

Bancada Didática Distribuidor De Sólidos: Aplicação Com Taxa Variável

Guilherme da Costa Duarte ¹
Leonardo Marcelo dos Santos Silva ¹
Lucas Matheus de Aguiar Gonçalves ¹
Dario de Almeida Jané²

RESUMO

O presente trabalho descreve o desenvolvimento de uma bancada didática destinada a simular o funcionamento hidráulico e mecânico de distribuidores centrífugos de sólidos utilizados na agricultura. A iniciativa surgiu da necessidade de disponibilizar, em ambiente acadêmico, um equipamento compacto e seguro que permita a compreensão prática dos princípios de hidráulica aplicada, transmissão de movimento e controle de vazão, elementos essenciais para o estudo da mecanização agrícola. A literatura destaca a importância desses equipamentos no campo devido à robustez, simplicidade e elevada capacidade operacional (MIALHE, 1996), consolidando sua relevância no ensino técnico e superior.

A construção da bancada envolveu a fabricação de uma estrutura metálica soldada, seguida da implementação de um circuito hidráulico constituído por bomba de engrenagens, válvula direcional eletro-hidráulica, válvula de alívio, dois blocos manifold, válvula proporcional PWM e válvula reguladora de vazão manual. O sistema permite controlar de forma independente o motor hidráulico da esteira transportadora e o motor responsável pelos discos rotativos. A integração elétrica foi realizada com Arduino Uno, MOSFETs IRLZ44N, potenciômetros e chaves de acionamento, possibilitando modulação de vazão via PWM sem necessidade de instrumentação complexa.

Os testes funcionais evidenciaram operação estável do circuito e resposta progressiva dos motores às variações de vazão, reproduzindo comportamentos característicos de distribuidores reais. Assim, a bancada mostrou-se eficaz como ferramenta pedagógica, contribuindo para o aprendizado dos princípios fundamentais de sistemas hidráulicos aplicados à agricultura.

Palavras-chave: Hidráulica Agrícola; Bancada Didática; Distribuidores De Sólidos; Sistemas Hidráulicos; Mecanização Agrícola.

1 INTRODUÇÃO

A mecanização agrícola tem papel central no aumento da eficiência operacional das propriedades rurais, especialmente quando associada aos princípios da Agricultura de Precisão, que buscam maior uniformidade e qualidade na aplicação de insumos. Entre os equipamentos utilizados nesse contexto, os distribuidores centrífugos de sólidos se destacam pela elevada capacidade operacional, simplicidade construtiva e ampla versatilidade no manejo de fertilizantes e corretivos. Conforme descreve Mialhe (1996), esse tipo de máquina permanece como uma das principais alternativas tecnológicas para adubação de cobertura devido à sua robustez, economia e facilidade de manutenção, fatores determinantes para o desempenho agrônomo das culturas.

Apesar de sua importância, o ensino relacionado ao funcionamento desses equipamentos ainda enfrenta limitações práticas. Em ambientes acadêmicos, a utilização de máquinas agrícolas reais nem sempre é viável devido ao alto custo, à necessidade de espaço físico apropriado e aos riscos associados ao manuseio inadequado. Nesse sentido, bancadas didáticas assumem papel fundamental para a compreensão dos fundamentos de hidráulica aplicada, transmissão de movimento e controle de vazão. Rodrigues, Souza e Ferreira (2020) destacam que estruturas didáticas oferecem ao estudante a oportunidade de visualizar fenômenos que, muitas vezes, são compreendidos apenas de forma conceitual, permitindo a associação direta entre teoria e prática.

No caso específico dos distribuidores centrífugos, a operação envolve diferentes componentes hidráulicos, como bombas, válvulas direcionais, válvulas reguladoras de vazão e motores hidráulicos. A compreensão desses elementos é essencial para o entendimento de como ajustes no fluxo influenciam o comportamento dos atuadores e, conseqüentemente, a deposição do insumo aplicado no campo. Como apontam Garcia e Dias (2015), o domínio dos princípios hidráulicos, especialmente no que se refere às relações entre pressão, vazão e perdas, é indispensável para a formação de profissionais na área de mecanização agrícola.

Nesse contexto, a presente pesquisa teve como objetivo desenvolver uma ban-

cada didática capaz de simular, em escala reduzida, o funcionamento hidráulico e mecânico dos distribuidores centrífugos de sólidos. A proposta buscou atender à necessidade de ferramentas de aprendizado que conciliem segurança, baixo custo, fidelidade operacional e facilidade de uso. Foram integrados à estrutura componentes que refletem a lógica funcional desses equipamentos no campo, como motor hidráulico para acionamento da esteira transportadora e motor acoplado a caixa de engrenagens para os discos rotativos. A utilização de um sistema elétrico simples, baseado em microcontrolador, permitiu a demonstração do controle de válvulas proporcionais sem a necessidade de instrumentação complexa. De acordo com o Instituto de Automação e Controle (2019), recursos de eletrônica embarcada simplificada são adequados para fins didáticos por aliam baixo custo a ampla aplicabilidade prática.

Dessa forma, o desenvolvimento da bancada proposta busca contribuir para o processo formativo de estudantes de mecanização agrícola e áreas correlatas, oferecendo um equipamento acessível e funcional para o estudo dos princípios que fundamentam a operação dos distribuidores de sólidos. Além disso, a bancada estabelece uma ponte entre o ambiente acadêmico e a prática profissional, possibilitando ao estudante compreender o comportamento real de sistemas hidráulicos e eletro-hidráulicos utilizados amplamente no setor agrícola.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O desenvolvimento da bancada didática foi conduzido com base em princípios de engenharia aplicados a sistemas hidráulicos, estruturais e eletroeletrônicos, utilizando referências consolidadas na literatura técnica. Aguiar e Silva (2019) ressaltam que o projeto de sistemas hidráulicos para fins educacionais deve priorizar clareza didática, simplicidade operacional e robustez construtiva. Assim, a metodologia adotada neste trabalho envolveu quatro etapas principais: fabricação da estrutura mecânica, implementação do circuito hidráulico, montagem do sistema elétrico de controle e execução de testes funcionais para verificação do desempenho do protótipo.

2.1 Estrutura mecânica e processo de fabricação

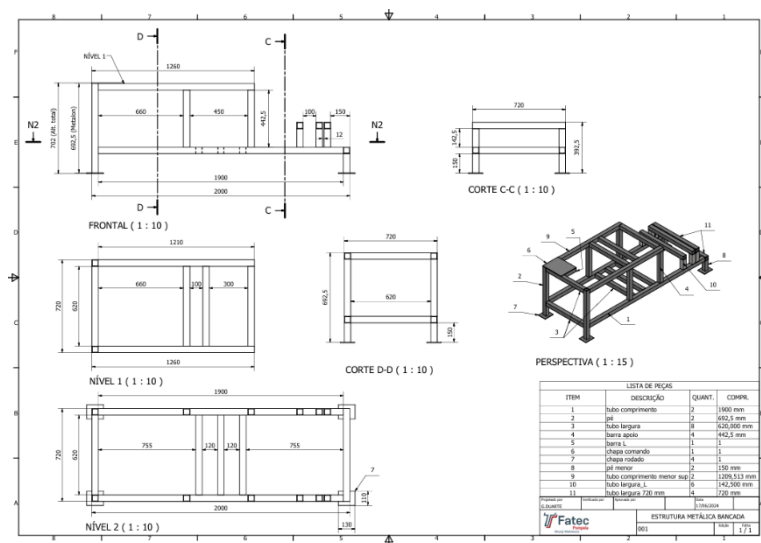
A estrutura da bancada foi construída utilizando perfis tubulares de aço carbono

do tipo metalon (50x50x3mm), devido à rigidez, estabilidade e facilidade de fabricação, características destacadas por Silva e Pereira (2023) ao discutirem aplicações didáticas com estruturas soldadas. O processo incluiu medição, corte, chanframento e soldagem pelo processo MIG, escolhido pela boa qualidade de acabamento e resistência mecânica. Após a soldagem, procedeu-se ao lixamento das juntas, tratamento da superfície e aplicação de tinta sintética para proteção anticorrosiva.

O chassi da bancada foi projetado de modo a suportar a unidade hidráulica, o conjunto de válvulas, os blocos manifold e o sistema mecânico de transmissão, garantindo distribuição adequada de cargas e acessibilidade para manutenção. Elementos de transmissão, como mancais, eixos, polias e a caixa de engrenagens, foram fixados em suportes metálicos reforçados para evitar desalinhamento durante a operação. Hunt (2001) destaca que o alinhamento e o suporte rígido dos conjuntos mecânicos são fundamentais para evitar vibrações e perdas de eficiência em sistemas acionados hidráulicamente.

Rodízios industriais com travas foram instalados para facilitar o deslocamento da bancada sem comprometer a rigidez estrutural. A dimensão da estrutura foi planejada para proporcionar visibilidade ao operador, aspecto considerado essencial em bancadas pedagógicas para visualização dos fenômenos físicos (Rodrigues; Souza; Ferreira, 2020).

Figura 1 – Desenho Técnico Estrutura Metálica da Bancada Didática



Fonte: Autoria Própria

Figura 2 – Lista de Materiais da Bancada Didática

Item	Tipo	Descricao	Quantidade	Dimensoes/Especificacoes
1	Estrutura	Tubo comprimento	2	1900 mm
2	Estrutura	Pé	2	892.5 mm
3	Estrutura	Tubo largura	8	620.000 mm
4	Estrutura	Barra apoio	4	442.5 mm
5	Estrutura	Barra L	1	-
6	Estrutura	Chapa comando	1	-
7	Estrutura	Chapa rodado	4	-
8	Estrutura	Pé menor	2	150 mm
9	Estrutura	Tubo comp. menor sup.	2	1209.513 mm
10	Estrutura	Tubo largura L	6	142.500 mm
11	Estrutura	Tubo largura	4	720 mm
12	Hidraulica	Bomba de engrenagens	1	6 L/min 210 bar
13	Hidraulica	Reservatorio de oleo	1	-
14	Hidraulica	Filtro de succao	1	-
15	Hidraulica	Filtro de retorno	1	-
16	Hidraulica	Valvula direcional	1	4/2 eletro-hidraulica
17	Hidraulica	Valvula de alivio	1	-
18	Hidraulica	Bloco manifold 1	1	-
19	Hidraulica	Bloco manifold 2	1	-
20	Hidraulica	Valvula proporcional PWM	1	-
21	Hidraulica	Valvula reguladora vazao	1	Manual
22	Hidraulica	Motor hidraulico esteira	1	-
23	Hidraulica	Motor hidraulico discos	1	-
24	Hidraulica	Mangueiras e conexoes	-	Diversas
25	Eletrica	Arduíno Uno	1	-
26	Eletrica	MOSFET IRLZ44N	2	-
27	Eletrica	Potenciometros 10k	2	-
28	Eletrica	Chave liga/desliga	2	15 A
29	Eletrica	Valvula solenoide esteira	1	-
30	Eletrica	Valvula solenoide discos	1	-
31	Eletrica	Fonte 12VDC	1	-
32	Eletrica	Cabos/Jumpers	-	Diversos
33	Eletrica	Caixa de protecao	1	-

Fonte: Autoria Própria

2.2 Sistema hidráulico

O circuito hidráulico foi projetado com a finalidade de reproduzir, de maneira clara e funcional, o comportamento operacional característico dos distribuidores centrífugos de sólidos utilizados na agricultura. O sistema inicia-se na unidade hidráulica, composta por um reservatório de óleo interligado a um filtro de sucção e a uma bomba de engrenagens com vazão nominal de 6 L/min, conjunto amplamente empregado em máquinas agrícolas devido à robustez, simplicidade construtiva e capacidade de operar sob diferentes condições de carga, conforme descreve Hunt (2001). A bomba é responsável por aspirar o fluido e direcioná-lo para a válvula direcional eletro-hidráulica, componente encarregado de habilitar ou interromper o fluxo que alimenta o circuito principal.

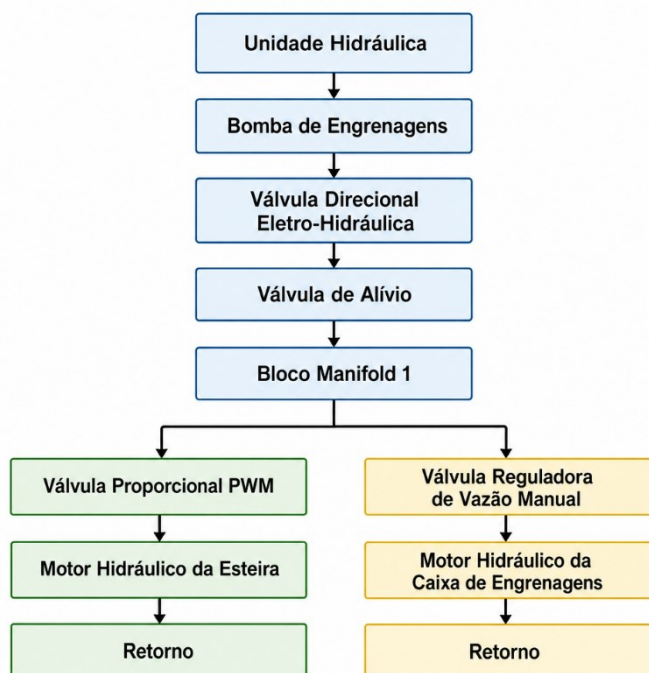
Após atravessar a válvula direcional, o fluido passa por uma válvula de alívio instalada no manifold principal. Esse dispositivo tem como função limitar a pressão máxima do sistema, garantindo a integridade dos componentes, conforme orientações

definidas na ABNT NBR ISO 4413 (2017), que estabelece diretrizes de projeto, segurança e operação para sistemas hidráulicos industriais e móveis. A partir desse ponto, o fluido é distribuído pelo primeiro bloco manifold, responsável por dividir o fluxo em dois ramos independentes, cada um destinado a um subsistema específico da bancada. Um desses ramos alimenta o motor hidráulico responsável pela simulação da esteira transportadora, enquanto o outro conduz o fluido ao motor acoplado à caixa de engrenagens que representa o conjunto de discos rotativos empregados nos distribuidores centrífugos.

Antes de alcançar o motor da esteira, o fluido atravessa o segundo manifold, no qual está instalada a válvula proporcional PWM utilizada para regular dinamicamente a vazão. Pinto e Lopes (2017) enfatizam que válvulas proporcionais são essenciais para fins didáticos, tendo em vista que permitem ao estudante compreender de forma visual como variações sutis no sinal de controle promovem mudanças significativas no fluxo e, conseqüentemente, na velocidade de atuação dos componentes mecânicos. No ramo dedicado aos discos rotativos, a modulação da vazão é realizada por meio de uma válvula reguladora manual que possibilita ao operador ajustar de maneira mecânica a rotação do motor hidráulico conectado à caixa de engrenagens. Essa divisão de fluxos permite que esteira e discos operem de forma independente, comportamento condizente com o desempenho esperado dos distribuidores utilizados em campo, conforme descreve Mialhe (1996).

Após acionarem os respectivos atuadores, os fluxos de retorno provenientes dos motores convergem e passam pelo filtro de retorno antes de regressarem ao reservatório. Esse processo garante a manutenção da integridade do fluido hidráulico, contribuindo para o prolongamento da vida útil dos componentes e para a estabilidade operacional do sistema. Garcia e Dias (2015) destacam que a filtragem adequada e o correto gerenciamento do retorno são aspectos fundamentais para o desempenho contínuo e confiável de circuitos hidráulicos, inclusive em bancadas de ensino.

Figura 3 – Fluxograma do Sistema Hidráulico



Fonte: Autoria Própria

2.3 Sistema elétrico de controle

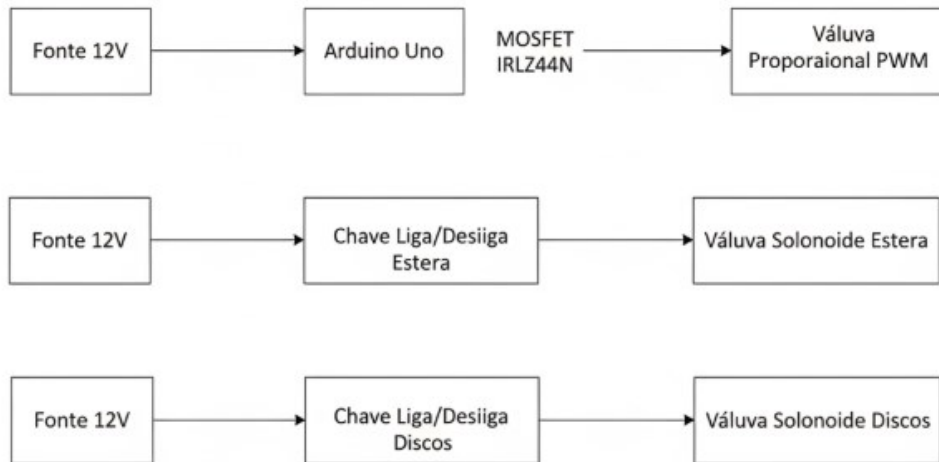
O sistema elétrico foi projetado com foco em simplicidade, eficiência e custo reduzido, características fundamentais para aplicações educativas. O controle da válvula proporcional é realizado por um microcontrolador Arduino Uno, amplamente utilizado em projetos didáticos pela facilidade de programação e integração com componentes externos. O Instituto de Automação e Controle (2019) descreve microcontroladores desse tipo como ferramentas versáteis para introdução ao acionamento eletro-hidráulico.

Para amplificação do sinal PWM e atuação sobre a válvula proporcional, foram utilizados MOSFETs IRLZ44N, capazes de conduzir correntes superiores às fornecidas diretamente pelo microcontrolador. A variação da vazão é feita por meio de potenciômetros que enviam ao Arduino valores analógicos convertidos em pulsos modulados na saída, permitindo ao operador ajustar continuamente a velocidade do motor da esteira.

Duas chaves liga/desliga independentes controlam as válvulas solenoides responsáveis pela habilitação dos motores da esteira e dos discos rotativos. Todo o conjunto foi montado em caixa de proteção própria para instalações elétricas, garantindo

segurança operacional e evitando o contato direto com partes energizadas — prática recomendada por normas de segurança industrial (ABNT NBR ISO 4413, 2017).

Figura 4 – Fluxograma do Sistema Elétrico



Fonte: Autoria Própria

2.4 Procedimentos experimentais

Os procedimentos experimentais foram conduzidos com o propósito de verificar o funcionamento hidráulico e mecânico da bancada e avaliar a resposta dos motores e do sistema de controle. Os ensaios tiveram caráter funcional e qualitativo, abordagem comum na validação de protótipos didáticos, especialmente quando o objetivo é analisar a coerência do comportamento dos subsistemas mesmo na ausência de instrumentação digital embarcada, conforme salientado por Rodrigues, Souza e Ferreira (2020). Inicialmente, procedeu-se ao acionamento da unidade hidráulica para observar o comportamento da bomba de engrenagens, das linhas de retorno e das conexões do circuito. Durante essa etapa, constatou-se que o fluxo de óleo retornava de forma contínua ao reservatório, sem indícios de turbulência excessiva ou de entrada de ar. A ausência de vazamentos e a estabilidade do fluido indicaram que o dimensionamento das mangueiras e encaixes havia sido executado adequadamente, alinhado aos princípios de montagem hidromecânica apresentados por Aguiar e Silva (2019).

Após a verificação do funcionamento da unidade hidráulica, realizou-se a avaliação do controle de velocidade da esteira transportadora. A aplicação do sinal PWM à válvula proporcional possibilitou a variação progressiva da vazão direcionada ao

motor responsável pelo acionamento da esteira, produzindo respostas suaves e sem trancos. A transição contínua entre diferentes níveis de rotação confirmou a funcionalidade do sistema eletro-hidráulico de modulação, permitindo visualizar a relação direta entre o ajuste eletrônico e o comportamento do atuador. Em seguida, avaliou-se a rotação dos discos rotativos por meio da válvula reguladora de vazão manual instalada no ramo hidráulico correspondente. A variação da abertura desta válvula alterou a velocidade do motor acoplado à caixa de engrenagens, reproduzindo de maneira satisfatória o comportamento típico dos distribuidores centrífugos, tal como descrito por Mialhe (1996), nos quais a rotação dos discos determina a amplitude e distribuição do material lançado.

O conjunto das observações obtidas nos ensaios permitiu confirmar que a bancada apresentou desempenho estável, operação coerente e respostas compatíveis com o funcionamento dos sistemas encontrados em máquinas agrícolas reais. Essa verificação experimental demonstrou que os componentes hidráulicos e eletro-hidráulicos empregados são capazes de reproduzir, em escala didática, os princípios operacionais essenciais para o ensino e a compreensão dos mecanismos envolvidos na distribuição centrífuga de insumos sólidos.

2.5 Síntese metodológica

A metodologia adotada fundamentou-se em literatura técnica reconhecida e em boas práticas de engenharia, resultando em um protótipo funcional que simula fenômenos reais de hidráulica aplicada. O conjunto integrado dos sistemas mecânico, hidráulico e elétrico demonstrou coerência com a operação de distribuidores agrícolas, atendendo ao propósito didático para o qual a bancada foi projetada.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os testes funcionais realizados na bancada didática permitiram avaliar o desempenho dos sistemas hidráulico, mecânico e elétrico, bem como sua coerência operacional com os princípios que regem o funcionamento dos distribuidores centrífugos de sólidos. Embora não tenham sido obtidos dados quantitativos devido à ausência

de sensores embarcados, a análise qualitativa foi suficiente para validar a funcionalidade do protótipo, como é comum em projetos didáticos de desenvolvimento experimental (Rodrigues; Souza; Ferreira, 2020).

A primeira etapa dos ensaios consistiu no acionamento da unidade hidráulica. Após energização do motor elétrico, a bomba de engrenagens apresentou operação estável, sem ruídos anormais, vibrações excessivas ou indícios de cavitação. Hunt (2001) destaca que esses sintomas são indicadores essenciais de bom funcionamento em sistemas de bombeamento de pequeno porte. A circulação do fluido demonstrou que o filtro e as conexões estavam adequadamente vedados, fator crítico para evitar entrada de ar e flutuações no fluxo hidráulico. O retorno ao reservatório ocorreu de maneira contínua, reforçando que o dimensionamento das mangueiras e do conjunto hidráulico estava adequado às condições de operação (GARCIA; DIAS, 2015).

A atuação da válvula direcional eletro-hidráulica demonstrou resposta imediata ao acionamento, habilitando e interrompendo o fluxo conforme o esperado. Esse comportamento está de acordo com os requisitos de segurança e controle apresentados pela ABNT NBR ISO 4413 (2017), que estabelece diretrizes para o funcionamento confiável de componentes hidráulicos. Quando o fluxo foi direcionado ao primeiro bloco manifold, este dividiu corretamente o circuito em dois ramos independentes, permitindo alimentação separada da esteira transportadora e dos discos rotativos, aspecto essencial na simulação dos distribuidores reais (MIALHE, 1996).

No ramo da esteira, a aplicação do sinal PWM gerado pelo Arduino Uno modulou progressivamente a abertura da válvula proporcional. A velocidade do motor hidráulico variou de maneira suave, sem trancos ou interrupções, evidenciando a eficiência do conjunto Arduino + MOSFET IRLZ44N. Pinto e Lopes (2017) reforçam que válvulas proporcionais oferecem excelente capacidade de demonstração didática por permitirem visualização clara da relação entre comando elétrico e comportamento hidráulico. O movimento contínuo da esteira confirmou que o circuito estava com fluxo adequado e baixa perda de carga.

No ramo dos discos rotativos, a válvula reguladora de vazão manual permitiu ajustes contínuos da velocidade do motor da caixa de engrenagens. A resposta foi estável e previsível: aumentos de abertura elevaram a rotação dos discos, enquanto

ajustes mais restritivos reduziram o fluxo e diminuíram a rotação. Esse comportamento está de acordo com o observado em máquinas agrícolas reais, nas quais a uniformidade de distribuição depende do equilíbrio entre velocidade dos discos e taxa de alimentação da esteira (HUNT, 2001).

As transmissões mecânicas apresentaram funcionamento regular, sem vibrações excessivas, graças ao alinhamento das polias e à rigidez da estrutura metálica soldada, em conformidade com práticas recomendadas para bancadas experimentais (SILVA; PEREIRA, 2023). A estabilidade do sistema comprovou que os suportes, eixos e mancais foram adequadamente dimensionados.

De modo geral, os resultados indicaram que o protótipo cumpre plenamente seu papel pedagógico, permitindo observar e compreender as relações entre vazão, pressão, modulação PWM e resposta mecânica dos atuadores. Além disso, o conjunto demonstrou fidelidade aos princípios hidráulicos presentes em distribuidores centrifugos de uso agrícola, reforçando seu potencial como ferramenta de apoio ao ensino.

Figura 5 – Bancada Didática Completa



Fonte: Autoria Própria

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento da bancada didática permitiu consolidar, em um único protótipo, os principais elementos presentes em distribuidores centrífugos de sólidos utilizados na agricultura moderna, oferecendo uma ferramenta prática e acessível ao ensino de hidráulica e mecanização agrícola. A construção da estrutura metálica, o dimensionamento dos componentes, a implementação do circuito hidráulico e a integração do sistema elétrico demonstraram a viabilidade técnica da proposta, resultando em um equipamento robusto e funcional.

A bancada reproduziu com fidelidade o comportamento do fluxo hidráulico característico dos distribuidores reais, permitindo observar a atuação da válvula direcional, o controle eletrônico da vazão via válvula proporcional PWM e o ajuste manual do fluxo destinado ao motor responsável pelos discos rotativos. Os testes funcionais evidenciaram operação estável, com resposta progressiva dos motores hidráulicos às variações de vazão, evidenciando que o circuito foi adequadamente dimensionado tanto em termos hidráulicos quanto mecânicos.

A implementação do sistema elétrico baseado em Arduino Uno, MOSFETs IRLZ44N e acionamentos independentes para a esteira e os discos demonstrou ser uma solução eficiente, de baixo custo e apropriada para fins didáticos. A estratégia proporcionou um controle intuitivo e seguro, permitindo que o operador compreenda, de maneira clara, a relação entre sinais elétricos, modulação PWM e comportamento dos atuadores hidráulicos.

Além do aprendizado técnico, o projeto contribuiu para o entendimento do processo de desenvolvimento de um equipamento real, envolvendo etapas de planejamento, fabricação, montagem, testes e ajustes. Essa vivência é essencial para estudantes de mecanização agrícola e áreas correlatas, pois oferece contato direto com problemas práticos, limitações de componentes comerciais, decisões de projeto e estratégias de solução — aspectos fundamentais da engenharia aplicada.

Como continuidade, a bancada poderá receber aprimoramentos futuros, como instalação opcional de sensores, instrumentação digital, aquisição de dados ou integração com sistemas embarcados mais avançados, caso se deseje expandir seu uso

para experimentos quantitativos. Entretanto, mesmo em sua configuração atual, o protótipo cumpre plenamente seu propósito pedagógico, oferecendo aos estudantes um meio concreto para visualizar e compreender os princípios fundamentais dos sistemas hidráulicos empregados em distribuidores de sólidos.

REFERÊNCIAS

Livros e Capítulos

- AGUIAR, R. L.; SILVA, F. F. **Hidráulica básica aplicada**. 4. ed. São Paulo: Érica, 2019.
- MACHADO, T. M. **Hidráulica e Pneumática: princípios, tecnologias e aplicações**. 2. ed. São Paulo: LTC, 2018.
- MIALHE, L. G. **Máquinas agrícolas: ensaios & certificações**. Piracicaba: FEALQ, 1996.
- MIALHE, L. G. **Manual de mecanização agrícola**. São Paulo: Nobel, 1996.
- PINTO, A. M.; LOPES, J. R. **Fundamentos de sistemas hidráulicos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2017.
- SILVA, R. P.; CORRÊA, I. M. **Máquinas para aplicação de fertilizantes e corretivos**. 2. ed. Lavras: Editora UFLA, 2017.

Artigos científicos e trabalhos acadêmicos

- GARCIA, R. F.; DIAS, G. P. **Dimensionamento de circuitos hidráulicos aplicados à mecanização agrícola**. Revista Engenharia na Agricultura, v. 23, n. 3, p. 212–220, 2015.
- HUNT, D. **Farm power and machinery management**. 10. ed. Ames: Iowa State University Press, 2001.
- RODRIGUES, F. A.; SOUZA, D. P.; FERREIRA, G. D. **Bancadas didáticas como ferramenta de apoio ao ensino de hidráulica aplicada**. Revista Ciência & Tecnologia, v. 12, n. 2, p. 45–52, 2020.
- SILVA, J. C.; PEREIRA, M. L. **Soldagem MIG/MAG em estruturas metálicas para aplicações didáticas**. Revista Engenharia e Tecnologia, v. 15, n. 1, p. 120–131, 2023.

Normas técnicas

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR ISO 4413: Sistemas hidráulicos – Regras gerais e requisitos de segurança para sistemas e seus componentes**. Rio de Janeiro, 2017.

Relatórios técnicos e instituições

- INSTITUTO DE AUTOMAÇÃO E CONTROLE. **Manual de introdução à eletrônica aplicada a sistemas hidráulicos**. São Paulo, 2019.