

TECNOLOGIAS MODERNAS APLICADAS PARA MANEJO EFICIENTE DO CONTROLE DO MICROCLIMA EM CASAS DE VEGETAÇÃO

Bianca Soares Pierre Assumpção¹
Rodolf Augusto Regetz Herold Altisonante Borba Assumpção²

Universidade Federal de Goiás¹
Universidade Evangélica de Goiás – UniEVANGÉLICA²

RESUMO

Casas de vegetação, ou estufas, como são conhecidas, são as construções projetadas para abrigo e controle de fatores essenciais ao desenvolvimento das plantas. As tecnologias modernas estão sendo cada vez mais implementadas em casas de vegetação, devido a evolução no processo produtivo. O objetivo do trabalho foi analisar o uso de tecnologias modernas no manejo do controle do microclima em casas de vegetação, que otimizem o crescimento das plantas e aumento de produtividade. Esse trabalho apresenta uma abordagem bibliográfica, que se concentrou em analisar produções acadêmicas publicadas entre os anos de 2005 e 2025. O material selecionado foi encontrado na plataforma Scopus, por meio das palavras-chave que relacionassem microclima, casa de vegetação, tecnologias, e parâmetros agrometeorológicos. A pesquisa conseguiu explorar a aplicação de algumas tecnologias e como isso afetou a qualidade e produtividade das plantas. Sistemas com exaustores, nebulizadores, resfriadores e aquecedores, permitem o ajuste eficiente de microclima (temperatura, umidade, luz e ventilação), conforme o estágio fenológico em que a planta se encontra. Esse tipo de mecanismo altera o microclima local da estufa, podendo favorecer as atividades fisiológicas da planta. Assim, a prática exige calibração contínua dos sensores, manutenção rigorosa e estratégias que considerem simultaneamente a produtividade, o consumo de energia (custos) e a eficiência.

Palavras-chave: condições climáticas; estufa; exaustores; sistemas de automação.

INTRODUÇÃO

Casas de vegetação, ou estufas, como são conhecidas, são as construções projetadas para abrigo e controle de fatores essenciais ao desenvolvimento das plantas. Entre esses fatores, pode-se citar: a radiação solar, a temperatura do ar, a umidade relativa e a intensidade da luz. Essa estrutura oferece um controle interno do clima, para melhorar o crescimento das culturas, e garantir uma alta produtividade durante todo o ano.

As tecnologias modernas estão sendo cada vez mais implementadas em casas de vegetação, devido a evolução no processo produtivo (Achour; Ouammi; Zejli, 2021). Entre essas tecnologias têm-se: resfriamento evaporativo, aquecimento por tubulações ou energia solar e iluminação LED (*Light Emitting Diode*) com espectro ajustável. Todos esses sistemas integrados influenciam os processos fisiológicos das

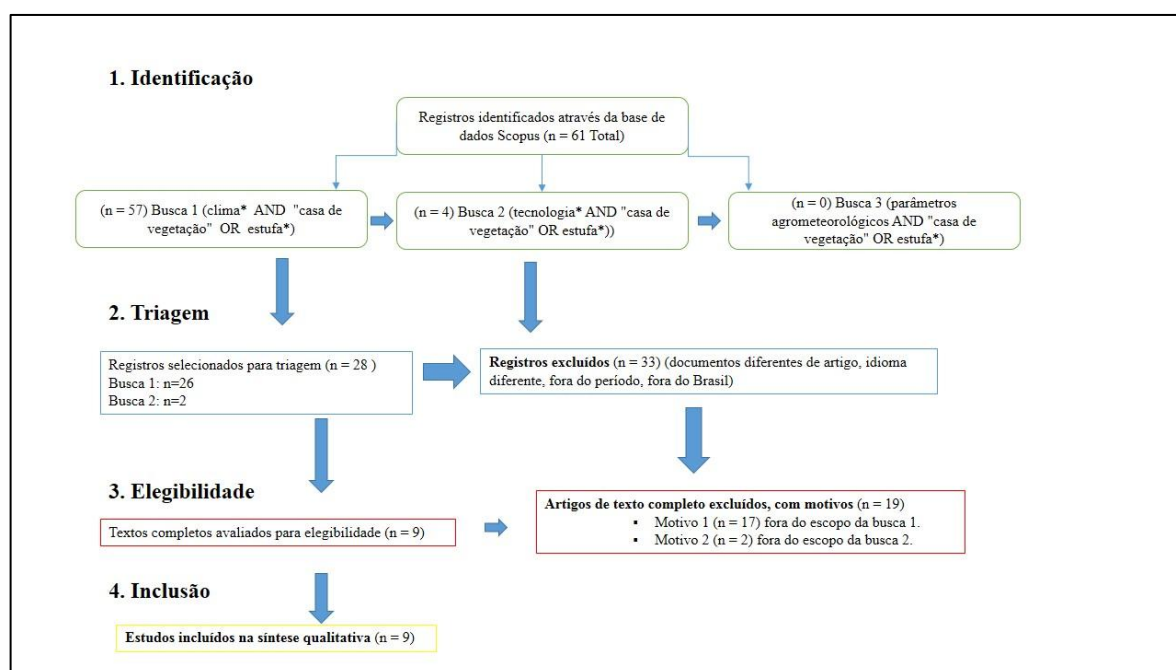
plantas, como floração e frutificação (Cui et al., 2018), afetando conseqüentemente, assim, a produtividade das culturas agrícolas.

Portanto, o objetivo do trabalho foi analisar o uso de tecnologias modernas aplicadas no manejo do controle do microclima em casas de vegetação, que otimizem o crescimento das plantas e aumento de produtividade.

MATERIAIS E MÉTODOS

Esse trabalho apresenta uma abordagem bibliográfica. O material selecionado foi encontrado, por meio das palavras-chave utilizando 3 strings, com indexadores, sendo: 1 – “clima* AND "casa de vegetação" OR estufa*”; 2 - “tecnologia* AND casa de vegetação OR estufa*”; e, 3 - “parâmetros agrometeorológicos AND "casa de vegetação" OR estufa*”. A base de dados utilizados foi a Scopus/Web of Science, com a procura realizada no mês de novembro. Foram encontrados no total 61 documentos publicados. Os critérios de inclusão, foram o idioma português, publicações nos últimos 20 anos no Brasil, e de exclusão a remoção de duplicatas e trabalhos fora do escopo. Assim, o número de registros selecionados, foram 9, conforme o fluxograma construído no estilo PRISMA adaptado (Page et al., 2021).

Figura 1. Fluxograma simples (estilo PRISMA adaptado).



RESULTADOS

A variabilidade espacial da umidade relativa do ar no interior de uma casa de vegetação em clima tropical é significativa, com alta capacidade de evaporação (Voltan et al., 2014). Loose et al. (2014) ao determinar a evapotranspiração máxima (ET) e o coeficiente de cultura da berinjela cultivada em estufa plástica, verificaram que foi o ambiente da estufa (o microclima) é diferente das condições de campo aberto. O plástico e a estrutura alteram a temperatura, a umidade relativa e a radiação solar, afetando diretamente a taxa de ET da planta. O estudo de Peres et al. (2013) também evidencia que modelos de estimativa ET desenvolvidos para condições de campo aberto podem ser inadequados para casas de vegetação, subestimando significativamente a necessidade hídrica real.

O estudo do melão de Teruel (2010) gerou os dados específicos para melão em estufa. Estes são a informação de entrada que os sistemas automatizados e tecnologias modernas utilizam para controlar a fertirrigação. Alternativas como o uso do bambu, exposto por Mary et al. (2007), é uma tecnologia que contribui para a eficiência construtiva e de custo da casa de vegetação, apoiando o um manejo sustentável do microclima. Oliveira et al. (2006), já no intuito de manter a temperatura, citam o uso combinado de técnicas de aquecimento eficientes (piso radiante) com isolamento adicional (túnel ou par duplo). Dequech et al. (2006), utilizaram cobertura plástica combinada com técnicas de aquecimento e isolamento.

O sistema de resfriamento evaporativo tipo *pad-fan* (sistema de resfriamento evaporativo) é um exemplo prático de tecnologia moderna e ativa amplamente usada em casas de vegetação para o controle eficiente do microclima, manipulando a temperatura e a umidade interna, entre 5° e 12°C (Neto e Zolnier, 2010).

A parede úmida atua em sinergia com os exaustores formando o sistema de resfriamento evaporativo”. (Fernandes et al., 2022). Esse tipo de mecanismo altera o microclima local da estufa, podendo favorecer as atividades fisiológicas da planta. No entanto, a maioria dos sistemas de controle atuais são reativos, respondendo às mudanças somente após ocorrerem.

Outro fator que altera as reações fisiológicas das plantas, segundo Fanwoua et al. (2019) é o efeito da iluminação LED (Vermelho 620-750 nm e Azul 400-500 nm);, que em seus estudos afetou o crescimento e qualidade dos tomates. Observou-se, que há um incremento pequeno, na massa fresca dos frutos, quando empregada a combinação de LED vermelho-azul, mantendo a qualidade deles.

Contudo, verificou-se que o uso de sistemas de automação e controle inteligentes baseados em microcontroladores e sensores, em estufas que integram equipamentos controlados, como cortinas laterais, exaustores, nebulizadores, resfriadores e aquecedores, permitem o ajuste eficiente de microclima (temperatura, umidade, luz e ventilação) conforme o estágio fenológico em que a planta se encontra.

CONCLUSÃO

O uso de tecnologias modernas permitem o controle do microclima em casas de vegetação com níveis de eficiência energética e hídrica. No entanto, a prática exige calibração contínua dos sensores, manutenção rigorosa e estratégias que considerem simultaneamente a produtividade, o consumo de energia (custos) e a eficiência.

AGRADECIMENTOS

À agência de fomento CAPES e À UniEVANGÉLICA.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACHOUR, Yasmine; OUAMMI, Ahmed ; ZEJLI, Driss. Technological progresses in modern sustainable greenhouses cultivation as the path towards precision agriculture. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**, 2021, 147(1), 111251.

CUI, Xin; YANG, Xiaohu; SUN, Yanjun; MENG, Xiangzhao; JIN, Liwen. Energy Efficient Indirect Evaporative Air Cooling.: **Sm Sohel Murshed**, 2019. 152 p.

DEQUECH, Sônia Thereza Bastos; SAUSEN, Carla Daniele; Martins, Juliano Dalcin. Ocorrência de parasitóides e patógenos em adultos de Chrysomelidae (Coleoptera) em estufa plástica, em Santa Maria, RS. **Ciênc Rural**. 2006;36(6):1957-1960.

FANWOUA, Julienne; VERCAMBRE, Gilles; BUCK-SORLIN, Gerhad; DIELMAN, Anja; VISSER, Pieter de; GÉNARD, Michel. Supplemental LED lighting affects the dynamics of tomato fruit growth and composition. **Scientia Horticulturae**, 2019,256(1), 108571.

FERNANDES, João Levi Bastos; YANAGI JÚNIOR, Tadayuki; MOURA, Giselle Borges de; RIBEIRO, Alex de Oliveira. Pre-cooling water applied to porous plates of evaporative cooling systems. **Ciência Rural**, 2022,52(11):1-8.

LOOSE, Luis H.; MALDANER, Ivan, HELDWEIN, Arno, LUCAS, Dioneia, RIGHI, Evandro. Evapotranspiração máxima e coeficiente de cultura da berinjela cultivada em estufa plástica. **Rev Bras Eng Agríc Ambient.**, 2014, 18(3):227-234.

MARY, Wellington; KENMOCHI Claudio; COMETTI Nilton; LEAL, Paulo. Avaliação de estrutura de bambu como elemento construtivo para casa de vegetação. **Eng Agríc**. 2007;27(1):19-27.

NETO, Antonio José Steidle; ZOLNIER, Sérgio. Desempenho de um sistema de resfriamento evaporativo do ar em casa-de-vegetação. **IRRIGA**. 2010;15(2):140-153.

OLIVEIRA, Celso; GARCIA, José; DE LA PLAZA, Saturnino; CHAYA Carolina. Comparação do coeficiente global de perdas de calor para casa de vegetação aquecida usando diferentes técnicas para eficiência energética. **Eng Agríc**. 2006;26(2):308-316.

PAGE, Matthew; MCKENZIE, Joanne; BOSSUYT, Patrick; BOUTRON, Isabelle; HOFFMANN, Tammy; MULROW, Cynthia; SHAMSEER, Larissa; TETZLAFF, Jennifer; AKL, Elie; BRENNAN, Sue; CHOU, Roger; GLANVILLE, Julie; GRIMSHAW, Jeremy; HRÓBJARTSSON, Asbjørn; LALU, Manoj M.; LI, Tianjing; LODER, Elizabeth; MAYO-WILSON, Evan; MCDONALD, Steve; MCGUINNESS, Luke A; STEWART, Lesley; THOMAS, James; TRICCO, Andrea; WELCH, Vivian; WHITING, Penny; MOHER, David. PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **The BMJ**, 2021,372(71), 1-9.

PERES, José, MARCUSSI, Leandro; SOUZA, Claudinei; BRUGNARO, Caetano. Utilização de lisímetros de pesagem para a determinação dos coeficientes de cultura do meloeiro (*Cucumis melo* L.) para cultivo em estufa agrícola na região de Araras - SP. **Eng Agríc**. 2013,33(3):574-583.

TERUEL, Barbara. Controle automatizado de casas de vegetação: variáveis climáticas e fertigação. **Rev Bras Eng Agríc Ambient**. 2010;14(3):237-245.

VOLTAN, Diego S.; BARBOSA, Rogério Z.; PEREA MARTINS, João E. M. A variabilidade espacial da umidade relativa do ar no interior de uma casa de vegetação em clima tropical. **Rev Bras Ciências Agrárias**, 2014,9(2), 308-312.