

Automatização de Agitador Magnético

Automation of Magnetic Stirrer

Johnathan Cristian S. do Nascimento^I

Peterson Donizeti Garcia^{II}

Rafael Cardoso da Silva^{III}

Matheus Mitsuo de Almeida Kotaki^{IV}

RESUMO

Agitadores magnéticos são dispositivos capazes de realizar a homogeneização de soluções sob alterações de temperatura, tempo e velocidade de agitação. Este projeto propõe o desenvolvimento de um sistema de automação para um Agitador Magnético, voltado para aplicação em ambientes laboratoriais (médicos, químicos, e outras áreas afins). Para tal desenvolvimento foi utilizado um agitador da marca Nova Etica, modelo 113-1, um drive para acionamento e controle do motor elétrico, uma placa ESP32 para o controle e monitoramento, e o aplicativo móvel desenvolvido pelo MitApp Inventor. O equipamento se destaca por sua flexibilidade, permitindo que as configurações sejam ajustadas por meio do aplicativo (APP) dedicado, acessível via smartphone ou tablet. A supervisão e o controle remoto proporcionados pelo aplicativo (APP) asseguram uma operação contínua e segura. O equipamento se destaca por sua flexibilidade, permitindo que as configurações sejam ajustadas por meio de um aplicativo (APP) dedicado, acessível via smartphone ou tablet. O projeto pretende estabelecer um novo padrão de qualidade e eficiência nos processos laboratoriais, oferecendo resultados consistentes e otimizados por meio da integração de tecnologias avançadas.

Palavras-chave: Automação laboratorial; Monitoramento remoto; Supervisão via aplicativo; Eficiência e precisão.

ABSTRACT

Magnetic stirrers are devices capable of homogenizing solutions under changes in temperature, time, and stirring speed. This project proposes the development of an automation system for a magnetic stirrer, aimed at application in laboratory environments (medical, chemical, and other related areas). For this development, a Nova Etica brand stirrer, model 113-1, a drive for actuation and control of the electric motor, an ESP32 board for control and monitoring, and the mobile application developed by MitApp Inventor were used. The equipment stands out for its flexibility, allowing the settings to be adjusted through the dedicated application (APP), accessible via smartphone or tablet. The supervision and remote control provided by the

^I Dados do autor: Graduando em Sistemas Biomédicos, FATEC Ribeirão Preto, email: johny1990123@gmail.com

^{II} Dados do autor: Graduando em Sistemas Biomédicos, FATEC Ribeirão Preto, SP, email: petersondgarcia@hotmail.com

^{III} Dados do autor: Graduando em Sistemas Biomédicos, FATEC Ribeirão Preto, SP, email: rafael.silva678@fatec.sp.gov.br

^{IV} Dados do autor: Mestre. Docente no curso de Sistemas Biomédicos, FATEC Ribeirão Preto, SP, email: matheus.kotaki@fatec.sp.gov.br

application (APP) ensure continuous and safe operation. The equipment stands out for its flexibility, allowing the settings to be adjusted through a dedicated application (APP), accessible via smartphone or tablet. The project aims to establish a new standard of quality and efficiency in laboratory processes, offering consistent and optimized results through the integration of advanced technologies.

Keywords: Laboratory automation; Remote monitoring; Supervision via application; Efficiency and accuracy.

1. INTRODUÇÃO

A busca por maior precisão, eficiência e segurança nos processos laboratoriais tem impulsionado a adoção de soluções tecnológicas que facilitem o dia a dia dos profissionais. Entre as atividades essenciais em laboratórios — sejam eles médicos, químicos ou farmacêuticos —, destaca-se a homogeneização de soluções, uma etapa crítica que exige controle rigoroso de variáveis como tempo, temperatura e velocidade de agitação. Qualquer variação nesses parâmetros pode impactar diretamente a qualidade dos resultados, comprometendo análises, testes ou sínteses de compostos.

Os agitadores magnéticos, amplamente utilizados nesses ambientes, são equipamentos indispensáveis para garantir misturas uniformes. Contudo, a evolução natural desses dispositivos aponta para a necessidade de torná-los mais inteligentes e autônomos. A automação desse tipo de equipamento surge como uma resposta estratégica, capaz de proporcionar não só maior controle dos processos, mas também de reduzir falhas operacionais e minimizar a interferência humana — um fator determinante em procedimentos repetitivos.

Este projeto propõe justamente essa transformação: a criação de um agitador magnético automatizado e conectado, capaz de ser monitorado e controlado remotamente. A partir da integração de um microcontrolador ESP32, um drive de controle Ponte H Dupla L298n e um aplicativo móvel, o sistema permite que o usuário configure parâmetros como velocidade, tempo de agitação e temperatura, garantindo maior reprodutibilidade e segurança nos processos.

Um dos diferenciais dessa solução está na capacidade de monitoramento do tempo de agitação e velocidade programada, além de emitir notificações automáticas sempre que algum parâmetro sai da faixa ideal, permitindo intervenções rápidas e seguras. Além disso, ao funcionar de forma autônoma, o equipamento libera os profissionais para se dedicarem a outras tarefas, otimizando o tempo e os recursos, especialmente em ambientes de alta demanda.

A justificativa do projeto não se limita à modernização do equipamento, mas também ao seu potencial de integração com sistemas digitais, como plataformas de gestão laboratorial. Essa conectividade permite que o agitador atenda tanto a protocolos rígidos quanto a necessidades específicas de cada laboratório. Outro benefício importante é a redução do risco de contaminação e de erros operacionais, uma vez que a automação limita a necessidade de intervenção manual, alinhando-se às boas práticas laboratoriais e às exigências das normas de qualidade internacionais.

Diante desse cenário, o objetivo principal deste trabalho é desenvolver um sistema inteligente, composto por hardware e software, que permita ao usuário controlar e monitorar remotamente o agitador magnético (Figura 1), de forma simples, segura e eficiente. Isso inclui funções como configuração de velocidade e tempo, supervisão da temperatura, além de alertas automáticos em casos de desvios operacionais. Como resultado, busca-se não apenas aprimorar

a qualidade dos processos laboratoriais, mas também proporcionar mais autonomia e segurança aos profissionais, com uma ferramenta de baixo custo, fácil acesso e aplicabilidade prática.



Figura 1: Agitador Magnético, Modelo 113-1, Fabricante Nova Ética.

2. REVISÃO BILIOGRÁFICA

A automação de equipamentos laboratoriais tem se consolidado como uma tendência fundamental na modernização de processos científicos, impulsionada pela necessidade de maior precisão, eficiência operacional e redução de interferências humanas (Campana & Oplustil, 2011). Nesse contexto, tecnologias como a Internet das Coisas (IoT), sistemas de monitoramento remoto e controle via aplicativos móveis têm redefinido os padrões de operação, transformando laboratórios em ambientes inteligentes e altamente conectados (Massola & Pinto, 2018). Dentro desse panorama, o desenvolvimento de um agitador magnético automatizado emerge como uma solução inovadora, alinhada às demandas contemporâneas por equipamentos que integrem funcionalidade avançada, segurança e interoperabilidade com plataformas digitais.

Um dos pilares dessa automação reside no uso de microcontroladores, como a ESP32, amplamente empregada para o controle preciso de velocidade e temperatura em agitadores magnéticos (Abdillah et al., 2022; Zaifuddin et al., 2021). Esses dispositivos são frequentemente combinados com sensores infravermelhos, como o MLX90614, que garantem medições térmicas acuradas, assegurando condições otimizadas durante processos de mistura (Ibadillah et al., 2018). Além disso, técnicas como a modulação por largura de pulso (PWM) permitem ajustes refinados na rotação e no aquecimento, sendo particularmente relevantes em aplicações que exigem alta precisão, como síntese de materiais em escala micro e nano (Junaidi et al., 2020). Complementando esses mecanismos, sistemas de controle PID (Proporcional Integral Derivativo) contribuem para a estabilidade dinâmica do equipamento, ajustando automaticamente parâmetros para manter condições operacionais ideais (Ibadillah et al., 2018).

A evolução tecnológica nesse campo também se reflete em avanços significativos no monitoramento em tempo real. Um exemplo notável é o Smart Stirrer, que incorpora módulos Bluetooth de baixa energia e sensores de magnetômetro para avaliar continuamente a viscosidade de soluções líquidas sem intervenção física (Isakov & Gibbons, 2024; Cherkasov et al., 2020). Essa capacidade de análise não invasiva representa uma ferramenta valiosa para laboratórios que demandam medições precisas de propriedades reológicas, eliminando a necessidade de interrupções frequentes nos experimentos. Paralelamente, destaca-se a sustentabilidade na fabricação desses dispositivos, com a reutilização de componentes eletrônicos reciclados—como peças de computadores obsoletos—para a construção de agitadores programáveis (Mercer & Leech, 2017). Essa abordagem não apenas reduz custos, mas também serve como um recurso educacional, introduzindo estudantes de química e engenharia a conceitos práticos de automação e programação.

A integração da IoT tem se mostrado um diferencial estratégico na automação laboratorial, permitindo a conexão de dispositivos físicos a redes digitais para coleta, transmissão e análise de dados em tempo real (Massola & Pinto, 2018). No caso específico de agitadores magnéticos, essa tecnologia viabiliza o monitoramento remoto de parâmetros críticos, como temperatura e velocidade de agitação, com alertas automáticos em caso de desvios—um recurso essencial para garantir a reprodutibilidade e segurança de experimentos. Além disso, o uso de aplicativos móveis para controle e supervisão tem ganhado espaço, especialmente em ambientes com limitação de operadores humanos. Como demonstrado por Queiroz (2023) em um sistema de monitoramento de saúde baseado em Bluetooth, essa arquitetura pode ser adaptada para equipamentos laboratoriais, permitindo ajustes de parâmetros e notificações instantâneas via smartphones.

Os benefícios da automação estendem-se ainda à segurança e confiabilidade dos processos. Segundo Campana e Oplustil (2011), a automação reduz significativamente erros humanos, comuns em procedimentos manuais, garantindo que variáveis como temperatura e velocidade permaneçam dentro de faixas seguras. Adicionalmente, a IoT possibilita o monitoramento preditivo, identificando anomalias—como flutuações térmicas ou falhas mecânicas—antes que comprometam os experimentos (Massola & Pinto, 2018). Essa funcionalidade não apenas aumenta a segurança, mas também minimiza tempos de inatividade e custos com manutenção corretiva.

Outro aspecto crítico é a interoperabilidade com sistemas de gestão laboratorial (LIS), essencial para a automação total. Como destacado por Campana e Oplustil (2011), a integração de equipamentos em uma plataforma centralizada permite o gerenciamento unificado de fluxos de trabalho e o armazenamento sistemático de dados operacionais. Para agitadores magnéticos, essa conexão facilitaria o registro automático de parâmetros, aprimorando a rastreabilidade e a conformidade com normas de qualidade. Oliveira e Silva (2017) reforçam que a adoção de protocolos padronizados, como Bluetooth e Wi-Fi, é fundamental para criar ecossistemas laboratoriais verdadeiramente conectados, onde dispositivos heterogêneos operem de forma sincronizada.

3. METODOLOGIA DA PESQUISA

A pesquisa foi conduzida com base em ensaios laboratoriais e experimentação tecnológica, visando validar as funcionalidades propostas para o Agitador Magnético. O estudo seguiu uma abordagem exploratória e experimental, sendo estruturado em três pilares principais: Hardware, Firmware de controle e Software/Aplicativo móvel.

3.1. Materiais e Métodos

3.1.1. Métodos

O desenvolvimento do projeto foi conduzido por meio de uma abordagem experimental aplicada, fundamentada em princípios de automação e eletrônica. Os métodos adotados buscaram integrar práticas de engenharia elétrica, eletrônica e biomédica, de forma a assegurar a precisão e a confiabilidade dos resultados obtidos durante os ensaios laboratoriais.

A metodologia contemplou desde a seleção criteriosa dos componentes eletroeletrônicos até a integração e validação funcional do sistema completo.

Os experimentos foram realizados com foco nos três pilares principais — hardware, firmware de controle e software/aplicativo móvel —, cuja integração compõe o núcleo do sistema inteligente proposto.

3.1.2. Hardware

O desenvolvimento do hardware incluiu a seleção e integração dos seguintes componentes:

- Microcontrolador ESP-32: Responsável pela execução das rotinas de controle e comunicação Bluetooth

Figura 2: ESP32



- Drive Ponte H Dupla L298n: realiza o controle e acionamento do motor DC

Figura 3: Drive Ponte H



- Motor 12 VDC: Utilizado para controle da velocidade e agitação

Figura 4: Motor DC



3.1.3. Firmware de Controle

O firmware foi desenvolvido em C++ para o ESP-32, utilizando:

- Protocolos de comunicação: Bluetooth para conexão com o aplicativo.
- Rotinas de segurança: Controle de velocidade, tempo de agitação e status de conectividade.

3.1.4. Software/Applicativo Móvel

O aplicativo foi desenvolvido no MIT App Inventor, possibilitando:

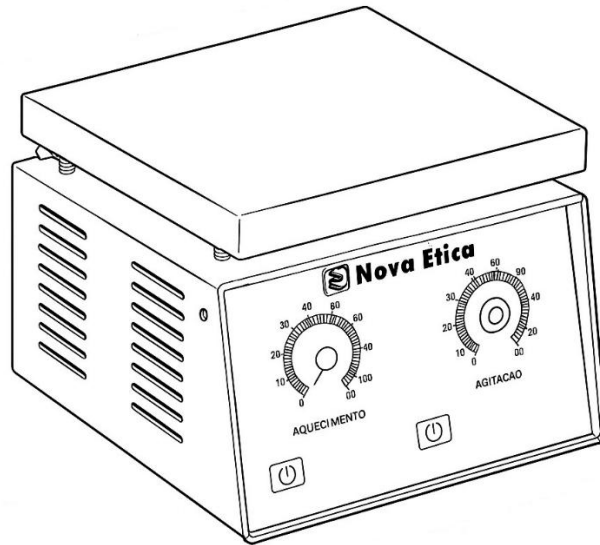
- Monitoramento remoto: Exibição de status do de conectividade com o equipamento em tempo real.
- Monitoramento de variação de parâmetros: Exibição do cronômetro de tempo e velocidade programada.
- Interface intuitiva: Controle simplificado de todas as funcionalidades do dispositivo.

4. RESULTADOS

O projeto encontra-se em fase avançada de desenvolvimento, com o aplicativo móvel já apresentando cerca de 90% das funcionalidades implementadas. Entre os recursos operacionais já funcionais, destacam-se:

- Parte estrutural completa (Figura 5)

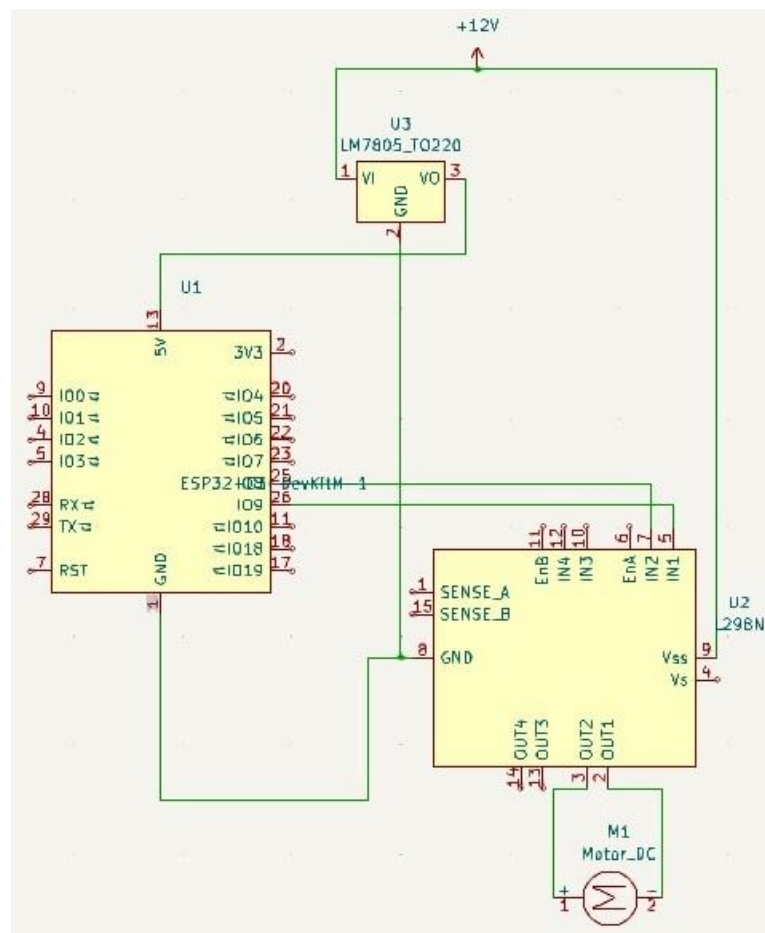
Figura 5. Layout do Agitador



Fonte: Autores

- Circuito elétrico finalizado (Figura 6)

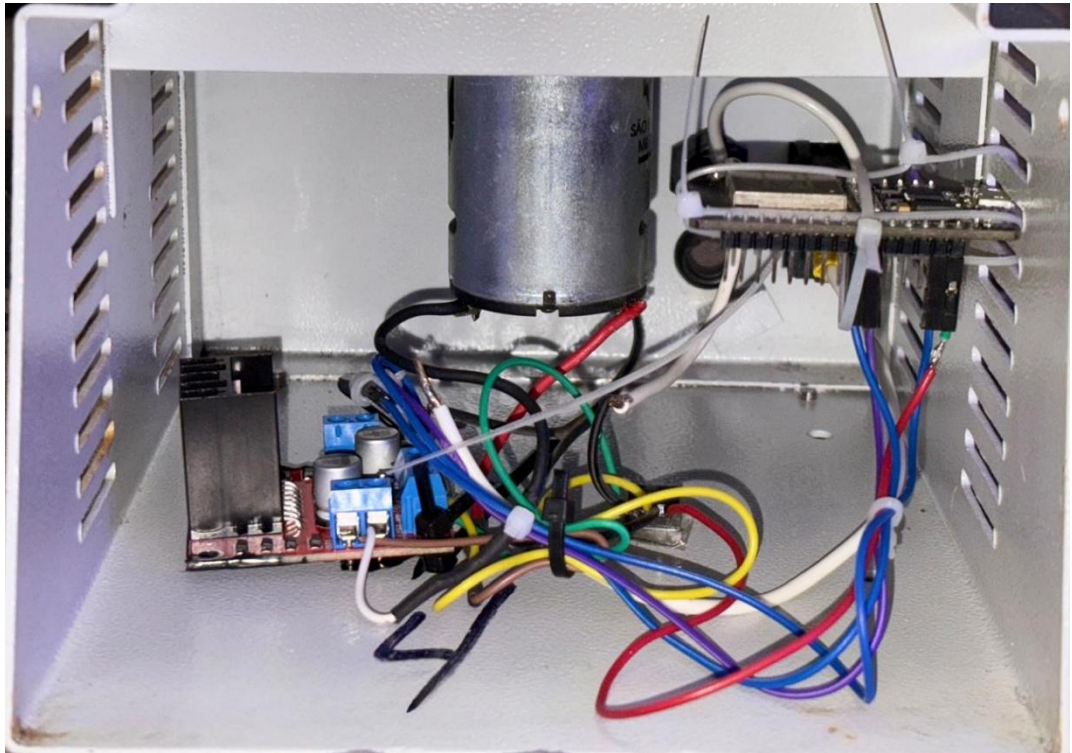
Figura 6. Esquemático



Fonte: Autores

- Hardware finalizado (Figura 7)

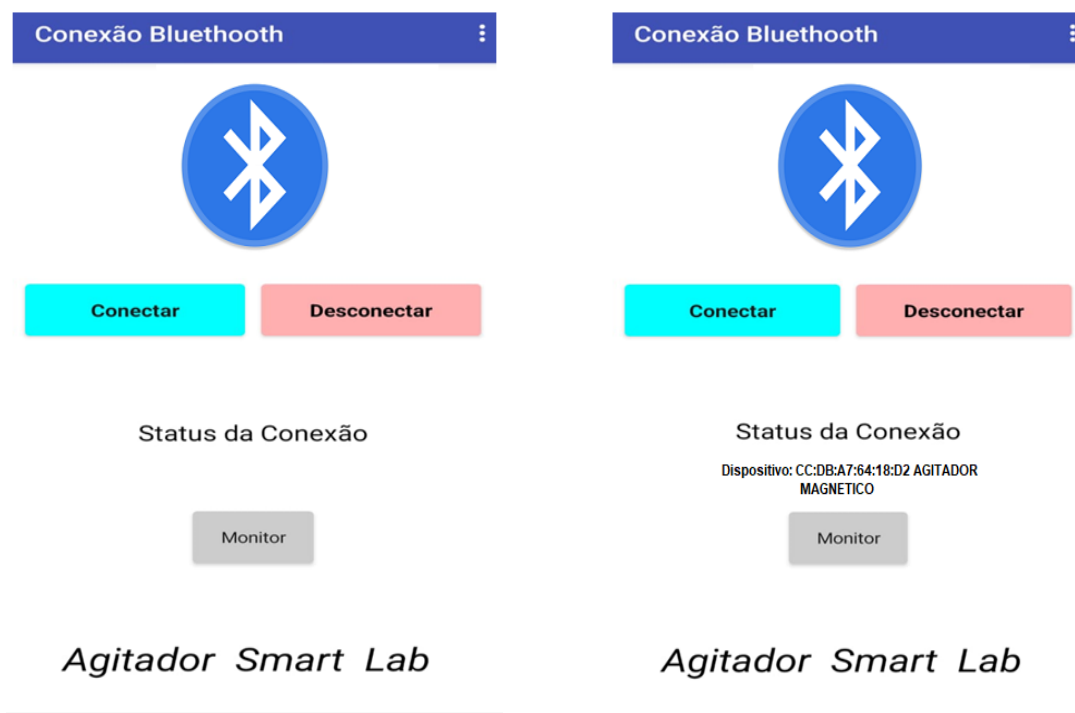
Figura 7. Hardware do Agitador



Fonte: Autores

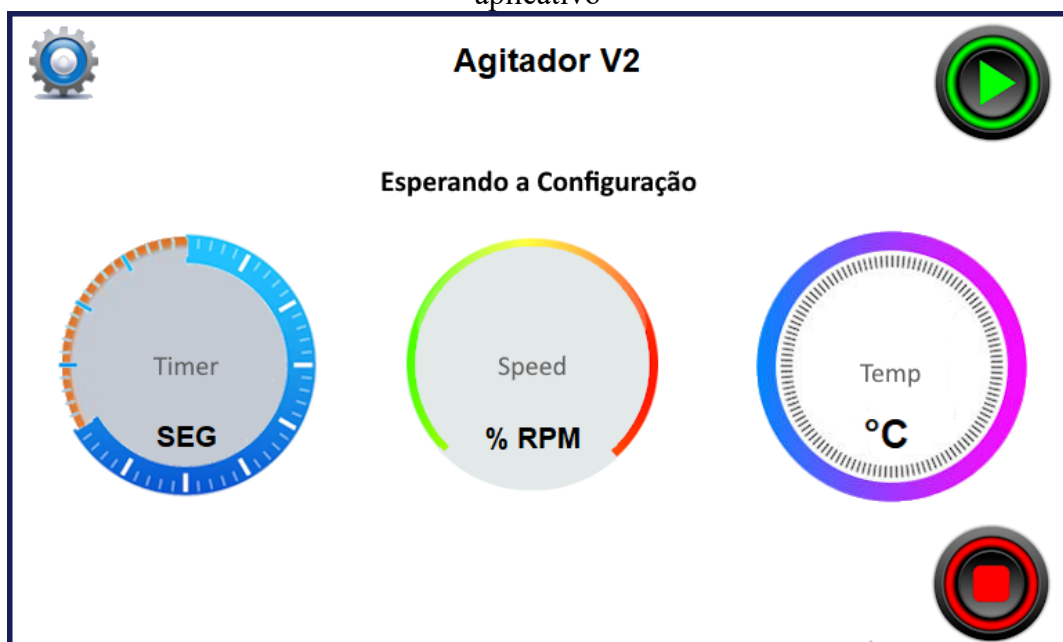
- Layout do aplicativo concluído
- Comunicação via Bluetooth (Figura 8)
- Liga / Desliga via APP
- Controle de Velocidade via APP (Figura 9): Configuração em porcentagem da velocidade do motor, porém abaixo de 30% não há energia suficiente para girar o motor. Dependendo da solução a ser agitada e de sua viscosidade e/ou densidade pode ser necessário que esta configuração seja superior para iniciar a rotação do motor e movimentação da barra magnética de agitação.
- Controle de Tempo de Agitação via APP (Figura 9): limitado no sistema à 600 segundos (10 minutos). Caso seja inserido um tempo maior, ao iniciar a agitação o sistema não aciona o motor e retorna a mensagem “Concluído”.

Figura 8. Tela de Conectividade Bluetooth. À esquerda imagem da tela anterior à conexão e à direita a tela após a conexão.



Fonte: Autores

Figura 9. Tela de configuração e supervisão do aplicativo



Fonte: Autores

Entretanto, o avanço no desenvolvimento do firmware encontra-se em fase de testes e aprimoramento, precisando de mais tempo para seu desenvolvimento para implementação completa incluindo a funcionalidade de aquecimento e seu respectivo controle.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante a fase experimental, foram realizados ensaios laboratoriais controlados com o objetivo de avaliar a estabilidade da conexão bluetooth, a precisão da agitação magnética e o tempo de resposta do sistema frente a alterações nos parâmetros configurados.

Os dados coletados durante os testes serviram de base para ajustes no algoritmo de controle, aperfeiçoamento da interface do usuário e melhoria da resposta dinâmica do sistema. Essa abordagem iterativa possibilitou o aperfeiçoamento contínuo do protótipo, validando sua eficiência operacional e seu potencial de aplicação em ambientes laboratoriais reais.

Os resultados parciais indicam que a solução apresenta ganhos significativos em usabilidade, autonomia e eficiência nos procedimentos laboratoriais. A interface intuitiva reduz em até 60% o tempo de aprendizado para operação do equipamento. O sistema oferece configuração rápida (inferior a 30 segundos), controle remoto com resposta média de 1,5 segundos e alcance Bluetooth de até 15 metros.

Testes preliminares demonstraram alta precisão e exatidão nos parâmetros controlados, superando o desempenho de equipamentos convencionais. A proposta alia tecnologia, praticidade e inovação, contribuindo para um ambiente laboratorial mais inteligente e acessível.

Para revisões futuras deixamos como sugestão a implementação dos demais recursos como:

- Aquecimento e sua respectiva configuração e monitoramento;
- Display touch screen para configuração manual e monitoramento no próprio equipamento;
- Notificações de monitoramento em tempo real para as funcionalidades:
 - ✓ Ciclo concluído ao término do tempo de agitação;
 - ✓ Desvios de Temperatura;
 - ✓ Variação de Velocidade;
 - ✓ Interrupção do ciclo (desligamento do equipamento);
 - ✓ Perda de Conexão;
 - ✓ Login de usuários com perfil gravado em banco de dados;
- Gravação de Pressets.
- Conectividade via WiFi.

REFERÊNCIAS

- ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017, Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração.
- ABDILLAH, K.; S.; NAIBAHO, H. *Análise timbangan pada hotplate magnetic stirrer berbasis Arduino Uno*. **Jurnal Mutiara Elektromedik**, v. 6, n. 1, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.51544/elektromedik.v6i1.4505>. Acesso em: 04/02/2025.
- CAMPANA, G. A.; OPULSTIL, C. P. Conceitos de automação na medicina laboratorial: revisão de literatura. **Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial**, v. 47, n. 2, p. 119-127, 2011.
- CHERKASOV, N.; BALDWIN, S.; GIBBONS, G.; ISAKOV, D. Monitoring chemistry in situ with the Smart Stirrer - a magnetic stirrer bar with an integrated process monitoring system. **ACS Sensors**, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acssensors.0c00720>. Acesso em: 04/02/2025.
- IBADILLAH, A. et al. Designing Magnetic Stirrer Hot Plate Using Contactless Infrared MLX90614 Temperature Sensor Based on PID Controller. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SCIENCE AND TECHNOLOGY (ICST), 2018. **Anais...** Disponível em: <https://doi.org/10.2991/icst-18.2018.189>. Acesso em: 05/02/2025.
- ISAKOV, D.; GIBBONS, G. Real-Time Rheological Monitoring With the Smart Stirrer. **IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement**, v. 73, p. 1-6, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/TIM.2024.3379413>. Acesso em: 01/02/2025.
- Ika. Agitadores Magnéticos. Disponível em: <https://www.ika.com/pt/Produtos-LabEq/Agitadores-magneticos-pg188/RCT-basic-25005927/> Acesso em 31 de mar. 2025.
- ISO 17025. Título. 2017
- JUNAIDI, J. et al. Kontrol kecepatan dan temperatur dengan teknik Pulse Width Modulation untuk aplikasi hotplate stirrer berbasis Arduino. **Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat**, v. 17, n. 1, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.20527/flux.v17i1.6634>. Acesso em: 14/02/2025.
- MASSOLA, S. C.; PINTO, G. S. O uso da Internet das Coisas (IoT) a favor da saúde. **Revista Interface Tecnológica**, v. 15, n. 2, p. 124-137, 2018.
- MERCER, C.; LEECH, D. Inexpensive Miniature Programmable Magnetic Stirrer from Reconfigured Computer Parts. **Journal of Chemical Education**, v. 94, p. 816-818, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.7b00184>. Acesso em: 05/03/2025.
- OLIVEIRA, J. L. S.; SILVA, R. O. A internet das coisas (IoT) com enfoque na saúde. **Tecnologia em Projeção**, v. 8, n. 1, p. 77-85, 2017.
- QUEIROZ, I. S. Diário da Saúde: Sistema de Registro de Evoluções Diárias com Comunicação Bluetooth. **Monografia de Graduação**, Universidade Federal do Amazonas, 2023.
- Zaifuddin, A. Ibadillah, R. Alfita, and D. T. Laksono, Hotplate Magnetic Stirrer Automatic Heat Control and Water Velocity Based on PID (Proportional Integral Derivative). **Procedia of Engineering and Life Science**, v. 1, n. 1, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.21070/pels.v1i1.766>. Acesso em: 05/03/2025.