

OPORTUNIDADES E DESAFIOS DE ROBOTIZAÇÃO UTILIZANDO UM ROBÔ GANTRY EM ESTUFAS AGRÍCOLAS

ANTONIO CARLOS VALDIERO¹, LUCAS BERNARDON MACHADO², RUBEN DARIO SOLARTE BOLAÑOS³, TARIK EL HAYEK ROCHA PITTA DE ARAUJO⁴ e ISAAC VARELA BRITO GUIMARÃES DE SOUZA⁴

¹Dr. Pesquisador CNPq, Prof. Adjunto, LHW/EMC/UFSC, Florianópolis-SC, antonio.valdiero@ufsc.br;

²Me. em Robótica, Prof. Adj. Unipar, Cesul, Francisco Beltrão-PR, lucasbernardon94@gmail.com;

³Me. em Eng. Mec., LHW/UFSC, Florianópolis-SC, rubendariosolarte@gmail.com;

⁴Estudante de Eng. Mec., UFSC, Florianópolis-SC, pittatarik@gmail.com; isaacdesouza10.11@gmail.com;

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
4 a 6 de outubro de 2022

RESUMO: Com o crescente aumento populacional e demográfico, tem-se um acréscimo significativo de demanda na produção de energia e alimentos de maneira saudável, sendo que a eficiência agrícola deve ser triplicada nos próximos anos. Uma das formas de atender esta demanda de maneira sustentável é a utilização da robótica com finalidade de humanizar o trabalho rural, eliminando tarefas insalubres, repetitivas, pouco ergonômicas e de esforço físico, e ao mesmo tempo proporcionando o aumento da produtividade, a melhoria da qualidade dos produtos, a agregação de valor e o uso de tecnologias para tratamento localizado no contexto da agricultura de precisão. Este trabalho tem como objetivo apresentar uma visão geral sobre as oportunidades e desafios para a robotização agrícola, propondo uma solução de baixo custo na forma de um robô do tipo *Gantry*, facilmente adaptável em estufas agrícolas e sistemas de cultivo protegido. Pretende-se assim contribuir para a modernização da agricultura familiar por meio da pesquisa e desenvolvimento de soluções de baixo custo.

PALAVRAS-CHAVE: Estufas agrícolas, robotização agrícola, *robô gantry*, multifuncionalidade.

ROBOTIZATION OPPORTUNITIES AND CHALLENGES USING A GANTRY ROBOT IN AGRICULTURAL GREENHOUSES

ABSTRACT: With the growing population and demographics, there is a significant increase in demand in the production of energy and food in a healthy way, and agricultural efficiency should be tripled in the coming years. One of the ways to meet this demand in a sustainable way is the use of robotics in order to humanize rural work, eliminating unhealthy, repetitive, poorly ergonomic and physical effort tasks, and at the same time providing increased productivity, improved quality. of products, the aggregation of value and the use of technologies for localized treatment in the context of precision agriculture. This work aims to present an overview of the opportunities and challenges for agricultural robotization, proposing a low-cost solution in the form of a Gantry-type robot, easily adaptable in agricultural greenhouses and protected cultivation systems. It is thus intended to contribute to the modernization of family farming through research and development of low-cost solutions.

KEYWORDS: Agricultural greenhouses, agricultural robotization, gantry robot, multifunctionality.

INTRODUÇÃO

Alguns estudos apontam que nos próximos 30 anos, a população mundial terá um crescimento de 25% na população (9 bilhões de habitantes) de acordo com a Organização das Nações Unidas para Alimentação e a Agricultura (FAO, 2019). Sendo assim, a agricultura pode ser um setor de extrema importância para a aplicação da robótica e automação, onde diversas frentes de pesquisa buscaram auxiliar nas atividades e operações dentro das estufas, com o desenvolvimento de mecanismos para preparo do solo, plantio, colheita, controle de parâmetros (umidade, temperatura e luminosidade) e ainda para irrigação e pulverização (HACKENHAAR, 2015).

Uma das formas de aumentar a produção de alimentos é a robótica e a utilização de manipuladores na agricultura tem crescido significativamente, fato esse que está diretamente associado à melhoria das condições de operação e funcionamento juntamente com novos padrões de eficiência, agilidade e segurança nas operações de plantio e colheita nas estufas agrícolas (Machado et al., 2021.aCOBEM). A automação e robotização desempenham papel de extrema importância nas operações da agricultura de precisão, que por sua vez permite um gerenciamento das etapas de produção de diversas culturas, que possibilita a aplicação de tecnologias inovadoras para o tratamento localizado, uma vez que se tenha conhecimento da variabilidade espacial dos fatores determinantes de produtividade (Valdiero et al., 2015).

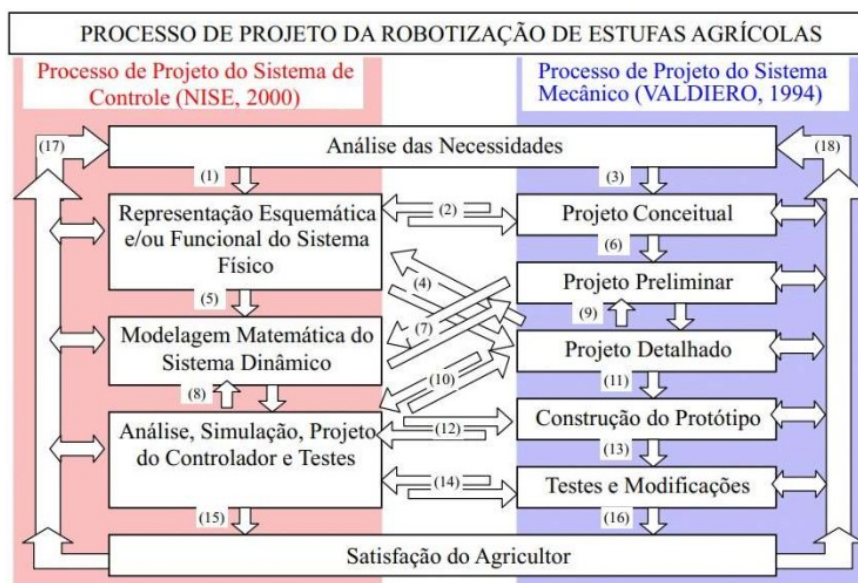
Este artigo apresenta resultados recentes da pesquisa desenvolvida no Laboratório de Hardware (LHW) do Departamento de Engenharia Mecânica (EMC) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) envolvendo uma proposta de robô de baixo custo do tipo *Gantry* para auxílio no trabalho dentro das estufas agrícolas, conhecidas também como “estufas inteligentes, bem como indicar os principais desafios encontrados para a implantação de sistemas robotizados no ambiente do cultivo protegido, relacionando os problemas envolvidos durante a implantação e as expectativas geradas pela robotização de um setor considerado ainda como não estrutura, diferente do setor industrial.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo desse trabalho foi realizado por meio de um processo exploratório, bibliográfico, descritivo e metodológico a partir do levantamento do estado da arte sobre a temática (para mais detalhes vide: Machado et al., 2021.b). Portanto, para o desenvolvimento do trabalho, inicialmente realizou-se uma revisão bibliográfica sobre a utilização da robótica na agricultura, com o objetivo de identificar e listar os trabalhos que utilizam de um robô *Gantry* para estufas agrícolas.

A metodologia de pesquisa adotada foi desenvolvida por Valdiero e Rasia (2016), que consiste primeiramente na análise do problema, nesse caso as estruturas *Gantry* para robotização, em seguida o projeto conceitual e posteriormente o projeto preliminar e detalhado até as etapas finais de construção de um protótipo. Todavia, o diagrama da metodologia de projeto da robotização de estufas agrícolas é apresentado a seguir, que auxiliou na estruturação na pesquisa de bibliografias sobre a robótica agrícola e na construção do protótipo desenvolvido por Machado et al. (2022).

Figura 1. Metodologia de projeto de estufas agrícolas robotizadas (adaptado de Valdiero e Rasia, 2016).



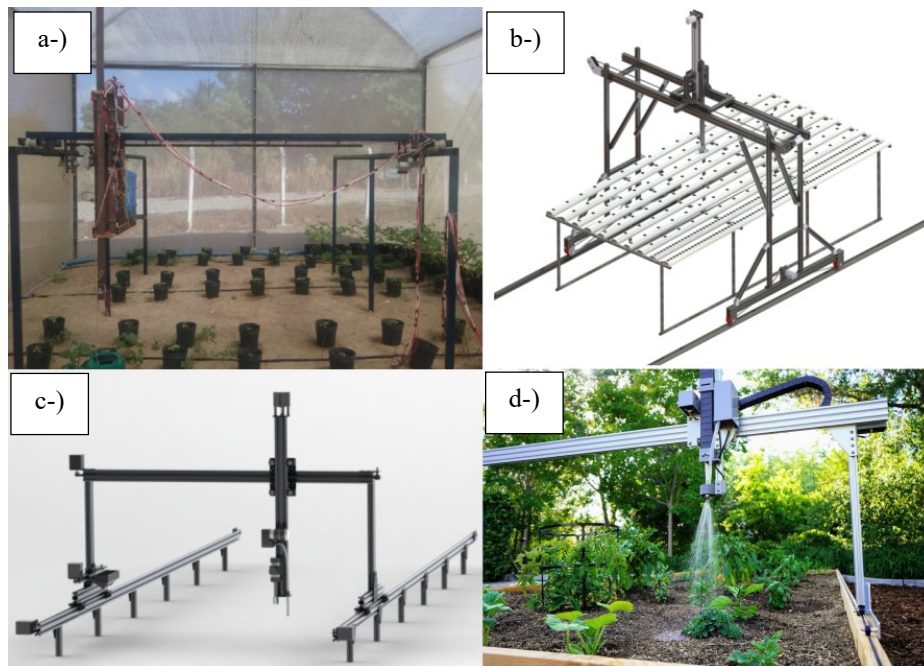
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após o levantamento do estado da arte notou-se que foram desenvolvidos inúmeros projetos referentes a utilização de robôs dentro das estufas agrícolas. Todavia, sistemas automatizados

destinados para irrigação, manipulação e aplicação controlada de insumos ainda não foram totalmente difundidos. A seguir, tem-se alguns modelos projetados de mecanismos do tipo *Gantry*, porém não utilizam da própria estrutura da estufa para seu acoplamento, sendo assim, se faz necessário um sistema de sustentação externo, tornando o custo do projeto extremamente alto, o que se torna inacessível para a maioria dos agricultores familiares.

Os projetos desenvolvidos de robôs cartesianos do tipo *Gantry* para estufas agrícolas são: robô RIRRIG (figura 2.a) desenvolvido por Batista et al. (2017) destinado para irrigação localizada nas bancadas de plantio, robô manipulador (figura 2.b) projetado por Tanke et al. (2012) para diversas operações de manipulação em fileiras de plantio e por fim o robô FARMBOT (figura 2.c e 2.d) desenvolvido por Farmbot (2018) para pequenas bancadas de plantio, podendo ser utilizado também fora das estufas agrícolas.

Figura 2. Robôs do tipo *Gantry* para estufas agrícolas.

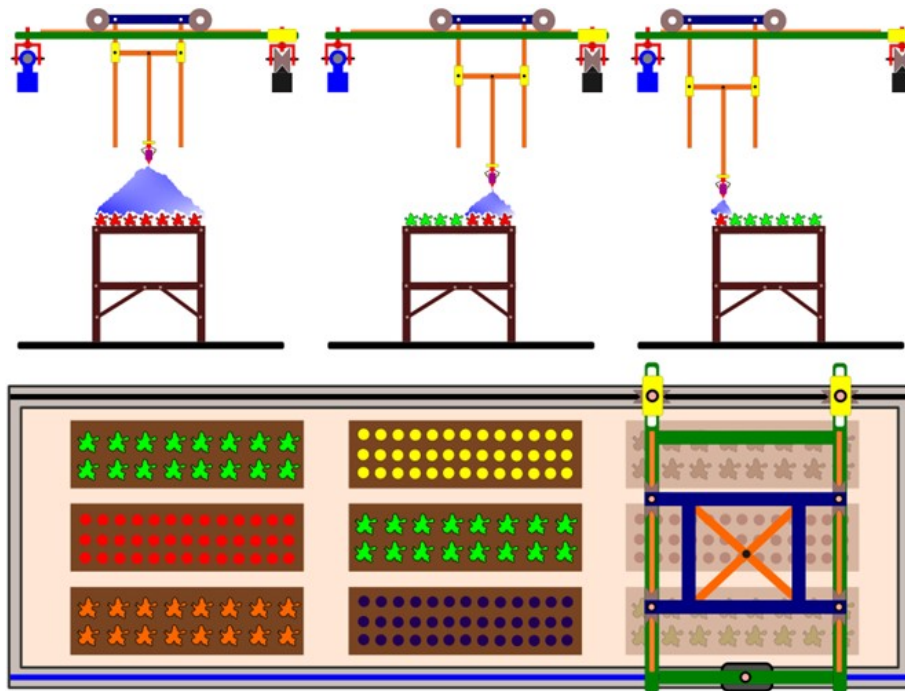


O sistema robótico da Figura 2.c e Figura 2.d, proporciona uma real multifuncionalidade, podendo atender às mais diversas operações para o cuidado de uma cultura protegida, visto que o efetor final pode ser alterado de acordo com as necessidades da cultura cultivada (FARMBOT, 2018). O mecanismo possui mais de seis tipos de cabeçotes multifuncionais, que são eles: ferramenta rotativa para revolvimento e revolução do solo, bico regador que proporciona uma irrigação suave e controlada, garra capinadeira, sensor de solo, câmera e bico injetor.

Entretanto, todos estes modelos de robôs disponíveis comercialmente ou em fase de desenvolvimento nas Universidades e Centros de Pesquisa possuem custos altos relativos a necessidade de componentes e montagens precisas, além de mão de obra qualificada para montagem e operação. Para resolver tais problemas, tornado o robô viável à agricultura familiar, foi utilizada uma abordagem que considera o robô agrícola como um sistema mecatrônico composto de três principais componentes: mecanismo, acionamento e sistema de controle. Cada um destes três componentes foi tratado de forma estratégica, prevendo a redução de custos de materiais, fabricação, montagem, uso e operação, tal como descrito na sequência.

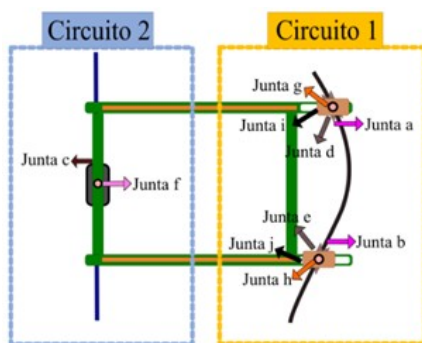
O mecanismo é o responsável pela realização dos movimentos necessários na execução das tarefas de preparo, semeadura/plantio, poda, colheita ou mesmo pulverização/irrigação, onde uma garra robótica ou efetor final com uma ferramenta necessita ser adequadamente posicionado, conforme ilustrado na Figura 3 numa atividade de pulverização localizada.

Figura 3. Mecanismo com autoalinhamento do robô do tipo *Gantry* para estufas agrícolas (Machado et al., 2022).



O desafio principal em relação ao mecanismo é prever um adequado e perfeito deslocamento do robô mesmo diante de imperfeições dos materiais usados nas guias e dos problemas de desalinhamento durante a montagem, ou seja é possível projetar um mecanismo de robô que funcione adequadamente com materiais comerciais de baixo custo e diante de imperfeições de montagem? Esta questão pode ser atendida usando a Teoria de Mecanismos de Autoalinhamento, cujos maiores detalhes estão descritos em Machado (2022). A Figura 4 ilustra uma concepção de mecanismo de autoalinhamento que permite superar as diversas imperfeições de desalinhamentos lineares e torcionais.

Figura 4. Concepção de um mecanismo com autoalinhamento do robô do tipo *Gantry* para estufas agrícolas com destaque para um exagerado desalinhamento da guia do circuito 1 (Machado et al., 2022).



Uma vez resolvido o problema de projeto de um mecanismo de baixo custo que prevê autoalinhamento, pode-se melhor dimensionar o acionamento usando as tecnologias potência elétrica e/ou pneumática, minimizando os consumos de energia, uma vez que foram eliminados os problemas de travamentos causados muitas vezes pelos desalinhamentos não resolvidos nos mecanismos convencionais. Por fim, o sistema de controle possui atualmente soluções de baixo custo com uso de

placas eletrônicas do tipo Arduino ou ESP32, facilmente constadas em celulares e permitindo uma adequada interface Homem-Máquina com o uso de aplicativos (Apps).

CONCLUSÃO

Nota-se a grande oportunidade de desenvolvimento de soluções mecatrônicas de baixo custo para aplicação na Agricultura Familiar dentro do contexto da Agricultura de Precisão. A Agricultura Familiar tem grande potencial de produção de produtos agrícolas de alto valor agregado (fruticultura, floricultura, horticultura, entre outras), mas possui limitação de mão de obra e tecnologias acessíveis de baixo custo. O projeto “Desenvolvimento de Estufa Agrícola Robotizada de Baixo Custo” procura contribuir para solução deste problema e está focado nas atividades agrícolas de cultivo protegido com alto valor agregado tal como no cultivo de morangos. Atualmente estão sendo desenvolvidas pesquisas integradas que buscam soluções de baixo custo para visão computacional e fontes de energia para acionamento pneumático a partir de geração fotovoltaica. Além disso, estão sendo desenvolvidas ações de busca de parcerias com propriedades agrícolas interessadas na fase experimental e com fabricantes de estufas agrícolas comerciais interessados em agregar um módulo de robotização em seus produtos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e ao Laboratório de Hardware (LHW) do Departamento de Engenharia Mecânica (EMC) da UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina) pelo apoio ao projeto de pesquisa “Desenvolvimento de Estufa Agrícola Robotizada de Baixo Custo” (SIGPEX: 202203044, CNPq: 306229/2021-8), e também a outros projetos relacionados (SIGPEX: 202023266 e 202002173), por meio de bolsas de iniciação científica, mestrado e doutorado.

REFERÊNCIAS

- Batista, A. V. D. A. et al. Multifunctional Robot at Low Cost for Small Farms. *Rural Engineering*. Santa Maria, v. 47, n. 7, p. 51-61, jul./2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/bDpSL9kZKsyhSDyHkbtYhTs/?lang=en>. Acesso em: 23 jul. 2022.
- FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. Representante da FAO Brasil apresenta cenário da demanda por alimentos. Disponível em: <http://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/en/c/901168>. Acesso em: 4 ago. 2022.
- Farmbot. FarmBot Genesis. Disponível em: <https://farm.bot/>. Acesso em: 20 jul. 2022.
- Hackenhaar, Neusa Maria; Hackenhaar, Celso; ABREU, Y. V. D. Robotic in agriculture: Interações. *Campo Grande*, v. 16, n. 1, p. 119-129, mai./2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/inter/a/Pbb7RB3wzTypx6GH4fYKMFQ/?lang=pt>. Acesso em: 7 mai. 2022.
- Machado, L. B. et al. Analysis of a Proposal for a Self-aligning Mechanism for Greenhouses. In *MUSME – 7th International Symposium Multibody Systems and Mechatronics*. v. 11. p. 37-45. 2021.a. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-88751-3_4. Acesso em: 15 jun. 2022.
- Machado, L. B. et al. Challenges and Opportunities of Robotization in Agricultural Greenhouses. In *COBEM – 26th International Congress of Mechanical Engineering*. 2021.b. Disponível em: <https://conbea.org.br/anais/publicacoes/conbea-2021/anais-2021/maquinas-e-mecanizacao-agricola-mma-4/3211-inovacao-e-robotizacao-em-estufas-agricolas/file>. Acesso em: 9 ago. 2022.
- Machado, L. B. et al. Projeto de um Robô Gantry para Pulverização em Estufas Agrícolas. In *CONBEA – LI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola*. 2022.
- Valdiero, A. C. et al. Tecnologias Inovadoras Aplicadas em Sistemas Agrícolas. *Sistemas Agropecuários e Saúde Animal*. Ijuí, Brasil, v. 1, n. 1, p. 63-86, set./2015.
- Valdiero, A. C.; Rasia, L. A.. *Gestão de Projetos de Pesquisa e Desenvolvimento de Produtos Mecatrônicos*. Desafios da Engenharia Industrial. 1. ed. Unijuí: Ijuí, 2016. p. 89-106.
- Tanke, N. et al. Automation of Hydroponic Installations Using a Visual Robot with Position Based Visual Feedback. *Information Technology, Automation and Precision Farming*. Valencia, jul./2012. Disponível em: https://www.ri.cmu.edu/pub_files/2012/7/CIGR_paper.pdf. Acesso em: 11 mai. 2021.