como o de Redin (2013) indicam que seus benefícios tendem a ser canalizados para agricultores com maior capital e mais integrados ao sistema bancário, deixando à margem aqueles com menor poder econômico.

Neste cenário, as Instituições de Ensino Superior (IES), notadamente as universidades públicas, emergem como atores estratégicos. Elas possuem a capacidade de operar estações climatológicas, gerando dados locais confiáveis, e de atuar como um elo de confiança entre a ciência meteorológica e a comunidade. A tradução do conhecimento científico em produtos acessíveis e a realização de ações de divulgação tornam-se, portanto, uma missão de extensão universitária de alto impacto social.

O presente trabalho insere-se neste contexto, objetivando documentar e analisar as atividades desenvolvidas pelo Laboratório de Agrometeorologia e

Análises Climáticas da UEG - Unidade Universitária de Palmeiras de Goiás (LAAC/UEG). O foco recai sobre a operação da sua Estação Convencional Climatológica (ECC) básica, explorando o tripé universitário: formação prática de discentes do curso de Agronomia em metodologias de observação meteorológica (Ensino); geração de uma série temporal de dados para estudos climatológicos regionais (Pesquisa); e divulgação de informações e conhecimentos para a sociedade, em especial para produtores rurais e escolas da região (Extensão).

MATERIAIS E MÉTODOS

A ECC Básica do LAAC/UEG está instalada na Unidade Universitária de Palmeiras de Goiás, nas coordenadas geográficas aproximadas de Latitude: $-16,82^\circ$, Longitude: $-49,92^\circ$ e altitude de 620 m. Sua operação há mais de treze anos, quase ininterrupta, faz com que seus dados sejam uma fonte primária de dados climáticos para o município e região circunvizinha. A estação é classificada como "básica" por realizar um conjunto fundamental de observações e "convencional" por depender da atuação direta de um observador para a leitura e registro dos instrumentos.

A rotina de observação segue um rigoroso protocolo temporal, estabelecido para garantir a homogeneidade e a comparabilidade dos dados ao longo do tempo. As leituras são realizadas diariamente em dois turnos: o primeiro turno às 09 horas local, as quais são registrados os totais de precipitação e evaporação das últimas 24 horas, as temperaturas mínima e de bulbo seco e úmido do momento. No segundo turno, por volta das 16 horas local, são realizadas a leitura da temperatura máxima e novamente as temperaturas dos bulbos seco e úmido.

O registro dos dados passou por um processo de modernização. No período de 2012 a 2023, os dados eram anotados manualmente em cadernetas de campo específicas. A partir de 2024, implementou-se a digitalização direta em uma planilha eletrônica hospedada em nuvem (*Google Drive*), agilizando o processamento e reduzindo erros de transcrição. A estação é composta por um conjunto de instrumentos clássicos, cujos princípios de funcionamento são amplamente validados pela ciência meteorológica (Varejão-Silva, 2006; Barry e Chorley, 2013).

A precipitação é coletada por um pluviômetro ordinário, tipo *Ville de Paris*, e ocorrer diariamente, às 09 horas local, a água acumulada no reservatório é transferida para uma proveta pluviométrica graduada. A leitura, em milímetros, é

equivalente à altura em milímetros de lâmina d'água que teria se acumulado no solo em uma área plana, assumindo que não houve infiltração ou evaporação. Um milímetro de precipitação corresponde a um litro de água por metro quadrado.

A temperatura do ar é coletada por termômetros de máxima e mínima, os quais ficam abrigados em um abrigo meteorológico para isolamento da radiação solar direta e de outras intempéries. A leitura e *reset* dos instrumentos são feitos após as 16 horas local para a máxima e às 09 horas local para a mínima. A temperatura média diária é calculada pelo método dos valores extremos, obtidos pela média aritmética simples: temperatura máxima (Tmax) + temperatura mínima (Tmin) dividido por 2.

Já a umidade relativa do ar é obtida pelo psicrômetro, o qual consiste em dois termômetros de mercúrio idênticos: um de bulbo seco (mede a temperatura real do ar) e outro de bulbo úmido (cujo bulbo é envolvido por uma mecha de musselina mantida úmida com água destilada). A evaporação da água da mecha resfria o bulbo úmido. A diferença entre as temperaturas de bulbo seco (T) e bulbo úmido (Tw). Com os valores de T e Tw, a Umidade Relativa (UR) é obtida por meio de equações psicrométricas padronizadas ou de tabelas de conversão específicas para o instrumento. A fórmula fundamental é derivada da equação de Ferrel: $e = e_{s(Tw)} - A \cdot P \cdot (T - Tw)$, onde e é a pressão de vapor atual, $e_{s(Tw)}$ é a pressão de vapor de saturação na temperatura do bulbo úmido, P é a pressão atmosférica e A é uma constante psicrométrica. A UR é então calculada por $UR = (e / e_s) \cdot 100\%$, sendo e_s é a pressão de vapor de saturação na temperatura do bulbo seco.

Para a evaporação a estação conta com 2 instrumentos: Tanque Classe A (TCA) e evaporímetro de Pichê. O TCA é um tanque circular de aço galvanizado, instalado sobre uma plataforma de madeira, que simula um corpo d'água. A perda de água por evaporação é medida diretamente com um micrômetro (parafuso de precisão) acoplado a um poço de tranquilizador. A leitura do micrômetro (em mm) é feita diariamente. A evaporação do dia é a diferença entre duas leituras consecutivas. Correlações empíricas permitem estimar a evapotranspiração de referência (ET_o) a partir da evaporação do TCA, utilizando um coeficiente (K_p) que leva em conta a umidade relativa, o vento e a área de entorno do tanque: $ET_o = ET_A \cdot K_p$. O evaporímetro de Pichê é um tubo de vidro fechado em uma extremidade e com um disco de papel filtro na outra, mantido permanentemente úmido por capilaridade. A evaporação da água do disco é diretamente proporcional ao poder

evaporimétrico da atmosfera. A evaporação é lida diretamente na escala graduada do tubo, sendo a diferença entre duas leituras consecutivas. Este instrumento, localizado dentro do abrigo meteorológico, é mais sensível a condições de umidade e ventilação restritas.

Para complementar e validar os dados convencionais, o LAAC/UEG opera uma Estação Meteorológica Automática (EMA) adjacente à estação convencional. Esta estação é equipada com sensores eletrônicos para precipitação, temperatura, umidade relativa, radiação solar global, direção e velocidade do vento, conectados a um *datalogger*. Os dados são integrados a cada minuto e transmitidos automaticamente, sendo disponibilizados publicamente em portal online (<https://app2.enigmamodelo.com.br/tabelaP>) a cada hora. A operação paralela das duas estações permite estudos de comparação e homogeneização de séries, prática recomendada pela OMM durante transições tecnológicas (Alves e Vianello, 1991).

Estudos como os de Almeida e Hermenegildo (2013) e Oliveira *et al.* (2010) demonstram alta correlação entre os dados de estações automáticas e convencionais, assegurando a confiabilidade da série histórica.

As atividades do LAAC/UEG transcendem a coleta de dados, materializando-se em ações concretas de extensão por meio do Boletim Climatológico Mensal, um periódico que sintetiza e analisa os dados do mês, comparando-os com normais climatológicas de estações de referência (ex. Goiânia). Sua publicação ocorreu entre 2012 e 2019, com previsão de retomada para 2026; visitas guiadas onde a recepção de estudantes de ensino fundamental e médio, conduzidas por discentes do curso de Agronomia previamente capacitados, para demonstração *in loco* dos instrumentos e da importância da meteorologia; por fim, atendimento a demandas da comunidade, levando o conhecimento da agrometeorologia para o ambiente escolar por meio de palestras.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A operação contínua da estação por mais de uma década gerou o seu produto mais valioso, uma série histórica de dados climáticos localizados. Esta série é um patrimônio científico insubstituível para a região de Palmeiras de Goiás. Segundo a Regulamentação Técnica da OMM nº 49 (WMO-Nº 49, 1988) sobre procedimentos para obter as normais climatológicas, quando a estação possuir um

período de 30 anos de dados, será possível a caracterização climatológica de município, definindo as normais climatológicas locais para temperatura, precipitação e outras variáveis; detecção de tendências e variabilidade climáticas, analisando as possíveis mudanças nos padrões climáticos regionais, como alterações no regime de chuvas ou no comportamento da temperatura; também os dados servem como "verdade terrestre" (*ground truth*) para calibrar e validar modelos climáticos de menor escala.

A descrição metodológica apresentada anteriormente não é um mero protocolo operacional, mas um reflexo da aplicação prática de princípios físicos e estatísticos. A definição precisa de precipitação, conforme Barry e Chorley (2013), é crucial. A distinção entre chuva (gotas $\geq 0,5$ mm) e garoa (gotas $< 0,5$ mm), conforme Ynoue *et al.* (2017) classifica, tem implicações práticas para a agricultura, pois a garoa, embora contribua para a umidade do solo, possui baixa eficiência de infiltração e alta susceptibilidade à interceptação pela folhagem e à evaporação. O uso do pluviômetro *Ville de Paris* (Figura 1), um padrão consagrado, garante a comparabilidade com outras estações da rede nacional.

Figura 1 – Pluviômetro ordinário, instalado no cercado da Estação Climatológica Convencional básica, do LAAC/UEG.



Fonte: autoria própria (2025).

A operação simultânea do Tanque Classe A (Figura 2a) e do evaporímetro de Pichê (Figura 2b) ilustra a complexidade de se medir um processo físico influenciado por múltiplos fatores. O Tanque Classe A, exposto ao ambiente, responde de forma integrada à radiação solar, temperatura, umidade e vento, sendo um análogo direto de um pequeno reservatório. Já o evaporímetro Pichê, protegido no abrigo, é mais sensível à umidade relativa e à ventilação residual, servindo como um indicador do "poder evaporante" do ar em condições padronizadas. A correlação entre as leituras dos dois instrumentos pode revelar padrões microclimáticos interessantes.

Figura 2 – a) Tanque Classe A instalado no cercado; b) Evaporímetro de Pichê instalado no Abrigo Meteorológico, da Estação Climatológica Convencional básica, do LAAC/UEG.



Fonte: autoria própria (2025).

A instalação da EMA não representa a obsolescência da estação convencional, mas sim sua complementaridade. A EMA (Figura 3) oferece alta resolução temporal (dados horários), fundamental para o estudo de eventos de curta duração, como tempestades convectivas. O uso de sensores automáticos oferece

FERNANDES, D. S. Operação de uma estação climatológica básica como ferramenta de pesquisa, ensino e extensão.

diversas vantagens, tais como o registro de medições de forma automática em áreas remotas e de difícil acesso, a obtenção de dados com maior precisão, o aumento do número de registros em um determinado período e a redução do tempo de resposta entre as medições, além da possibilidade de transmissão de informações em tempo real (Strassburger *et al.*, 2010; Almeida e Hermenegidio, 2013). A estação convencional, por sua vez, mantém a continuidade da série histórica e serve como referência para aferição contínua dos sensores automáticos. Esta dupla abordagem é considerada a melhor prática para garantir a qualidade e a longevidade dos dados ambientais.

Figura 3 – Estação Meteorológica Automática (EMA) operada pelo LAAC/UEG, Palmeiras de Goiás, Goiás.

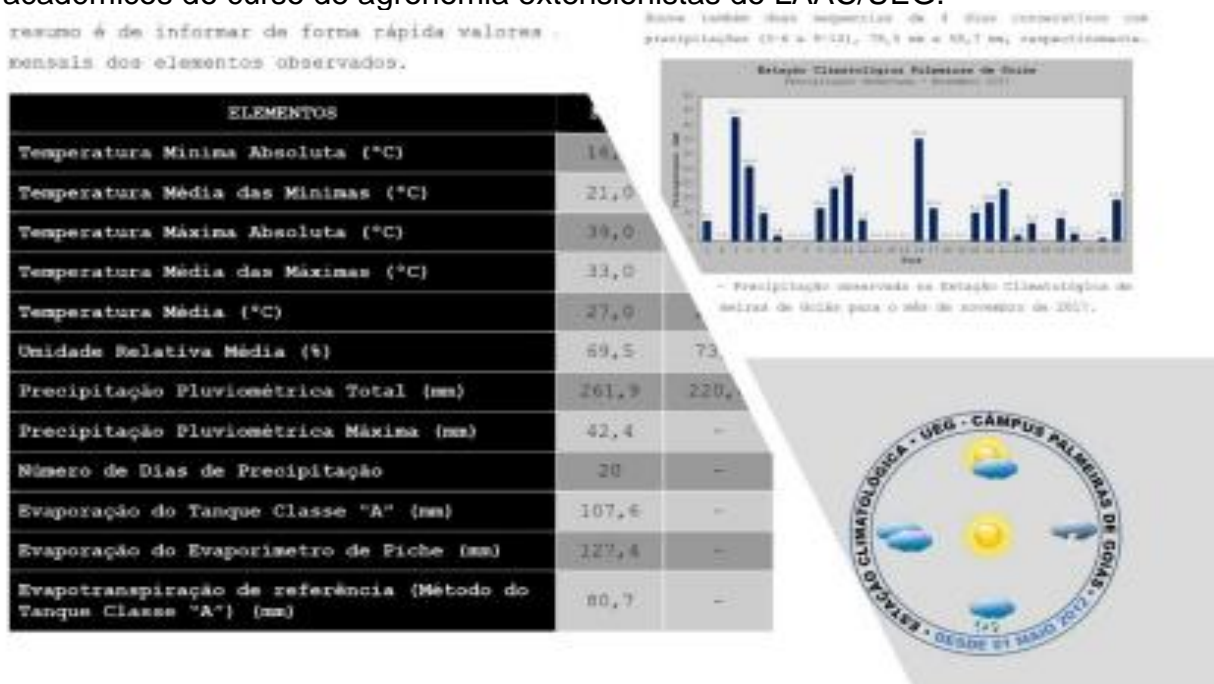


Fonte: autoria própria (2025).

O Boletim Climatológico Mensal é a materialização do eixo de extensão do LAAC/UEG (Figura 4). Ao traduzir dados brutos em informações contextualizadas e acessíveis, o laboratório exerce sua função social. Para o produtor rural, saber que o mês foi 20% mais chuvoso que a média histórica, ou que as temperaturas mínimas

estão consistentemente mais baixas, é mais valioso do que ter acesso a uma tabela de números crus. Para o ano de 2026 a elaboração e disponibilização destes boletins climatológicos completos serão retomados pelo LAAC/UEG, com o intuito tanto de aprimorar o aprendizado dos acadêmicos, como ampliar as informações a pequenos e médios produtores rurais de Palmeiras de Goiás e região.

Figura 4 – Fragmentos do Boletim Climatológico Mensal elaborados por acadêmicos do curso de agronomia extensionistas do LAAC/UEG.



Fonte: autoria própria, 2025.

A elaboração dos informativos diários e/ou mensal e das previsões diárias de tempo (Figura 5) desempenham um papel essencial tanto para o setor produtivo quanto para a formação acadêmica. Para os produtores rurais, essas informações constituem uma ferramenta estratégica para o planejamento e a tomada de decisões relacionadas ao manejo agrícola, permitindo otimizar o uso da água, insumos e práticas de cultivo em função das condições meteorológicas previstas. Para os discentes envolvidos na produção desses informativos, a atividade representa uma oportunidade de aprendizado prático e interdisciplinar, ao integrar conhecimentos teóricos de climatologia, estatística e agrometeorologia com a aplicação de técnicas de análise e interpretação de dados reais.

Diversos estudos corroboram a relevância de demonstrar que o acesso e o uso adequado de informações meteorológicas e climáticas aumentam a resiliência

dos sistemas agrícolas, favorecem a adoção de práticas de manejo mais eficientes e reduzem riscos produtivos associados à variabilidade climática (Adubang'o *et al.*, 2022; Van Der Burg *et al.*, 2021; Opoku *et al.*, 2025). Assim, a produção e disseminação de informativos pela universidade não apenas fortalecem o vínculo entre ciência e sociedade, mas também consolidam o papel do ambiente acadêmico como agente ativo na difusão do conhecimento aplicado e na promoção de uma agricultura mais sustentável e adaptada às condições climáticas.

Figura 5 – Previsão do tempo diária e informativos sobre as condições de tempo e clima elaborados pelo LAAC/UEG para o município de Palmeiras de Goiás.



Fonte: autoria própria, 2025.

As visitas guiadas (Figura 6), por sua vez, são um investimento no longo prazo. Durante a visita são demonstrados os princípios fundamentais da observação meteorológica, destacando a importância da coleta sistemática de dados climáticos para fins científicos e aplicados. É demonstrado pelos discentes anfitriões o funcionamento dos instrumentos utilizados, como termômetros, anemômetros e pluviômetros, enfatizando a precisão e a padronização dos métodos de medição.

Além disso, a demonstração abrange a relevância desses registros para o monitoramento climático, o planejamento agrícola, a gestão de recursos hídricos e a modelagem atmosférica.

Ao despertar o interesse de crianças e jovens pelas ciências atmosféricas, o

FERNANDES, D. S. Operação de uma estação climatológica básica como ferramenta de pesquisa, ensino e extensão.

LAAC/UEG contribui para a alfabetização científica e para a formação de uma geração mais consciente das interações entre clima, agricultura e sociedade. O projeto "MC2CLI-GO – Monitoramento Meteorológico e Climatológico do Estado de Goiás" é a estrutura que consolida e expande este esforço, permitindo a verticalização dos temas em sala de aula.

Figura 6 – Visita de estudantes à Estação Climatológica Convencional operada pelo LAAC/UEG, Palmeiras de Goiás, Goiás.



Fonte: autoria própria (2025).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A trajetória do Laboratório de Agrometeorologia e Análises Climáticas da UEG – Unidade Universitária de Palmeiras de Goiás é um testemunho do papel transformador que uma infraestrutura aparentemente simples, uma estação climatológica básica, pode desempenhar no âmbito de uma universidade e de sua comunidade.

A operação disciplinada e tecnicamente fundamentada da estação gerou um patrimônio de dados que serve de alicerce para a pesquisa climatológica regional.

Como laboratório didático, ela proporciona uma formação prática e crítica

FERNANDES, D. S. Operação de uma estação climatológica básica como ferramenta de pesquisa, ensino e extensão.

para os futuros engenheiros agrônomos, indo além da teoria. Por fim, através dos boletins, informativos, visitas e palestras, o LAAC/UEG cumpre a missão de devolver à sociedade, em forma de conhecimento aplicado e acessível, o investimento público que a sustenta.

O sucesso desta iniciativa reside na sua capacidade de integrar de forma sinérgica as três pernas da universidade: a pesquisa (geração e análise de dados), o ensino (formação de discentes) e a extensão (divulgação e transferência de tecnologia). A estação climatológica do LAAC/UEG é, portanto, muito mais que um conjunto de instrumentos, é um viveiro de ciência, educação e cidadania, cujos frutos contribuem diretamente para a resiliência e o desenvolvimento sustentável do agronegócio e da agricultura familiar na região de Palmeiras de Goiás.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADUBANG'O, P. O. *et al.* Farmers' demand for climate information services: A systematic review. **Sustainability**, v. 14, n. 15, p. 9025, 2022.

ALMEIDA, H. A.; HERMENEGILDO, S. S. Comparação de dados meteorológicos obtidos em estação convencional e automática. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 12, n. 1, p. 32-47, 2013.

ALVES, A.R.; VIANELLO, R.L. **Meteorologia básica e aplicações**. UFV. Viçosa. MG. 465 p. 1991.

BARRY, R. G.; CHORLEY, R. J. **Atmosphere, weather and climate**. 9° ed., Routledge, 2013.

BÉLAND, M.; THORPE, A. "The weather: What's the outlook?" **Bulletin**, vol. 64, 2015. Disponível em: <https://wmo.int/media/magazine-article/weather-whats-outlook>. Acessado em: 04/10/2025.

CARR, R.H. *et al.* Effectively communicating risk and uncertainty to the public: assessing the National Weather Service's Flood Forecast and Warning Tools. **Bulletin of the American Meteorological Society (BAMS)**, vol. 97, n. 9, setembro, p. 1649-1665, 2016.

FAO. **The state of food and agriculture 2021**. Roma: FAO, 2021.

HASAN, N.; UDDIN, M. T.; CHOWDHURY, N. K. Automated weather event analysis with machine learning. **In: International Conference on Innovations in Science, engineering and technology**, Dhaka. Anais, 2016. p. 1-5.

HILL, A. J.; SCHUMACHER, R. S.; JIRAK, I. L. A New paradigm for médium range severe weather forecasts: probabilistic random forest-based predictions. **Weather and Forecasting**, v. 38, n. 2, p. 251–272, 2023.

FERNANDES, D. S. Operação de uma estação climatológica básica como ferramenta de pesquisa, ensino e extensão.

KIRCHHOFF, C.J.; L., M.L.; DESSAI, S. Actionable knowledge for environmental decision making: broadening the usability of climate science. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 38, p. 393–414, 2013.

NNENNA, U. C.; JAMES, E.; EDITH, E. O. Modelling an automatedrainfall forecasting system using an optimized intelligent agent. **Global Journal of Engineering and Technology Advances**, v. 15, p. 64-69, 2023.

OLIVEIRA, A.D. *et al.* Comparação de dados meteorológicos obtidos por estação Convencional e automática em Jaboticabal-SP. **Revista Caatinga**, v. 23, n. 4, p. 108-114, 2010.

OPOKU, M. *et al.* Effectiveness of climate information services in sub-saharan Africa's agricultural sector: A systematic review of what works, what doesn't work, and why. **Frontiers in Climate**, v. 7, 2025.

REDIN, E. Muito além da produção e comercialização: dificuldades e limitações da agricultura familiar. **Perspectivas em Políticas Públicas**, v. 6, n. 12, p. 111–151, 2013.

STRASSBURGER, A. S. *et al.* Comparação da temperatura do ar obtida por estação meteorológica convencional e automática. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 26, n. 2, p. 273-278, 2011.

SILVA, A. B. **Agricultura familiar e cultura no Brasil**. Brasília: Editora MDA, 2023.

VAN DER BURG, L. *et al.* Development of tailored early warning agromet advisories for farmers in Zambia, Indonesia, and South Africa. **Frontiers in Climate**, v. 3, 2021.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. Recife: Versão Digital, 2006.
WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO). **Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation**. 6th ed. (WMO-No. 49). Geneva: WMO, 1988.

YNOUE, R. Y. *et al.* **Microfísica de Nuvens e Precipitação**. São Paulo: Editora da USP, 2017.

Recebido em 09/11/2025

Aceito em 12/02/2026