

## **Desenvolvimento de um sistema de correção automática de solução nutritiva em sistema hidropônico NFT utilizando microcontroladores de baixo custo**

### **Development of an automatic nutrient solution correction system in a hydroponic system using low-cost microcontrollers**

DOI:10.34117/bjdv9n1-110

Recebimento dos originais: 05/12/2022

Aceitação para publicação: 09/01/2023

#### **Jéssica Eduarda Nery Carvalho**

Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental  
Instituto: Universidade Federal de Rondonópolis (UFR)  
Endereço: Cidade Universitária, CEP: 78736-900, Rondonópolis – MT, Brasil  
E-mail: jessica.nery@aluno.ufr.edu.br

#### **Edna Maria Bonfim-Silva**

Doutora em Solos e Nutrição de Plantas  
Instituto: Universidade Federal de Rondonópolis (UFR)  
Endereço: Cidade Universitária, CEP: 78736-900, Rondonópolis – MT, Brasil  
E-mail: embonfim@hotmail.com

#### **Luana Aparecida Menegaz Meneghetti**

Doutoranda em Agricultura Tropical  
Instituto: Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT)  
Endereço: Av. Fernando Corrêa da Costa, 2367, B. Boa Esperança, Cuiabá – MT  
E-mail: luana\_m.meneghetti@hotmail.com

#### **Tonny José Araújo da Silva**

Doutor em Irrigação e Drenagem  
Instituto: Universidade Federal de Rondonópolis (UFR)  
Endereço: Cidade Universitária, CEP: 78736-900, Rondonópolis – MT, Brasil  
E-mail: tonnyjasilva@hotmail.com

#### **Ronaldo Aparecido de Oliveira**

Engenheiro Agrícola e Ambiental  
Instituto: Universidade Federal de Rondonópolis (UFR)  
Endereço: Cidade Universitária, CEP: 78736-900, Rondonópolis – MT, Brasil  
E-mail: ronaldo.oliveira.cv@gmail.com

#### **Tallys Henrique Bonfim da Silva**

Graduado em Engenharia Mecânica  
Instituto: Universidade Federal de Rondonópolis (UFR)  
Endereço: Cidade Universitária, 78736900, Rondonópolis, MT - Brasil  
E-mail: tallys@aluno.ufr.edu.br

## RESUMO

Há uma grande demanda pela cultura da alface, por apresentar um baixo custo e possuir excelentes qualidades nutricionais. O cultivo de hortaliças é um desafio, pois existem diversos fatores que influenciam em sua produção, entre eles, destaca-se o fator climático, devido à dificuldade de produção em períodos chuvosos. Uma das alternativas é o cultivo dessas culturas em ambientes protegidos e controlados, utilizando o sistema hidropônico. Uma das características na hidroponia é o cultivo sem solo, em que os nutrientes são fornecidos às plantas através de uma solução nutritiva. Nesse contexto, objetivou-se criar um sistema de correção automático de solução nutritiva em sistema hidropônico utilizando microcontroladores de baixo custo. A pesquisa foi desenvolvida na Universidade Federal de Rondonópolis-UFR, em casa de vegetação. Foi construído um protótipo de um sistema hidropônico constituído de uma bancada com perfis utilizando Policloreto de Vinila. O fluxo intermitente da solução nutritiva foi realizado através de uma bomba acionada em intervalos de cinco minutos. O pH e a condutividade elétrica da solução nutritiva foram controlados e monitorados através de um sensor resistivo e um de pH próprio para Arduino. Com a instalação do sistema, foram inseridas mudas de alface crespa com 30 dias após emergência, em conjunto com a solução nutritiva, desenvolvendo-se até o final do ciclo de 45 dias dentro do sistema hidropônico. As variáveis analisadas foram área foliar, massa fresca e número de folhas. As plantas de alface desenvolveram-se adequadamente dentro do sistema hidropônico com correção automática de solução nutritiva.

**Palavras-chave:** *Lactuca sativa* L., Cultivo sem solo, Hidroponia.

## ABSTRACT

There is a great demand for the lettuce crop, for its low cost and excellent nutritional qualities. The cultivation of vegetables is a challenge, because there are several factors that influence their production, among them, the climatic factor stands out, due to the difficulty of production in rainy periods. One of the alternatives is to grow these crops in protected and controlled environments, using the hydroponic system. One of the characteristics of hydroponics is the cultivation without soil, in which the nutrients are supplied to the plants through a nutrient solution. In this context, the objective was to create an automatic nutrient solution correction system in a hydroponic system using low-cost microcontrollers. The research was developed at the Federal University of Rondonópolis, in a greenhouse. A prototype of a hydroponic system was built consisting of a bench with profiles using Polyvinyl Chloride. The intermittent flow of the nutrient solution was done through a pump activated at five minutes intervals. The pH and the electrical conductivity were controlled and monitored through a resistive and an Arduino pH sensor. With the installation of the system, lettuce seedlings were inserted 30 days after emergence, together with the nutrient solution, developing until the end of the cycle of 45 days inside the hydroponic system. The variables analyzed were leaf area, fresh mass, and number of leaves. The lettuce plants developed adequately within the hydroponic system with automatic nutrient solution correction.

**Keywords:** *Lactuca sativa* L., Cultivation without soil, Hydroponics.

## 1 INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa* L.) é a hortaliça cujas folhas são as mais consumidas no mundo (Menezes et al., 2022). No Brasil está sendo muito comercializada devido seu valor nutricional, além disso, cada vez mais a demanda dessa hortaliça cresce em função dessa segurança alimentar e por ser um alimento de fácil preparo (Rusu et al., 2021; Teng et al., 2021).

Produzir hortaliças o ano todo é um desafio para os produtores, pois existem diversos fatores que influenciam na produção, entre os fatores pode-se destacar o climático, pois é difícil o cultivo e a produção em períodos chuvosos. Dessa forma, uma das alternativas é o cultivo em ambientes protegidos, como a casa de vegetação, utilizando o sistema hidropônico NFT (*Nutrient Film Technique*) (Andriolo, 2017).

A hidroponia é uma alternativa aos sistemas convencionais de cultivo baseados no solo. De acordo com os pesquisadores Majid et al. (2021), em seus estudos com produção de alface sob diferentes sistemas hidropônicos de cultivo em comparação com cultivo convencional com solo, explanam que de acordo com análise econômica os sistemas hidropônicos tiveram melhor desempenho, além disso, ainda observaram que a produção de alface hidropônica é uma alternativa apropriada e sustentável à produção convencional da cultura.

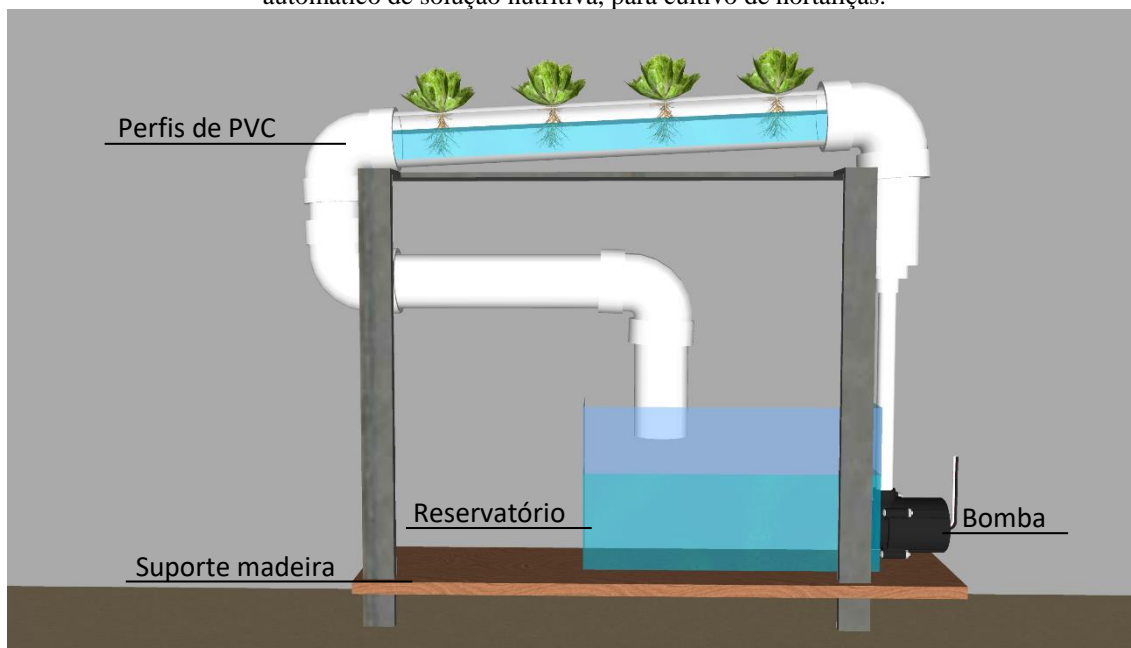
Na hidroponia os nutrientes são fornecidos às plantas através de uma solução nutritiva, composta por todos os nutrientes requeridos pelas culturas, sua composição é formulada de acordo com a necessidade da cultura a ser cultivada (Resh, 2012). Nesse contexto, objetivou-se criar um sistema de correção automático de solução nutritiva em sistema hidropônico NFT utilizando microcontroladores de baixo custo.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Universidade Federal de Rondonópolis (UFR), Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas (ICAT) em casa de vegetação, cujas coordenadas geográficas são 16° 27' 49" S, 54° 34' 46" W e altitude de 289m.

Para a construção do sistema hidropônico NFT (*Nutrient Film Technique*), foi utilizado tubos de PVC (Policloreto de Vinila) para montar os perfis da bancada, um suporte de madeira, reservatório de 10L para a solução nutritiva, uma bomba de máquina de lavar roupa com potência de 34W e o arduíno com sensores de pH e condutividade elétrica (Figura 1).

Figura 1 – Protótipo em 3D da vista lateral do sistema hidropônico NFT com sistema de correção automático de solução nutritiva, para cultivo de hortaliças.



Fonte – Autores.

A bancada possui quatro linhas em que cada uma possui 4 furos de 40 mm de diâmetro. O espaçamento entre furos é de 250 mm. Cada furo possui o espaçamento para uma muda de alface. O sistema possui uma inclinação de até 2%, além de ter um fluxo intermitente para arejar o sistema radicular das alfaces. O fluxo é gerado pela bomba que fica embaixo do sistema, programada para ligar e desligar a cada 5 minutos, com o auxílio de um Timer. O monitoramento do nível de água no reservatório também foi automatizado, e quando necessário, o sistema fazia a reposição.

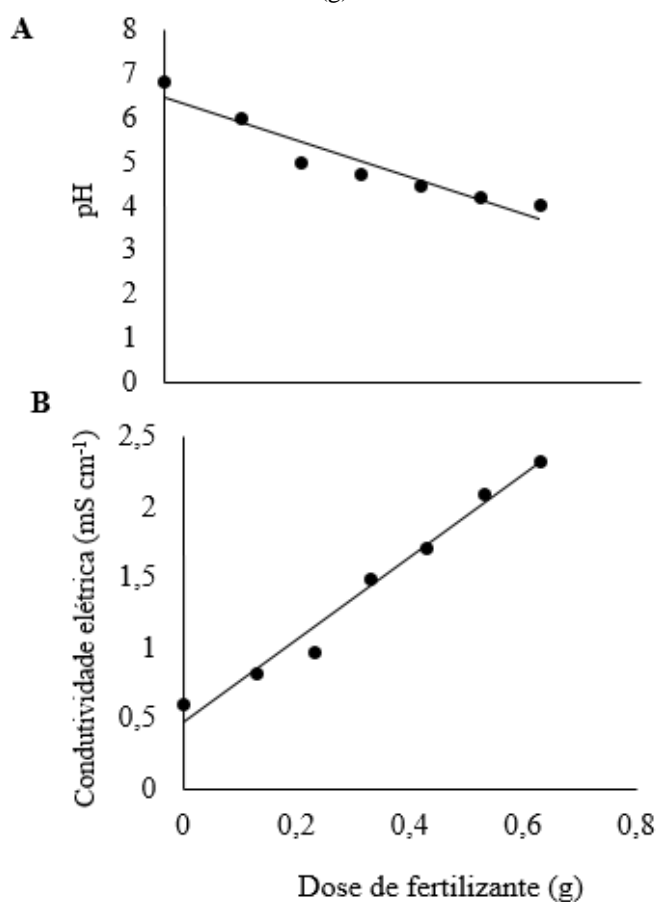
A automação foi desenvolvida em IDE (*Integrated Development Environment*) para microcontroladores Arduíno, utilizando um código em linguagem C/C++. A aquisição dos dados foi realizada por um sensor resistivo e um de pH próprio para Arduíno, ambos sensores do tipo analógico com tensão de 5V. Para garantir que os sensores de pH e de condutividade elétrica funcionassem adequadamente, foi realizada a calibração, nos quais utilizou-se soluções com pH e condutividade elétrica conhecidas.

Após construir o sistema hidropônico, as mudas de alfaces foram transplantadas. Kano et al. (2011) explanam que o estágio fenológico da alface que exige maior requerimento de macronutrientes é entre o pendoamento e o início do florescimento. Portanto, as mudas foram transplantadas com 30 dias após emergência, ficando em sistema hidropônico até o fim do ciclo de 45 dias.

Para a solução nutritiva, misturou-se inicialmente, 4.3g de fertilizante mineral (indicado para produção de hortaliças) em 10L de água, dessa forma, a condutividade elétrica ficou em  $1.5 \text{ mS cm}^{-1}$ , faixa ideal para produção da alface de acordo com o fabricante do fertilizante, e o pH ficou em 6.4. Durante a condução do experimento, o pH e a condutividade elétrica sofreram variação devido à absorção de nutrientes pelas plantas de alface, com isso, foi necessário fazer o reajuste da solução nutritiva. A injeção da solução foi realizada por meio de uma bomba peristáltica acionada por meio de relé.

Para o reajuste, foi elaborado um ensaio em laboratório, com sete doses do fertilizante mineral (0, 0.13; 0.23; 0.33; 0.43; 0.53; 0.63g) para que pudesse ser identificado a quantidade de fertilizante necessário a ser colocado no sistema para o pH e a condutividade voltarem à faixa ideal (Figura 2). Nota-se que conforme aumenta as doses de fertilizante mineral, diminui o pH (Figura 2A) e aumenta a condutividade (Figura 2B). Por isso, o monitoramento dos sensores no sistema foi diário, para controlar esses fatores adequadamente.

Figura 2 – (A) pH e (B) condutividade elétrica ( $\text{mS cm}^{-1}$ ) em função das doses de reajuste do fertilizante (g).



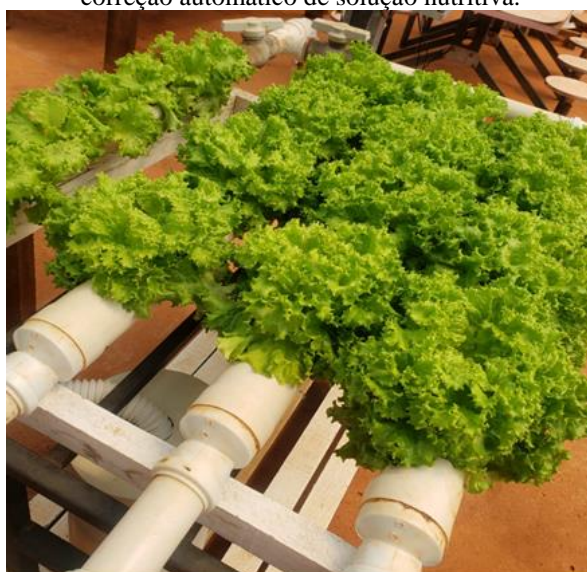
Fonte – Autores.

As variáveis analisadas após o desenvolvimento completo das alfaces foram índice de área foliar, massa fresca e número de folhas. Foi avaliado 1 pé de alface de cada perfil, totalizando 4 pés de alface, escolhidos aleatoriamente.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

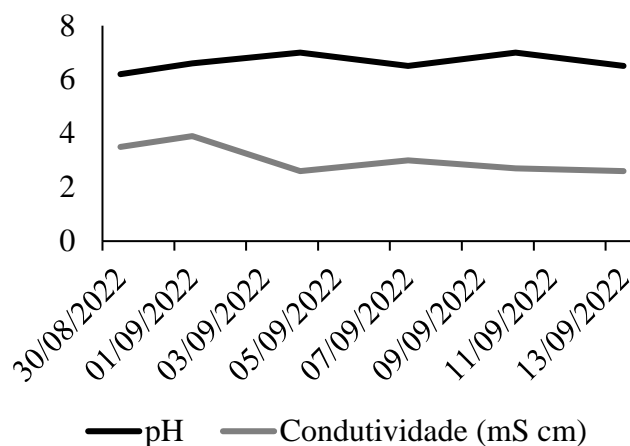
As alfaces desenvolveram-se dentro do sistema hidropônico NFT com sistema de correção automático de solução nutritiva (Figura 3). Aos 45 dias após emergência, colheu-se as mudas de alface para realização da análise das variáveis.

Figura 3 – Cultivo da alface aos 45 dias após emergência no sistema hidropônico NFT com sistema de correção automático de solução nutritiva.



De acordo com Gondim et al. (2010) em seus estudos com condutividade elétrica na produção da alface em sistema hidropônico, observaram que a maior produção foi encontrada no tratamento com  $2.6 \text{ mS cm}^{-1}$ . Já Rusu et al. (2021) explanam que a condutividade ideal para o cultivo da alface é entre  $1.6$  e  $2 \text{ mS cm}^{-1}$ . Portanto, observa-se que a condutividade elétrica da solução nutritiva no sistema hidropônico NFT ficou próximo da condutividade ideal para o cultivo da cultura durante a condução do experimento (Figura 4).

Figura 4 – pH e condutividade elétrica ( $\text{mS cm}^{-1}$ ) durante a condução do experimento da alface cultivada no sistema hidropônico NFT.



O manejo do pH e da condutividade elétrica é fundamental para o desenvolvimento das culturas, por isso, no manejo da solução nutritiva no sistema é essencial controlar esses fatores. De acordo com Rusu et al., (2021) em seus estudos com cultivo de alface em sistema hidropônico, observam que a faixa ideal do pH é entre 6 e 6.7, para que o crescimento da alface não seja prejudicado. Portanto, observa-se que durante a condução do experimento o pH ficou dentro ou próximo da faixa ideal (Figura 4). Isso justifica as plantas terem se desenvolvido bem no sistema.

Em relação a área foliar das alfaces, observou-se uma média de  $2266.93 \text{ cm}^2$  (Tabela 1). Existe na literatura alguns estudos que observaram áreas foliares semelhantes. Menezes et al. (2022) estudando cultivo de alface sob lâminas de irrigação, encontrou área foliares em torno de  $3000 \text{ cm}^2$ . Portanto, nota-se que em relação a área foliar, as alfaces desenvolveram-se adequadamente, ficando dentro da média.

Tabela 1. Médias das variáveis-resposta de plantas de alface cultivadas em sistema hidropônico NFT.

Variável-resposta	Média
Área foliar	$2966.93 \text{ cm}^2$
Massa fresca da parte aérea	203.23g
Número de folhas	23 folhas

Menezes et al. (2022) estudando o cultivo de alface em ambiente protegido e lâminas de irrigação, encontrou uma média entre 200g e 300g de massa fresca da parte aérea, dependendo da lâmina utilizada. Com isso, nota-se que a massa fresca da alface cultivada em sistema hidropônico ficou dentro da média encontrada nas literaturas, tornando o sistema viável para cultivo de hortaliças (Tabela 1).



Sapkota et al. (2019) em seus estudos com cultivo de alface em sistema hidropônico, observaram uma média de 20 folhas por planta, variando o número de acordo com a cultivar estudada. Em relação a alface crespa, encontrou-se média de 23 folhas por planta (Tabela 1).

Dessa forma, em relação as variáveis analisadas, área foliar, massa fresca da parte aérea e número de folhas, nota-se que o crescimento da alface ficou dentro das faixas encontradas na literatura, portanto, o sistema hidropônico é viável para cultivo de hortaliças.

#### **4 CONCLUSÕES**

As plantas de alface se desenvolveram adequadamente no sistema hidropônico NFT.

A correção automática de solução nutritiva em sistema hidropônico NFT utilizando microcontroladores de baixo custo é eficiente para a produção de hortaliças, como a alface.



## REFERÊNCIAS

ANDRIOLO, J. L. **Olericultura geral**. Santa Maria. Fundação de Apoio a Tecnologia e Ciência, Editora UFSM. 2017.

GONDIM, A. R. O.; FLORES, M. E. P.; MARTINEZ, H. E. P.; FONTES, P. C. R.; PEREIRA, P. R. G. Condutividade elétrica na produção e nutrição de alface em sistema de cultivo hidropônico NFT. **Biosci. J.** v. 26, n. 6, p. 894-904. 2010.

KANO, C.; CARDOSO, A. I. I.; VILLAS BÔAS, R. L. Acúmulo de nutrientes pela alface destinada à produção de sementes. **Horticultura Brasileira**. v. 29, n. 1, p. 70-77, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362011000100012>.

MAJID, M.; KHAN, J.; AHMAD SHAH, Q.; MASOODI, K.; AFROZA, B.; PARVAZE, S. Evaluation of hydroponic system for the cultivation of Lettuce (*Lactuca sativa* L., var. Longifolia) and comparison with protected soil-based cultivation. **Agric Water Manag J.** v. 245, p. 1–13, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106572>Received

MENEZES, C. S. L.; REZENDE, R.; TERASSI, D. S.; HACHMANN, T. L.; SAATH, R. Lettuce and radish grown in single crop and intercropping systems under different irrigation water depths in a protected environment. **Revista Caatinga**. v. 35, n. 3, p. 658–666, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252022v35n317rc>.

RESH, H.M. **Hydroponic food production: a definitive guidebook for the advanced home gardener and the comercial hydroponic grower**. 3<sup>o</sup> edição. Boca Raton, CRC Press. 2012.

RUSU, T.; MORARU, P. I.; MINTAS, O. S. Influence of environmental and nutritional factors on the development of lettuce (*Lactuca sativa*L.) microgreens grown in a hydroponic system: A review. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**. v. 49, n.3, p. 412-427, 2021. DOI: <https://doi.org/10.15835/nbha49312427>

SAPKOTA, S.; SAPKOTA, S.; LIU, Z. Effects of Nutrient Composition and Lettuce Cultivar on Crop Production in Hydroponic Culture. **Horticulturae**. v. 5, n. 72, p. 1-8, 2019. DOI: [10.3390/horticulturae5040072](https://doi.org/10.3390/horticulturae5040072).

TENG, J.; LIAO, P.; WANG, M. The role of emerging micro-scale vegetables in human diet and health benefits – an updated review based on microgreens. **Food and Function**. v. 12, n. 5, p.1914-1932. 2021. DOI: [10.1039/d0fo03299a](https://doi.org/10.1039/d0fo03299a).