

PROTÓTIPO DE GROWLAMP COM INTERFACE IOT PARA O CULTIVO DE PLANTAS EM AMBIENTES URBANOS

GROWLAMP PROTOTYPE WITH IOT INTERFACE FOR URBAN PLANT CULTIVATION

Prof. Alexandre Domingues

Senai Departamento Regional do Paraná
alexandre.mecatronica@hotmail.com

Prof. Dr. Marcos Alfred Brehm

Senai Departamento Regional do Paraná
marcos.brehm@sistemafiep.org.br

Prof. MSc. Caique Zaneti Kirilo

Faculdade SENAI-SP / Faculdade das Americas - FAM
caiquez.kirilo@gmail.com

Profa. Jéssica Franzon Cruz do Espirito Santo

Faculdade SENAI-SP
jessicaesanto@outlook.com

Resumo

A demanda por alimentos frescos e de alta qualidade, junto à busca por práticas agrícolas mais sustentáveis, impulsiona a busca por soluções inovadoras para a produção. A agricultura em ambientes controlados, como estufas e sistemas de cultivo vertical mostra potencial, mas enfrenta desafios relacionados à dependência da luz solar e o alto consumo de energia.

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de uma Growlamp, um sistema de iluminação para cultivo de plantas com interface IoT. A Growlamp oferece um ambiente controlado para o crescimento de plantas, sem luz solar direta, promovendo a produção de alimentos saudáveis e a sustentabilidade por meio da redução do consumo de água e energia, diminuição da necessidade de transporte e mitigação das emissões de CO₂.

Apesar da disponibilidade de LEDs para horticultura, sistemas nacionais com funcionalidades IoT integradas, como controle de iluminação e monitoramento ambiental, são raros. As opções existentes geralmente são importadas e caras, limitando o acesso a pequenos produtores e agricultores urbanos. Projetos internacionais como "NANO GARDEN" e "The Click & Grow 25" demonstram a demanda e o potencial dessa solução.

Este artigo detalha um protótipo de Growlamp utilizando ESP32, LEDs específicos para plantas e componentes impressos em 3D. O objetivo é apresentar uma solução doméstica de baixo custo e eficiente para o cultivo controlado de plantas, expansível para um sistema completo com irrigação automatizada e monitoramento ambiental.

Palavras-chave: Extensão Universitária, Internet das Coisas, Cultivo, Iluminação Artificial.

Abstract

The growing need for fresh, high-quality food and sustainable agriculture drives the search for innovative production solutions. Controlled environment agriculture, like greenhouses and vertical farming, shows promise but faces challenges with sunlight dependence and high energy consumption.

This paper presents the development of a Growlamp, an IoT-enabled plant cultivation lighting system. It offers a controlled environment for plant growth without direct sunlight, promoting healthy food production and sustainability through reduced water and energy consumption, decreased transportation needs, and mitigated CO₂ emissions.

While LEDs for horticulture are available, domestic systems with integrated IoT functionalities like lighting control and environmental monitoring are scarce. Existing options are often imported and expensive, limiting access for small producers and urban farmers. International projects like "NANO GARDEN" and "The Click & Grow 25" highlight the demand and potential of this solution.

This article details a Growlamp prototype using ESP32, plant-specific LEDs, and 3D printed components. It aims to present a cost-effective and efficient domestic solution for controlled plant growth, expandable to a complete system including automated

irrigation and environmental monitoring.

Keywords: University Extension, Internet of Things, Cultivation, Artificial Lighting.

INTRODUÇÃO

O projeto em questão propõe o desenvolvimento de uma *Growlamp*, sistema de iluminação para o cultivo de plantas, com o intuito de viabilizar a produção de alimentos em espaços sem acesso à luz solar direta. A proposta se destaca por integrar aspectos inovadores como a utilização da Internet das Coisas (*IoT*), a possibilidade de expansão para funcionalidades adicionais, a adoção de código aberto (*open source*) e a implementação de sistemas de sensoriamento.



Figura 1 - Protótipo inicial GROWLAMP (Fonte: Autores)

A *Growlamp* visa contribuir para a produção de alimentos de forma mais sustentável, com redução no consumo de água e energia, além de possibilitar a produção próxima ao consumidor final. Essa aproximação entre produção e consumo diminui a pressão sobre os ecossistemas por monoculturas e reduz as emissões de CO_2 associadas ao transporte de alimentos.

Embora grandes fornecedores de componentes eletrônicos já ofereçam sistemas de iluminação para horticultura, a proposta da *Growlamp* se diferencia por integrar um

microcontrolador com funções *IoT* acessíveis via smartphone, uma característica ausente no mercado nacional. As alternativas disponíveis atualmente são produtos importados de alto custo, limitando o acesso a essa tecnologia por pequenos produtores e entusiastas da agricultura urbana.

A relevância da proposta se evidencia pelo sucesso de projetos internacionais como o "NANO GARDEN" (Prêt à Pousser, 2021) e "The Click & Grow 25" (Click & Grow, 2021), financiados por plataformas de *crowdfunding* (Kickstarter) em 2021. O primeiro projeto arrecadou cerca de R\$ 1 milhão, enquanto o segundo obteve financiamento de aproximadamente R\$ 3 milhões em apenas 20 minutos.

O projeto conta com a colaboração da BrotoFácil, empresa familiar com expertise no fornecimento de kits para produção de brotos e outras soluções para a produção de alimentos. A versão 1.0 do protótipo foi desenvolvida e testada em condições piloto em 2021.

O espectro de emissão de luz ideal para o crescimento de plantas difere do espectro de uma lâmpada comum, pois as plantas não absorvem as diferentes cores de luz (ondas eletromagnéticas de diferentes comprimentos) da mesma maneira que a sensibilidade do olho humano. Para definir o espectro de luz mais eficiente para a fotossíntese, Keith McCree (MCCREE, 1972) introduziu o conceito de "radiação fotos sinteticamente ativas" (PAR).

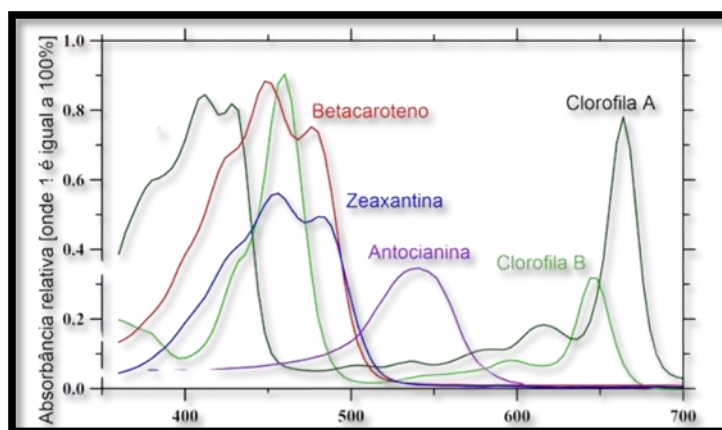


Figura 2 Espectros de absorção de pigmentos fotossintéticos de plantas (Fonte: Tradução livre de EICHHORN BILODEAU (2019))

O PAR define o espectro de luz "útil" para que as plantas realizem a fotossíntese e a produção de substâncias essenciais para o seu crescimento, como betacaroteno e clorofila. O desenvolvimento da *Growlamp* visa aprimorar o protótipo, incorporando funcionalidades adicionais e realizando testes em condições reais de cultivo. A equipe

busca integrar sensores para monitoramento ambiental, implementar sistemas de irrigação automatizada e aperfeiçoar o design da *Growlamp* para otimizar sua funcionalidade e estética.

A *Growlamp* representa um avanço tecnológico com potencial para revolucionar a produção de alimentos em ambientes controlados, promovendo a sustentabilidade e o acesso à produção de alimentos frescos em diversas localidades.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

No presente segmento da obra serão apresentados conceitos fundamentais para o desenvolvimento do protótipo e contextualização do seu valor perante ao meio ambiente e a sociedade.

Horticultura

Com o avanço da sociedade para localidades de difícil cultivo de alimentos, a horticultura passou a ser tema de alta relevância nas mais diversas áreas da ciência. A horticultura é um ramo da agricultura que se empenha no cultivo de plantas de maneira geral, frutas, vegetais, ervas e especiarias (Malik, 2022). Tal cultivo pode ser para consumo humano ou não, além disso, a horticultura também trabalha com melhoramento genético, controle de pragas, manejo de solo e técnicas que melhorem a produtividade, qualidade e sustentabilidade no cultivo (Koukounaras, 2020).

Agricultura automatizada com IoT

A agricultura em estufas baseada na IoT melhora a gestão das culturas, a monitorização das plantas e o controle climático, abordando crises alimentares e promovendo a agricultura sustentável (al., 2022).

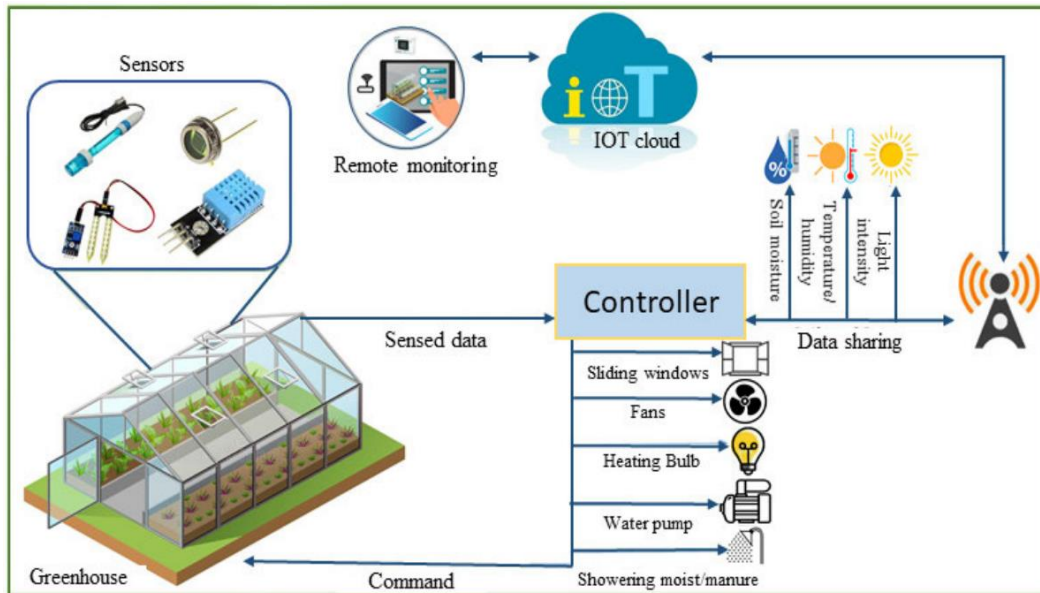


Figura 3 - Smart-Greenhouse (Fonte: (al., 2022))

Conforme demonstrado na Figura 3, a estufa possui sensores que transferem dados para um controlador e o mesmo envia esses dados para a nuvem via internet, possibilitando um controle remoto via aplicativo ou então, tomadas de decisão com base em informações geradas a partir dos dados coletados, sendo assim, para que seja possível controlar os sensores que fazem a leitura da estufa é necessário um dispositivo que faça a manipulação dos dados e os transfira para a internet, na presente obra utilizou-se o ESP-32 como microcontrolador.

O ESP-32 é um microcontrolador que permite a aquisição e a transmissão de medições inteligentes de sensores (temperatura, umidade do solo e insolação) para uma interface, como por exemplo uma página na web ou um aplicativo para smartphone, além disso, o ESP32 garante a conexão de todos os objetos do sistema a uma rede Wi-Fi (al. A. T., 2023).

Mesmo que o ESP-32 associado a tecnologia WI-FI traga benefícios imensuráveis para a sustentabilidade do projeto, existe um problema de escalabilidade implícito caso não haja a devida atenção na implantação do projeto e decida-se por tratar os dados localmente, pois, dada a capacidade de certos dispositivos de Internet das Coisas (IoT) de exibir um nível considerável de inteligência, é provável que isso resulte em um aumento significativo no volume de dados gerados (Tavares, Tori, Kofuji, Marcellos, & Garay, 2018). Conseqüentemente, torna-se inviável processar e analisar essa vasta quantidade de informações localmente. A solução mais viável é a integração dos dispositivos IoT com a computação em nuvem, permitindo o processamento em tempo

real dos dados gerados. Essa conectividade aprimorada entre IoT e a nuvem facilita a interação contínua e eficiente entre seres humanos e máquinas (Tavares, Tori, Kofuji, Marcellos, & Garay, 2018).

A Computação em Nuvem é um paradigma computacional que permite a oferta de serviços de computação (aplicações, processamento, armazenamento, simulação, etc.) pela Internet. Nesse paradigma, as capacidades são fornecidas como serviços na nuvem; assim, os usuários podem acessar essas capacidades sem a necessidade de um entendimento profundo sobre como construir, gerenciar e manter a infraestrutura necessária (máquinas virtuais, armazenamento, servidores, aplicações, etc.) (Garay R. B. Jorge, 2015).

Iluminação PAR

A radiação fotossinteticamente ativa é um insumo necessário em aplicações relacionadas à fisiologia das plantas, produção de biomassa e iluminação natural em estufas. Infelizmente, uma rede mundial de rotina para a medição da radiação fotossinteticamente ativa ainda não foi estabelecida, sendo frequentemente calculada como uma razão constante da radiação solar (Wang, Du, Liu, & Chow, 2021).

O intervalo de comprimento de onda é entre 400 nm-700 nm. Semelhante à resposta do olho humano, há comprimentos de onda específicos aos quais as plantas são mais sensíveis, normalmente encontrados nos espectros azul-vermelho (Danilson, 2017).

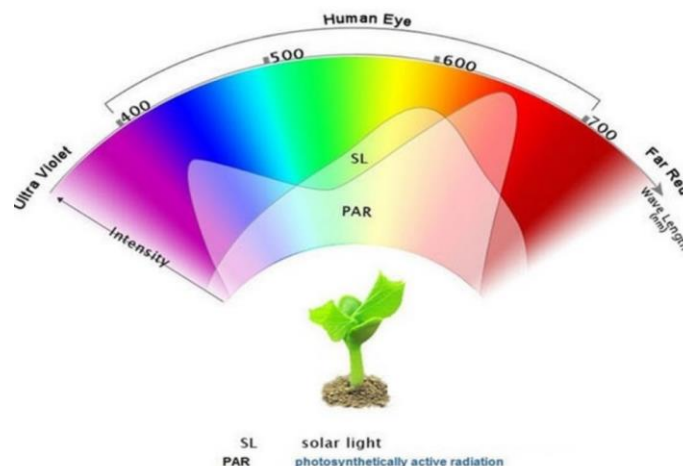


Figura 4 - espectro PAR (Fonte: (Danilson, 2017))

Metodologia

O projeto da *Growlamp*, sistema de iluminação para cultivo de plantas, foi concebido com o objetivo de fornecer um ambiente controlado para o crescimento vegetal, utilizando tecnologia LED no espectro PAR, em locais sem acesso à luz solar direta. A proposta se baseia na integração de conceitos de Internet das Coisas (*IoT*) para o monitoramento e controle do sistema via Wi-Fi, através de uma interface web ou aplicativo de smartphone.

O sistema foi projetado com a possibilidade de expansão para futuras implementações, incluindo a adição de sistemas de irrigação automatizada, sensores para a medição da incidência de luz, umidade do solo, temperatura, e outras variáveis relevantes para o crescimento das plantas.

O driver de potência dos LEDs foi cuidadosamente definido para garantir um controle preciso da corrente, assegurando a uniformidade do brilho ao longo do tempo. Para alcançar essa precisão, o sistema utiliza uma fonte de corrente ativa, com um circuito eletrônico que ajusta automaticamente a tensão aplicada aos LEDs, garantindo a manutenção da corrente em um nível constante.

O projeto foi desenvolvido priorizando a replicabilidade, com foco em baixo custo e na utilização de plataformas e componentes de hardware livre (*open source*). O desenvolvimento mecânico foi realizado por meio da impressão 3D, utilizando o software *Solidworks* para a modelagem das peças.

O protótipo da *Growlamp* integra um sensor DHT11 para a leitura de temperatura e umidade relativa do ar, e um LDR (*Light Dependent Resistor*) para a leitura da intensidade luminosa, permitindo o controle em malha fechada da iluminação. A regulação da intensidade dos LEDs é feita por meio da técnica de modulação por largura de pulso (*PWM*), garantindo o controle preciso da corrente aplicada aos LEDs e otimizando o consumo de energia.

As características técnicas do protótipo, como o controle preciso da corrente, a utilização de componentes de código aberto e a facilidade de replicação por meio da impressão 3D, possibilitam a democratização do acesso a essa tecnologia, abrindo caminho para a produção de alimentos frescos em ambientes controlados e a expansão de práticas de agricultura urbana.

Resultados e discussão

O protótipo da *Growlamp* foi desenvolvido com o objetivo de validar conceitos de *IoT* e eletrônica aplicados à iluminação para o cultivo de plantas em ambientes controlados, sem acesso à luz solar direta. O sistema, concebido como um protótipo conceitual, utilizou o microcontrolador ESP32 como plataforma principal, oferecendo comunicação via *Wi-Fi* e *Bluetooth* para controle remoto e monitoramento.

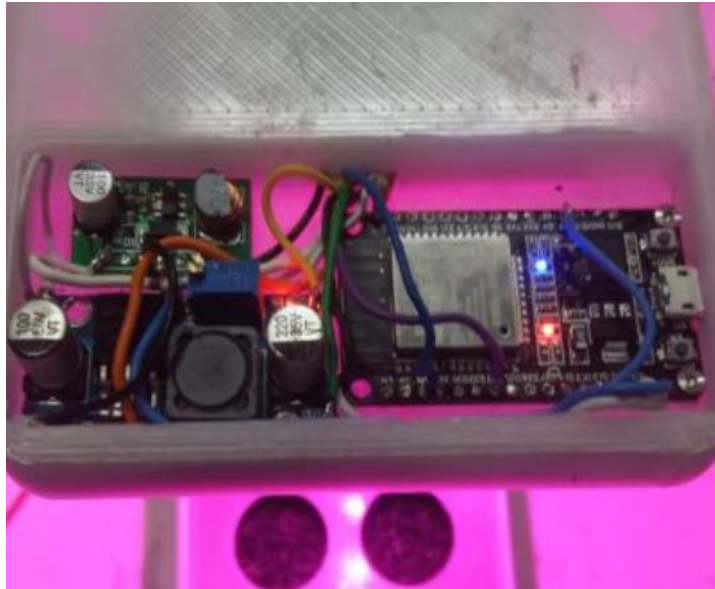


Figura 5 - Circuito encapsulado *Growlamp* (Fonte: Autores)

Um vídeo de demonstração do protótipo que foi citado na presente obra encontra-se no link: <https://www.youtube.com/watch?v=IAv2Z-nbv4>

Para a iluminação, foram utilizados três *LEDs full spectrum*, especialmente desenvolvidos para o crescimento de plantas, com um espectro de emissão de luz que abrange as faixas de comprimento de onda mais importantes para a fotossíntese. Esses *LEDs* são capazes de emitir luz com alta eficiência e baixo consumo de energia, contribuindo para a sustentabilidade do sistema.



Figura 6 - Primeiro protótipo digital e seu resultado (Fonte: Autores)

O protótipo atual conta com o controle de acionamento dos *LEDs* via *Wi-Fi*, acessível por meio de um aplicativo Android e servidor web. O desenvolvimento mecânico do protótipo foi realizado no FabLab do SENAI campus CIC, utilizando a técnica de impressão 3D. O custo total dos componentes utilizados no protótipo foi relativamente baixo, demonstrando a viabilidade da solução proposta.



Figura 7 - Protótipo final Growlamp (Fonte: Autores)

Os resultados obtidos com o protótipo demonstram a viabilidade da aplicação de *LEDs full spectrum* para o crescimento de plantas em ambientes controlados. O sistema de iluminação, controlado via *Wi-Fi*, apresentou confiabilidade e fácil operação, permitindo a regulação precisa da intensidade da luz e do tempo de iluminação. Os testes com o protótipo mostraram resultados positivos no crescimento de plantas, com taxas de crescimento e desenvolvimento comparáveis às obtidas em ambientes com iluminação natural.

Apesar dos resultados positivos em relação ao crescimento das plantas e à confiabilidade do sistema de iluminação, o protótipo apresentou algumas limitações. O tamanho reduzido da *Growlamp* restringiu a quantidade de plantas que podiam ser cultivadas simultaneamente, impactando a produção total. Além disso, a capacidade de produção foi limitada pelo design do protótipo, que foi concebido para testes e validação de conceitos, e não para produção em larga escala.

A análise dos resultados permite concluir que o protótipo da *Growlamp* atingiu seus objetivos principais, demonstrando a viabilidade da aplicação de *IoT* e eletrônica no controle de iluminação para o cultivo de plantas. O sistema de iluminação com *LEDs full spectrum*, controlado por um microcontrolador ESP32, mostrou-se eficiente e confiável, proporcionando um ambiente propício para o crescimento de plantas.

As limitações em relação ao tamanho e à capacidade de produção do protótipo evidenciam a necessidade de futuros desenvolvimentos e aperfeiçoamentos, visando a criação de sistemas de cultivo em larga escala com maior capacidade de produção.

Novas etapas de desenvolvimento incluem:

- Aumento da capacidade de produção, com a criação de um sistema modular e expansível, permitindo o cultivo de um número maior de plantas.
- Integração de sensores para monitoramento de variáveis ambientais, como temperatura, umidade, pH do solo e incidência de luz, para otimizar o controle do ambiente de cultivo.
- Implementação de sistemas de irrigação automatizada para garantir o fornecimento de água adequado para as plantas.
- Otimização do sistema de iluminação, com a incorporação de sensores que ajustam a intensidade da luz de acordo com as necessidades específicas de cada planta.

As etapas de desenvolvimento descritas acima permitirão a criação de um sistema de cultivo de plantas em ambientes controlados mais completo e eficiente, com potencial para revolucionar a produção de alimentos, contribuindo para a sustentabilidade e o acesso a alimentos frescos e de qualidade.

Conclusão

O desenvolvimento do protótipo da *Growlamp* demonstrou a viabilidade da aplicação de conceitos de *IoT* e eletrônica no controle de iluminação para o cultivo de plantas em ambientes controlados, comprovando o potencial da tecnologia para a produção de alimentos de forma sustentável e eficiente.

O protótipo, baseado em um sistema de *LEDs full spectrum* controlado pelo microcontrolador ESP32, apresentou resultados promissores em relação à confiabilidade do sistema de controle, à precisão na regulagem da intensidade da luz e

à facilidade de operação via smartphone.

O sistema de controle de corrente, implementado com um regulador de tensão LM117, garantiu a uniformidade do brilho e a otimização do consumo de energia, confirmando sua eficácia.

A utilização de impressão 3D para a construção do protótipo demonstrou sua viabilidade, com a estrutura impressa demonstrando resistência e durabilidade durante o funcionamento, mesmo em longos períodos. O baixo custo dos componentes utilizados, comprova a acessibilidade da solução proposta, tornando-a uma alternativa promissora para o cultivo de plantas em ambientes urbanos e residenciais.

Apesar dos resultados positivos, o protótipo ainda necessita de aperfeiçoamentos para aumentar sua capacidade de produção e viabilizar sua aplicação em larga escala. O próximo passo no desenvolvimento da *Growlamp* inclui a implementação de um sistema mais eficiente de controle de corrente, com arquitetura *buck* e controle via largura de pulso (*PWM*), que permitirá a otimização do consumo de energia e o controle mais preciso da intensidade da luz. Além disso, a integração de sensores de temperatura e umidade permitirá o monitoramento e o controle mais preciso do ambiente de cultivo, otimizando as condições para o crescimento das plantas. A equipe de desenvolvimento também busca um design mais atraente e prático, com foco na funcionalidade e na estética, para aumentar a usabilidade e o apelo visual da *Growlamp*.

Com os aperfeiçoamentos propostos, a *Growlamp* se tornará uma solução completa e eficiente para o cultivo de plantas em ambientes controlados, contribuindo para a democratização do acesso a alimentos frescos e nutritivos e para a promoção de práticas de agricultura urbana e sustentável.

REFERÊNCIAS

- al., A. T. (2023). Intelligent Internal Climate Control System for Agricultural Greenhouses Based on IoT Technology. *9th International Conference on Control, Decision and Information Technologies (CoDIT)* , 2654-2658.
- al., M. F. (2022). A Survey on IoT in Agriculture for the Implementation of Greenhouse Farming. *IEEE Access*, 53374-53397.
- Click & Grow. (2021). *The Click & Grow 25 - A farmer's market in your own home*. Fonte: kickstarter.
- Danilson, B. (10 de Outubro de 2017). *Horticulture: The Dawn of a New Era*. Fonte: bridgelux: <https://www.bridgelux.com/horticulture-dawn-new-era>

- Garay R. B. Jorge, d. O. (2015). Cloud Application Platform as a Service in Educational Environments. *Recent Patents on Engineering*, 69-76.
- Koukounaras, A. (2020). Advanced Greenhouse Horticulture: New Technologies and Cultivation Practices. *Horticulturae*.
- Malik, M. (2022). Horticulture in India: Problems and prospect. *International Journal of Financial Management and Economics.*, 106-108.
- MCCREE, K. J. (1972). Test of current definitions of photosynthetically active radiation against leaf photosynthesis data. *Agricultural meteorology*, 443-453.
- Prêt à Pousser. (Setembro de 2021). *NANO GARDEN | From seed to plant in a tiny smart garden.* Fonte: kickstarter: <https://www.kickstarter.com/projects/pretapousser/nano-garden-by-pret-a-pousser>
- Tavares, S., Tori, R., Kofuji, S. T., Marcellos, L., & Garay, J. B. (2018). INTERNET DAS COISAS NA EDUCAÇÃO: ESTUDO DE CASO E PERSPECTIVAS. *South American Development Society Journal*, 99-112.
- Wang, C., Du, J., Liu, Y., & Chow, D. (2021). A climate-based analysis of photosynthetically active radiation availability in large-scale greenhouses across China. *Journal of Cleaner Production*.