

**Desenvolvimento de um Sistema Modular Automatizado de
Forragem Hidropônica para Aplicações na Pecuária**

***Development of an Automated Modular Hydroponic
Forage System for Livestock Applications***

Lucas Ferreira de Assis, Mestrando em Ambiente Construído, Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF).

E-mail: lucas.assis@estudante.ufjf.br

Sarah Aguiar Coelho de Souza Lima, Mestranda em Ambiente Construído, Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF).

E-mail: sarahaguiar.lima@estudante.ufjf.br

Exuperry Barros Costa, Professor Adjunto, Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF).

E-mail: exuperry.costa@ufjf.br

Leonardo Rocha Olivi, Professor Adjunto, Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF).

E-mail: leonardo.olivi@ufjf.br

Jonathas Batista Gonçalves Silva, Professor Adjunto, Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF).

E-mail: jonathas.silva@ufjf.br

Número da sessão temática da submissão – [05]

Resumo

A pecuária contemporânea enfrenta limitações crescentes relacionadas à oferta de alimentação animal, agravadas pela escassez hídrica, elevação dos custos de insumos e impactos das mudanças climáticas, especialmente em regiões como a Zona da Mata Mineira, caracterizadas por recorrentes períodos de seca. Nesse cenário, a forragem hidropônica destaca-se como alternativa tecnológica promissora, baseada na germinação de sementes em ambiente controlado, sem uso de solo e com elevado aproveitamento de água. O presente estudo tem como objetivo desenvolver um protótipo simplificado e modular de produção de forragem hidropônica para alimentação animal, considerando sua estrutura física, hidráulica, elétrica e o sistema de controle automatizado de irrigação. A pesquisa caracteriza-se como aplicada, exploratória e experimental, combinando pesquisa bibliográfica em bases científicas com a modelagem e construção de um protótipo para cultivo de milho hidropônico. Espera-se que os resultados preliminares obtidos contribuam para pequenos e médios produtores, ao fornecer subsídios para a adoção de sistemas eficientes e sustentáveis.

Palavras-chave: Forragem Hidropônica 1; Automação Agrícola 2; Forragem de milho 3

Abstract

Contemporary livestock production faces increasing limitations related to the availability of animal feed, aggravated by water scarcity, rising input costs, and the impacts of climate change, especially in regions such as the Zona da Mata of Minas Gerais, which are characterized by recurrent periods of drought. In this context, hydroponic forage stands out as a promising technological alternative, based on seed germination in a controlled environment, without soil use and with high water-use efficiency. This study aims to develop a simplified and modular prototype for hydroponic forage production for animal feeding, considering its physical, hydraulic, and electrical structures, as well as an automated irrigation control system. The research is characterized as applied, exploratory, and experimental, combining a bibliographic review of scientific databases with the modeling and construction of a prototype for hydroponic corn cultivation. It is expected that the preliminary results obtained will contribute to the small and medium-sized producers, providing them support for the adoption of efficient and sustainable systems.

Keywords: Hydroponic Fodder 1; Agricultural automation 2; Corn Fodder 3

1. Introdução

A pecuária contemporânea enfrenta desafios estruturais relacionados principalmente à oferta de alimentação volumosa de qualidade, agravados pela redução da disponibilidade de terras agricultáveis, escassez hídrica, custos elevados de insumos e impactos das mudanças climáticas sobre a produção de forragens convencionais (Rojas-Downing *et al.*, 2017). Em regiões como a Zona da Mata Mineira, tradicionalmente vinculada a sistemas agropecuários de pequena e média escala, a recorrência de períodos de estiagem e a irregularidade das chuvas têm agravado a escassez de volumosos e insumos alternativos, comprometendo a sustentabilidade econômica da produção.

A literatura recente aponta que o fornecimento adequado de volumosos para os rebanhos representa o item de maior peso nos custos totais da atividade pecuária (Dung *et al.*, 2010). Contudo, o déficit crescente de forragens registrado em diversos países e regiões produtores têm levado pesquisadores e produtores à busca por alternativas tecnológicas capazes de garantir regularidade, qualidade nutricional e viabilidade econômica no fornecimento de alimentos (Fazaeli *et al.*, 2012).

Nesse contexto, a forragem hidropônica tem se destacado como uma solução inovadora, baseada na germinação acelerada de grãos em ambiente controlado, sem uso de solo e com consumo significativamente reduzido de água. Segundo Yahyaei e Talebi (2024), esse tipo de sistema possibilita a produção de volumoso fresco em ciclos de 7 a 10 dias, apresentando maior digestibilidade que o grão *in natura*, o que repercute diretamente no desempenho animal, especialmente em vacas leiteiras e pequenos ruminantes. Estudos como os de Chikhalikar e Khillare (2021) reforçam a importância de tecnologia ao demonstrar que sua adoção reduz a necessidade de grandes áreas de cultivo, minimiza perdas pós-colheita e assegura o fornecimento contínuo de forragem ao longo do ano, mesmo em regiões de seca prolongada.

Além dos benefícios nutricionais, o sistema hidropônico apresenta vantagens operacionais e ambientais, como economia de água podendo utilizar entre 2 e 3 litros para

produzir 1kg de forragem verde, contra 60 a 80 litros no método convencional e redução da mão de obra necessária (Chikhalikar e Khillare, 2021). Essas características têm impulsionado a expansão da tecnologia em propriedades leiteiras e de corte, especialmente onde há limitações de solo e infraestrutura (Hassen e Dawid, 2022).

Apesar das inúmeras vantagens ambientais e produtivas, a adoção de sistemas hidropônicos ainda esbarra em dúvidas quanto à viabilidade financeira, sobretudo em pequenas e médias propriedades. O investimento inicial para instalação de módulos, o custo de energia, o preço das sementes e a capacidade de retorno econômico variam amplamente em função da escala operacional e do sistema de manejo adotado (Chikhalikar e Khillare, 2021). Assim, torna-se imprescindível avaliar se os ganhos produtivos decorrentes do uso da forragem hidropônica são suficientes para compensar os custos do sistema no médio e longo prazo (Hassen e Dawid, 2022).

Dessa forma, o presente artigo tem como objetivo produzir um projeto simplificado de infraestrutura para produção hidropônica de forragem para alimentação de animais, com sua estrutura física, elétrica, hidráulica e de automatização, levando em consideração os custos de aquisição e implantação. O protótipo desenvolvido é modular, leve e utiliza materiais simples, reduzindo seu custo, tempo de montagem e complexidade, não necessitando de mão de obra especializada para sua utilização. O controlador de irrigação utilizado é um produto acessível e amplamente disponível, que permite controlar o tempo de irrigação a frequência diária. A proposta busca contribuir para a tomada de decisão de produtores e técnicos, fornecendo subsídios para uma avaliação integrada dos aspectos econômicos, nutricionais e estruturais que envolvem essa tecnologia emergente.

2. Metodologia

A presente pesquisa caracteriza-se como aplicada, de natureza exploratória e procedimento experimental, com abordagem qualitativa e quantitativa. O estudo combina tanto a pesquisa bibliográfica para escrita do referencial teórico, como a pesquisa experimental no desenvolvimento de um protótipo modular, visando à análise técnica do cultivo hidropônico de forragem para alimentação de animais. A metodologia adotada permite integrar fundamentos teóricos consolidados com a aplicação prática dos conceitos envolvidos de engenharia e tecnologia, produção vegetal e nutrição animal.

2.1 Pesquisa bibliográfica - Referencial Teórico

A pesquisa bibliográfica foi conduzida com base em fontes científicas, priorizando artigos publicados a partir de 2019, bem como dissertações, teses e trabalhos técnicos relevantes ao tema. As buscas foram realizadas em bases de dados como *Google Scholar*, Portal de periódicos CAPES, SciELO e *Web of Science*, utilizando combinações de palavras-chave em português e inglês, incluindo: *forragem hidropônica*, *hydroponic fodder*, *análise de viabilidade*, *pecuária*, *avicultura* e *forragem de milho*.

Os critérios de inclusão consideraram:

- I. Relevância temática para produção hidropônica e alimentação animal;
- II. Clareza metodológica
- III. Impacto e credibilidade da fonte;
- IV. Aplicabilidade dos resultados ao contexto da pecuária.

Os estudos selecionados subsidiaram a definição dos parâmetros técnicos do protótipo, tais como definição da semeadura, tempo de cultivo, demanda hídrica e requisitos de iluminação. Do ponto de vista técnico, a eficiência do cultivo hidropônico está diretamente relacionada ao correto dimensionamento da infraestrutura de produção, envolvendo aspectos físicos, hidráulicos, elétricos e de controle ambiental, tais como densidade de semeadura, tipo de bandejas, consumo de água, necessidade de iluminação artificial e tempo de cultivo (Leal *et al.*, 2019). Apesar das vantagens nutricionais, operacionais e ambientais, a adoção desses sistemas ainda enfrenta entraves relacionados à viabilidade financeira, sobretudo em pequenas e médias propriedades, em função do investimento inicial, custos energéticos e aquisição de insumos (Chikhalikar e Khillare, 2021; Hassen e Dawid, 2022).

O estudo de Santos e Noronha (2025) evidencia que o potencial bromatológico da forragem de milho hidropônico apresenta características nutricionais promissoras para a alimentação animal, sendo influenciado por fatores como tipo de substrato, densidade de semeadura e fonte de nutrientes utilizados durante o cultivo. Os autores destacam que variações nesses fatores podem modificar significativamente a composição bromatológica da forragem, especialmente em termos de teores de proteína bruta e fibra, que são parâmetros críticos para a avaliação do valor nutritivo de alimentos destinados a animais de produção. Nesse contexto, foi observado que a forragem verde hidropônica pode atender a grande parte das exigências nutricionais relativas à proteína bruta, o que reforça seu potencial como suplemento ou componente de dietas, principalmente quando cultivada sob condições tecnicamente otimizadas e com controle rigoroso das variáveis de produção. Esses achados sustentam a aplicação prática da forragem hidropônica em sistemas de alimentação animal, incluindo a pecuária avícola, desde que sejam consideradas as especificidades nutricionais exigidas por diferentes categorias de animais.

O estudo de Leal *et al.* (2019) avaliou a influência da densidade de semeadura e diferentes substratos agrícolas na produtividade de forragem hidropônica de milho, conduzindo o experimento em casa de vegetação sob delineamento em blocos com cinco níveis de semeadura (0,5; 1,0; 1,5; 2,0 e 2,5 kg/m²) e quatro repetições. As sementes híbridas foram distribuídas sobre uma lona com camada de substrato triturado (bagaço de cana-de-açúcar ou forragem de milho), e a irrigação foi realizada diariamente com solução nutritiva, com colheita aos 10 dias após a semeadura. As variáveis avaliadas incluíram altura das plantas e massa de forragem por metro quadrado, permitindo verificar que densidades maiores de semeadura resultaram em maiores alturas vegetativas e maiores massas de biomassa por área, sendo a resposta significativamente influenciada pela taxa de semeadura, independentemente do substrato utilizado. Tal resultado demonstra a importância de se ajustar a densidade de semeadura para maximizar a produção de forragem hidropônica, o que é particularmente relevante para sistemas em escala reduzida de produção e aplicação em alimentação animal.

2.2. Desenvolvimento do protótipo de forragem hidropônica

O protótipo foi inicialmente modelado tridimensionalmente no computador e posteriormente construído fisicamente, com o objetivo de implementar um sistema controlado de produção de forragem hidropônica passível de reprodução em unidades produtivas de pequeno e médio porte na Zona da Mata mineira. O sistema foi projetado a princípio visando o cultivo de forragem à base de sementes de milho, devido à sua ampla disponibilidade, custo relativamente acessível e uso recorrente na alimentação animal. Inicialmente foi desenvolvido o projeto do protótipo no *software* de modelagem tridimensional *Trimble Sketchup* em sua versão *Sketchup for web* (Figura 1).

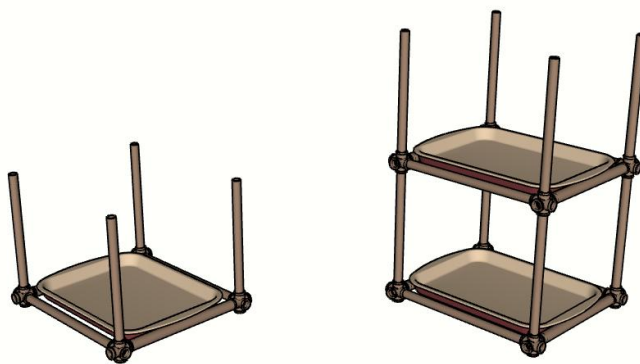


Figura 1: Representação Tridimensional do protótipo. Fonte: Elaboração própria.

A proposta é que o protótipo possa ser de baixo custo e fácil montagem, simples execução, replicável, e empilhável, demandando assim pouca área para produção por parte de pequenos e médios produtores. A estrutura física do protótipo compreende: suporte modular em material resistente à umidade, para o protótipo foram utilizados tubos de PVC; bandejas de cultivo dispostas em níveis verticais; sistema de irrigação automatizado por microaspersão (comumente utilizado para irrigação de pequena escala) dotado de controle básico de tempo de irrigação (Figura 2).



Figura 2: Temporizador Irrigação Automático Para Jardins. Fonte: Adaptado de Mercado Livre (2026).

A partir da modelagem definiu-se que as conexões seriam de 3 vias, podendo ser utilizadas conexões convencionais de PVC circular, amplamente disponíveis em casas de

material de construção (Figura 3). Para o presente trabalho, foram utilizados processos de manufatura aditiva para confecção dos conectores. Para evitar problemas dimensionais e desperdício de materiais, foi proposto modelar conectores com seção transversal hexagonal (Figura 4). Com a seção transversal circular, ocorre no processo de fatiamento diversas regiões de *overhang*, caracterizadas pela ausência de suporte geométrico adequado durante o processo de deposição do material, o que compromete a precisão dimensional nos planos verticais (XZ e YZ), e portanto prejudica o encaixe dos canos. Para corrigir essa situação, seriam necessários suportes, porções de material cuja única função é evitar o prejuízo do *overhang*, sendo muitas vezes a única alternativa para impressão. O material de suporte deve ser removido ao final da impressão, causando rugosidade no contato e desperdício de material. O perfil hexagonal, contudo, evita a necessidade de suporte, e se convenientemente utilizado, apresenta desempenho dimensional muito superior ao perfil circular nos planos verticais. Contudo, o perfil hexagonal apresenta tempo de impressão superior ao perfil circular, sendo necessário uma análise de compromisso entre tempo, precisão dimensional e gasto material.



Figura 3: Conexão de PVC 3 vias. Fonte: Shopee (2026)

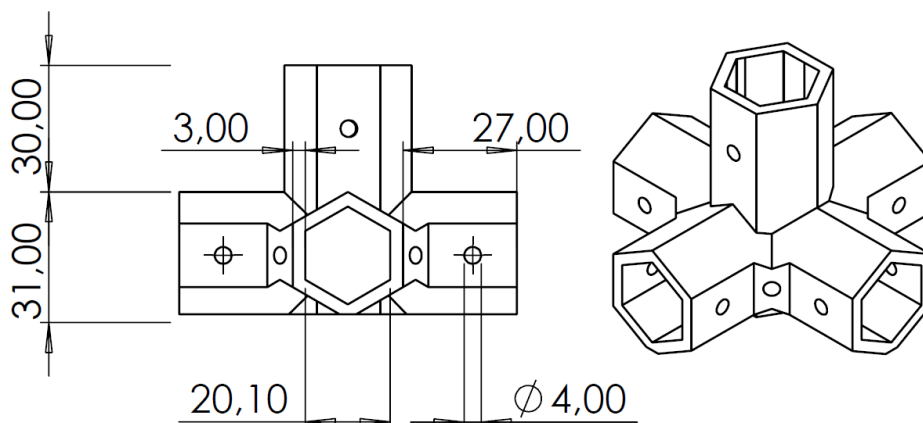


Figura 4: Conexão 3 vias com seção hexagonal. Fonte: Elaboração própria.

As dimensões dos encaixes da peça foram definidas para permitir pequenos ajustes de posição dos canos de PVC, de modo que os pequenos desvios de medida causados pelo corte

manual não comprometam a precisão da estrutura, simplificando a etapa de corte dos canos. Foram adicionados furos redondos de 4mm para fixação dos canos de PVC, para que a estrutura possa ter melhor rigidez estrutural. Neste caso, a dimensionalidade do furo não necessita de exatidão elevada, ao contrário dos encaixes dos canos, sendo processualmente adequado o uso de furos redondos. Para que o encaixe ocorra com firmeza e facilidade, foi utilizada tolerância dimensional de 0,1 mm, típica de encaixes produzidos por manufatura aditiva, contribuindo para maior facilidade de montagem e repetibilidade do sistema. Após a etapa de modelagem computacional, procedeu-se à construção do protótipo físico, respeitando as dimensões, materiais e arranjos definidos no projeto tridimensional.

3. Resultados

Após a etapa de projeto, foram impressas as conexões hexagonais propostas. As peças foram impressas utilizando filamento PLA silk preto para o protótipo, em uma impressora BambuLab A1. Foi utilizado o fatiador próprio da fabricante, Bambu Studio, com as configurações de impressão *0.20mm Strength*, que aumenta o preenchimento e o número de camadas externas, favorecendo a resistência mecânica das peças. O resultado da impressão é apresentado na Figura 5, onde a conexão vertical e horizontal de canos de PVC é exemplificada.

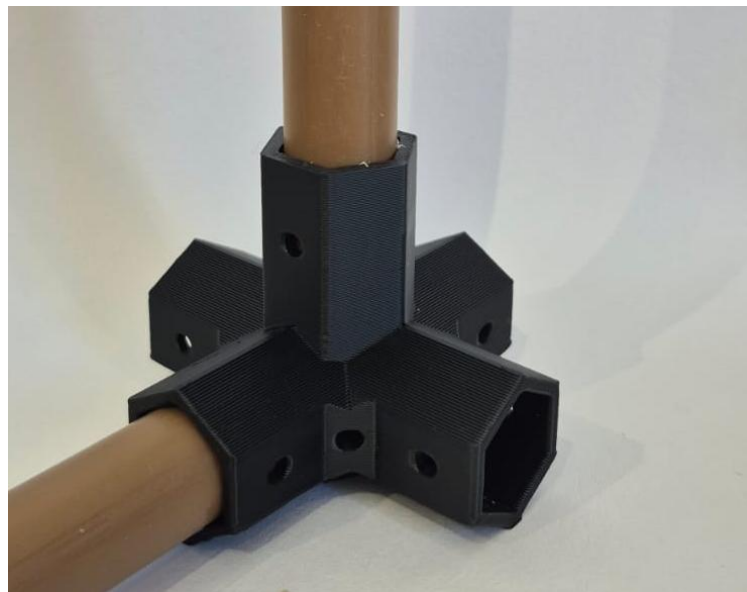


Figura 5: Conexão 3 vias com seção hexagonal impressa por manufatura aditiva Fonte: Elaboração própria.

Os encaixes horizontais (planos XZ e YZ) apresentaram diâmetro de 20 mm, enquanto o encaixe vertical (plano XY) apresentou 20,1 mm. A pequena discrepância de dimensão nos encaixes horizontais não comprometeu os encaixes, mas reforça a importância de projetar tolerâncias de encaixe.

Ao realizar a montagem, foi identificada a necessidade de peças auxiliares, como o

suporte do controlador de irrigação e presilhas para organização das mangueiras de 6mm que alimentam os microaspersores. A Figura 6 apresenta o suporte e uma presilha desenvolvidas para este protótipo.



Figura 6: suporte do controlador de irrigação e presilhas para mangueiras. Fonte: Elaboração própria (2025).

A montagem foi realizada de forma manual, priorizando a utilização de materiais e ferramentas de fácil acesso e baixo custo, considerando a realidade de pequenos e médios produtores rurais. O protótipo modular foi construído com 4 andares, podendo ser expandido em altura, largura ou profundidade, devido ao formato dos conectores. O protótipo final é apresentado na Figura 7.



Figura 7: Protótipo modular proposto Fonte: Elaboração própria (2025).

A estrutura portante foi composta por tubos de PVC, interligados por conexões de três vias de perfil hexagonal, permitindo a formação de um módulo empilhável e estável. As bandejas de cultivo foram posicionadas em níveis verticais, garantindo melhor aproveitamento do espaço e facilitando o manejo das sementes e da irrigação. O sistema de

irrigação adotado foi do tipo microaspersor, que pode ser alimentado diretamente por rede hidráulica convencional, operando por meio de um temporizador simples, responsável pelo controle dos intervalos de irrigação ao longo do dia e do tempo de rega.

O sistema de iluminação artificial, ainda em fase de desenvolvimento e não implementado nesse estudo, será desenvolvido com lâmpadas LED de baixo consumo energético, posicionadas de forma a garantir a distribuição uniforme da luminosidade sobre as bandejas. Seu objetivo é acelerar o desenvolvimento das plantas no período noturno, conseguindo aumento de produção com um mesmo espaço.

4. Análises dos Resultados e Discussões

A análise dos resultados obtidos evidencia que a adoção da manufatura aditiva desempenhou papel central no desenvolvimento do protótipo, contribuindo significativamente para a simplificação do processo de montagem e para a flexibilidade construtiva do sistema. A possibilidade de projetar conectores personalizados permitiu a criação de uma estrutura modular compatível com diferentes arranjos geométricos, facilitando a expansão do sistema em altura, largura ou profundidade, conforme a necessidade do usuário.

O emprego de conectores com seção transversal hexagonal mostrou-se tecnicamente adequado do ponto de vista da fabricação. Essa geometria reduziu a necessidade de estruturas de suporte durante o processo de impressão 3D, resultando em economia de material e melhoria da precisão dimensional dos encaixes. Embora tenha sido observado um aumento no tempo de impressão em comparação a geometrias circulares, esse acréscimo mostrou-se pouco expressivo frente aos benefícios obtidos em termos de qualidade dimensional, redução de retrabalho e maior confiabilidade no processo de montagem. Esse compromisso entre tempo de fabricação e desempenho mecânico é característico de projetos orientados à manufatura aditiva e reforça a viabilidade do uso dessa tecnologia em sistemas modulares de baixo custo.

Durante a etapa de montagem, constatou-se que o projeto dos conectores permitiu certo grau de mobilidade dos tubos de PVC, possibilitando compensar pequenos desvios decorrentes do corte manual. Essa característica apresentou impacto positivo direto na praticidade de construção do protótipo, uma vez que reduziu a necessidade de medições precisas e ferramentas especializadas, agilizando o processo de montagem. Tal aspecto é particularmente relevante quando se considera a aplicação do sistema em propriedades rurais de pequeno e médio porte, onde a simplicidade operacional constitui fator determinante para a adoção de novas tecnologias.

Por outro lado, algumas limitações construtivas foram identificadas ao longo da implementação do protótipo. Um dos principais pontos refere-se ao posicionamento dos microaspersores, que foi influenciado pela rigidez das mangueiras utilizadas. Essa característica dificultou o direcionamento preciso dos emissores sobre as bandejas de cultivo,

indicando a necessidade de novas estratégias de fixação, seja por fios rígidos, ou pelo projeto de peças de sustentação dos aspersores, presas à estrutura. Esse resultado evidencia que, além da concepção estrutural, o detalhamento dos elementos auxiliares desempenha papel fundamental na funcionalidade final do sistema.

Outro aspecto relevante observado diz respeito à estabilidade do conjunto. A estrutura final apresentou baixa massa total, o que constitui uma vantagem importante em termos de facilidade de transporte, montagem e reorganização do sistema. Contudo, em função da geometria esguia do protótipo e da disposição vertical dos módulos, o centro de gravidade resultante tornou-se elevado, comprometendo a estabilidade estática do conjunto. Essa condição sugere a necessidade de evoluções no projeto, como o desenvolvimento de peças específicas para ancoragem ao solo ou fixação em superfícies verticais, de modo a ampliar a segurança operacional do sistema.

De forma geral, os resultados indicam que o protótipo atende adequadamente aos objetivos propostos de modularidade, simplicidade construtiva e baixo grau de complexidade operacional. As limitações identificadas não comprometem a funcionalidade do sistema, mas fornecem subsídios importantes para seu aprimoramento em etapas futuras. A análise realizada demonstra que o desenvolvimento iterativo, aliado à prototipagem rápida, constitui estratégia eficiente para a evolução de sistemas hidropônicos modulares, especialmente quando direcionados a contextos produtivos que demandam soluções acessíveis, adaptáveis e de fácil implementação.

5. Conclusão e Trabalhos Futuros

O presente trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de um protótipo modular e automatizado para produção de forragem hidropônica, com foco na simplicidade construtiva, flexibilidade de montagem e potencial aplicação em unidades produtivas de pequeno e médio porte. A partir da modelagem tridimensional, da fabricação por manufatura aditiva e da montagem física do sistema, foi possível conceber um protótipo funcional capaz de integrar componentes estruturais, hidráulicos e de controle de forma organizada e replicável.

Os resultados obtidos evidenciaram que a utilização da manufatura aditiva contribuiu de maneira significativa para a viabilização do sistema, possibilitando a customização dos conectores estruturais, a compensação de desvios oriundos do corte manual dos tubos e a simplificação do processo de montagem. A adoção do perfil hexagonal mostrou-se tecnicamente adequada, proporcionando economia de material e maior precisão dimensional, com acréscimo pouco expressivo no tempo de impressão, caracterizando um compromisso favorável entre desempenho construtivo e custo de fabricação.

A análise do protótipo também permitiu identificar limitações relevantes, especialmente relacionadas ao posicionamento dos microaspersores e à estabilidade do conjunto, decorrente da geometria esguia da estrutura e da elevação do centro de gravidade.

Tais aspectos reforçam a importância do processo iterativo de projeto e demonstram o papel da prototipagem como ferramenta essencial para a identificação de melhorias antes da aplicação em condições reais de uso.

Do ponto de vista metodológico, o protótipo desenvolvido pode ser compreendido como um artefato de pesquisa, concebido e maturado à luz dos princípios da *Design Science Research*, o que amplia seu potencial como base para investigações futuras voltadas à validação, aprimoramento e avaliação de desempenho do sistema em diferentes cenários de aplicação.

Como continuidade deste estudo, recomenda-se a realização de testes práticos em operação, visando atestar a robustez mecânica da estrutura e a confiabilidade do sistema de temporização da irrigação ao longo do tempo. Estudos futuros poderão ainda contemplar a incorporação de uma arquitetura automatizada baseada em Internet das Coisas (IoT), possibilitando o sensoriamento de variáveis de interesse, como umidade, temperatura e iluminação, com vistas à otimização do processo de germinação e ao aumento da eficiência operacional do sistema.

Adicionalmente, propõe-se a avaliação experimental de diferentes tipos de substratos para a produção de milho hidropônico, incluindo resíduos agroindustriais de interesse regional, como o bagaço de malte, considerando o contexto produtivo do município de Juiz de Fora, reconhecido como polo cervejeiro. Essa abordagem poderá contribuir tanto para o aproveitamento de resíduos quanto para a ampliação da sustentabilidade do sistema proposto.

Dessa forma, o trabalho estabelece uma base tecnológica e metodológica consistente para o avanço de pesquisas em sistemas hidropônicos modulares, integrando princípios de engenharia, automação e sustentabilidade, e contribuindo para o desenvolvimento de soluções acessíveis, adaptáveis e alinhadas às demandas contemporâneas da produção agropecuária.

Referências

CHIKHALIKAR, A. D.; KHILLARE, R.S. Hydroponic Fodder: An Overview. **Just Agriculture Multidisciplinary E- Newsletter**. Vol.2 Issue-3, NOV 2021. e-ISSN: 2582-8223.

Dung, D. D., Godwin, I., and Nolan, J. V. 2010. Nutrient content and in sacco digestibility of barley grain and sprouted barley. **Journal of animal and veterinary Advances**, 9(19): 2485-2492.

Fazaeli, H., Golmohammadi, H., Tabatabayee, S., and Asghari-Tabrizi, M. 2012. Productivity and nutritive value of barley green fodder yield in hydroponic system. **World Applied Sciences Journal**, 16(4): 531-539.

HASSEN, A.; DAWID, I. Contribution of Hydroponic Feed for Livestock Production and Productivity: A Review. **International Journal of Ground Sediment & Water**. Vol. 15- 2022. DOI: 10.5281/zenodo.5767438

LEAL, M. L. de A. et al. Avaliação da produtividade de forragem hidropônica produzida com diferentes substratos. **Anais do Fórum de Integração Ensino, Pesquisa, Extensão e Inovação Tecnológica do IFRR**, Boa Vista, v. 6, n. 1, p. resumo, 2019.

TEMPORIZADOR de irrigação automático para jardins (Controlador temporizador para torneira). Mercado Livre, 2026. Disponível em: <https://www.mercadolivre.com.br/temporizador-irrigacao...> . Acesso em: 17 jan. 2026.

ROJAS-DOWNING, M. M.; NEUFELDT, H.; HILLER, J.; d'AMÉCOURT, L. P.; WILLICK, I. R.; THOMAS, T. H.; et al. **Climate change and livestock: impacts, adaptation and mitigation. Climate Risk Management**, v. 16, p. 145–163, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221209631730027X>

SANTOS, A.; NORONHA, C. R. S. Potencial bromatológico de milho hidropônico para alimentação animal: revisão de literatura. Bambuí, MG: **Instituto Federal de Minas Gerais – Campus Bambuí**, 2025. Trabalho de Conclusão de Curso.

CONECTOR de tubo de PVC três vias. *Shopee*, 2026. Disponível em: <https://shopee.com.br/buyer/...> . Acesso em: 17 jan. 2026.

YAHYAEIA, M.; TALEBI, B. Hydroponic fodder for livestock production and productivity: a Review. **Journal of Greenhouse Plant Production**, 3(1):1–12. DOI: 10.61186/gppj.1.3.1