



INFORMAÇÕES GERAIS DO TRABALHO

Título do Trabalho: Monitoramento e controle de processo de fermentação enzimática

Autor(es): Vitor Hugo Laia de Oliveira, Letícia Fernandes dos Reis, Raiter Júnior Barbosa Santos, Raphael de Assis Silva, Michelle Mendes Santos, Virgil Del Duca Almeida, Flávia de Faria Siqueira

Palavras-chave: Fermentação, Enzima, Monitoramento, Automação, Controle

Campus: Betim

Área do Conhecimento (CNPq): Microbiologia; Automação Industrial

RESUMO

As enzimas têm ganhado um crescente alcance tecnológico, com aplicações em indústrias têxtil, de papel e celulose, de ração animal, de detergentes, de alimentos e bebidas, dentre outras. Neste trabalho, enzimas bacterianas foram aplicadas na obtenção de um agente antimicrobiano que vem sendo aplicado como um conservante de alimentos natural. O objetivo principal é a construção um sistema automatizado de controle de parâmetros que influenciam o processo de fermentação biológica, dos quais alguns resultados preliminares foram apresentados. Após conhecer as características das etapas do processo, foi realizado um levantamento das variáveis a serem medidas e das variáveis a serem controladas, o que contribuiu para a montagem de um protótipo da primeira etapa de produção do antimicrobiano em tamanho reduzido para simulação do processo e sua automação. Para realizar as medições, foi utilizado o sistema *Arduino* e sensores de nível e temperatura. A calibração estática desses instrumentos foi realizada para determinar a relação entre o valor lido pelo *Arduino* e o valor real da grandeza mensurada em unidades do SI.

INTRODUÇÃO:

O estudo da biotecnologia proporciona inovadoras possibilidades para a produção de substâncias e processos, apresentando soluções para atender à humanidade em suas mais diferentes necessidades (alimentos, energia, medicamentos) (Okura et al., 2008). Além disso, muitos processos e produtos biotecnológicos são capazes de superar tecnologias que poluam o ambiente ou que contribuam para a diminuição dos recursos naturais, sendo uma alternativa mais sustentável. Nesse contexto, as enzimas - além de sua importância biológica - tem ganhado um crescente alcance tecnológico, com aplicações em indústrias têxtil, de papel e celulose, de ração animal, de detergentes, de alimentos e bebidas, dentre outras (Pelczar, 1997). E uma promissora aplicação das enzimas, apresentada nesse trabalho, é o uso delas na obtenção de um agente antimicrobiano que vem sendo aplicado como um conservante de alimentos natural.

As indústrias de alimentos e bebidas possuem relevante espaço para a economia do país e seus produtos equivalem a 9% do Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil. Embora haja uma variedade de técnicas de conservação disponíveis, a intoxicação alimentar e deterioração por micro-organismos continuam sendo as principais preocupações na indústria de alimentos. Dados da OMS apontam que 20% dos alimentos produzidos são perdidos por deterioração. Aliado a isso, é crescente o número de consumidores que exigem da indústria de alimentos a diminuição de uso de aditivos químicos para obtenção de alimentos mais seguros, visando o retardo das ações microbianas deteriorantes que conduzem o alimento a um estado



impróprio para o consumo (Fonseca et al., 2012). Sendo assim, um conservante mais eficiente atenderia uma demanda crescente do mercado.

A Phoneutria Biotecnologia e Serviços (Empresa Demandante) desenvolveu um inovador antimicrobiano natural devidamente patentado (protocolo INPI nº 014120002967) denominado PHT436. Testado exaustivamente, demonstrou atividade antimicrobiana com grande potencial para ser utilizado na indústria de alimentos e já atrai o interesse do setor industrial. A produção desse produto envolve uma etapa preliminar de obtenção de uma enzima através de fermentação. E a demanda apresentada pela empresa envolve a produção laboratorial existente no momento deve ser modificada para escala semi-industrial através da implementação de uma planta-piloto com fermentadores e agitadores de no mínimo 250 litros. Os problemas do escalonamento ocorrem devido a transferências de massa inadequadas, perda de calor e distribuição de temperatura não uniforme e formação de gradientes no reator. Como consequência, muitos processos de fermentação em grande escala têm menor produtividade do que aquela obtida em laboratório. Torna-se necessário, então, um controle maior das variáveis que influenciam o processo, como por exemplo, pH, temperatura, variações de cor e medição dos gases gerados durante a fermentação.

Este trabalho apresenta alguns resultados obtidos a partir do projeto intitulado "Monitoramento e controle de processo de fermentação enzimática", aprovado em dezembro de 2014 pela Chamada CNPq-SETEC/MEC Nº 17/2014, e que conta com a participação da equipe técnica da Phoneutria Biotecnologia e Serviços. O objetivo principal deste trabalho é buscar solucionar um problema real do setor produtivo: a padronização e monitoramento das condições ideais de cultivo microbiano, visando uma produção em escala comercial ou de produção. Para isso, o projeto irá automatizar o processo de produção da enzima, a fim de garantir a mesma qualidade em todos os lotes produzidos. Desde o início do projeto, algumas dificuldades como o atraso no repasse dos recursos financeiros e a mudança de sede do IFMG Betim, fizeram com que o cronograma proposto no projeto fosse readequado. Sendo assim, os dados apresentados neste resumo são resultados preliminares, mas que certamente serão utilizados nas etapas posteriores de execução do projeto.

METODOLOGIA:

Um dos objetivos do projeto é padronizar condições de cultivo durante o processo fermentativo de uma linhagem bacteriana (PHT436), produtora da enzima lipase. A equipe se reserva no direito de não detalhar completamente a natureza, bem como a forma de obtenção da enzima e do composto antimicrobiano, uma vez que já foi iniciado o processo de patenteamento do produto. Para realizar a automação do processo, foi necessário primeiramente compreender seu funcionamento e realizar sua modelagem. A Figura 1 apresenta uma representação das etapas do processo de produção da enzima e do antimicrobiano obtido a partir dela.

Durante o período que se iniciou após a mudança do Campus Betim até o momento, a equipe focou na primeira etapa do processo que consiste na fermentação. As variáveis envolvidas nessa etapa são o Nível de material no fermentador, a temperatura e a turbidez da mistura (Tostes, 2015). Para atuar no processo, há uma válvula que regula a entrada dos materiais no fermentador, uma bomba que retira o material após concluído o processo de fermentação e uma bomba de ar para aeração do processo fermentativo, que é aeróbio.

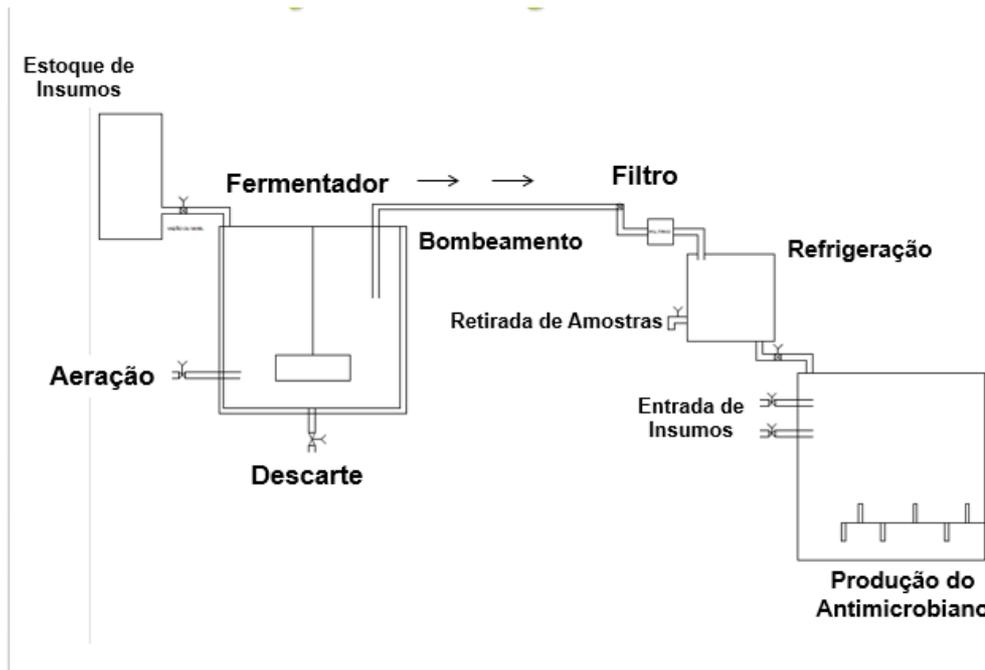


Figura 1 – Representação do Processo de Produção da Enzima e do Antimicrobiano

Para facilitar as análises, a equipe construiu um protótipo dessa primeira etapa em tamanho reduzido utilizando recipientes plásticos, tubos de PVC, sensores e atuadores de pequeno porte, juntamente com um sistema Arduino para processamento das informações (Figura 2).

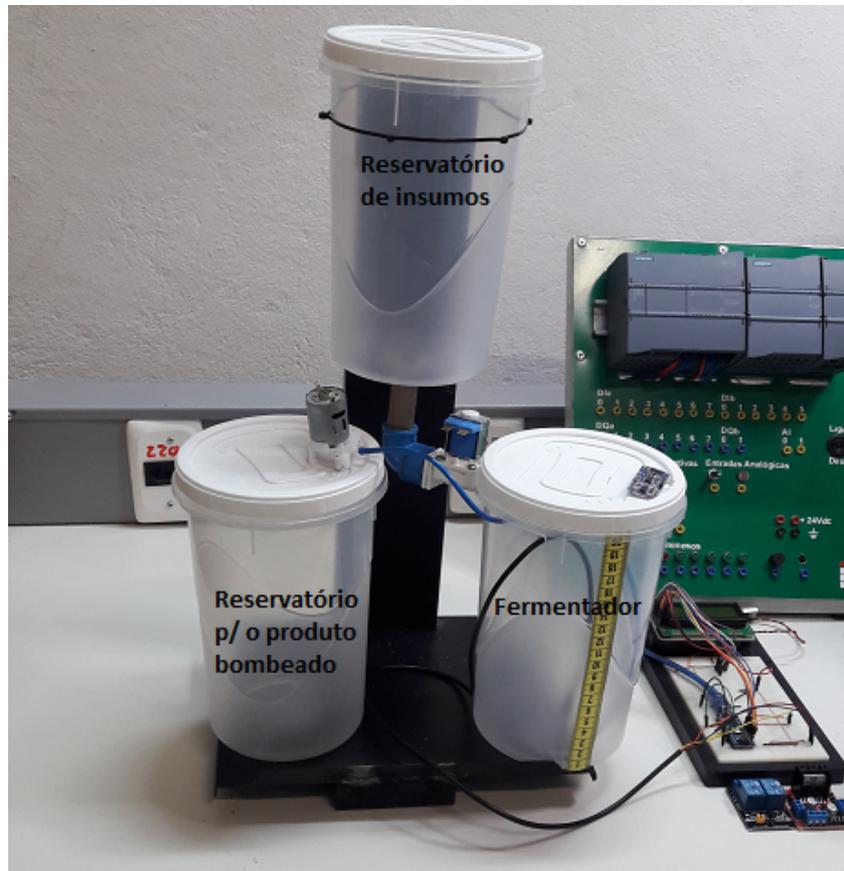


Figura 2 – Foto do protótipo construído para a primeira etapa do processo



A fim de determinar a relação existente entre o valor lido pelo Arduino, proveniente dos sensores, e o valor real da grandeza medida, foram realizados experimentos de calibração estática. A Calibração estática é realizada coletando diversos valores de leitura do sensor e de leitura de um padrão de calibração (Fialho, 2015). Dessa forma, os pontos coletados são inseridos em um gráfico e, utilizando regressão linear, uma equação expressando a relação entre as medidas e o padrão é estabelecida.

Para a medição de nível, utilizou-se um sensor ultrassônico, modelo HC-SR04 (Micropik, 2017), conectado ao Arduino. Esse sensor realiza a medição do nível baseado na reflexão de uma onda ultrassônica. Um emissor gera um sinal que é refletido na superfície do líquido que se deseja obter o nível. Então, o receptor capta a reflexão do sinal e, de acordo com o tempo que a onda demorou para retornar ao receptor, é possível calcular a distância entre sensor e a superfície do líquido.

Com o objetivo de obter a relação entre o valor lido pelo programa instalado no arduino e o nível real dentro do recipiente, foi realizado o procedimento de calibração estática para esse sensor utilizando a estrutura apresentada na Figura 3. Os resultados obtidos são apresentados na seção seguinte.

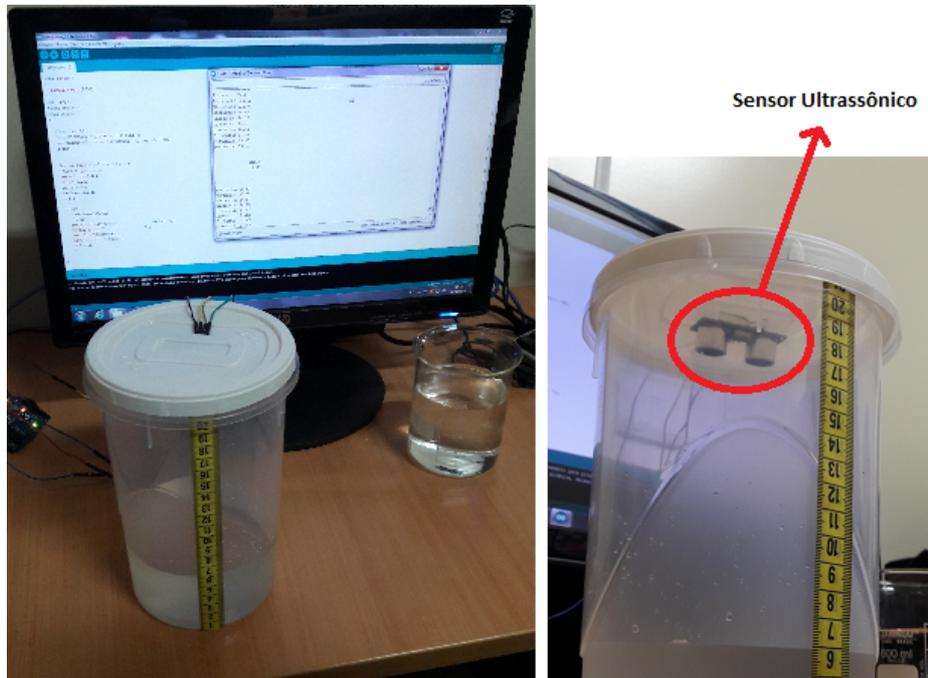


Figura 3 – Experimento de Calibração do Sensor de Nível.

Para realizar a medição de temperatura, foi conectado ao Arduino um sensor de temperatura à prova d'água, modelo Ds18b20 (MaximIntegrated, 2017). Para utilizar os valores lidos, foi realizado o procedimento de calibração estática desse sensor. Utilizou-se, nesse experimento, um aquecedor, modelo RH Basic 1, do fabricante IKA (Figura 4), e um béquer com água. À medida em que a água se aquecia, eram coletados os valores de temperatura lidos pelo sensor e os valores lidos em um termopar que faz parte do multímetro 17B+ do fabricante Fluke.

O experimento foi realizado com a água se aquecendo e se resfriando. Foram coletados os dados e os resultados do procedimento de calibração serão apresentados na próxima seção.



Figura 4 – Aquecedor utilizado no experimento de calibração do sensor de temperatura.

RESULTADOS E DISCUSSÕES:

Para o experimento de calibração do sensor de nível, os pontos coletados foram inseridos em um gráfico que é apresentado na Figura 5.

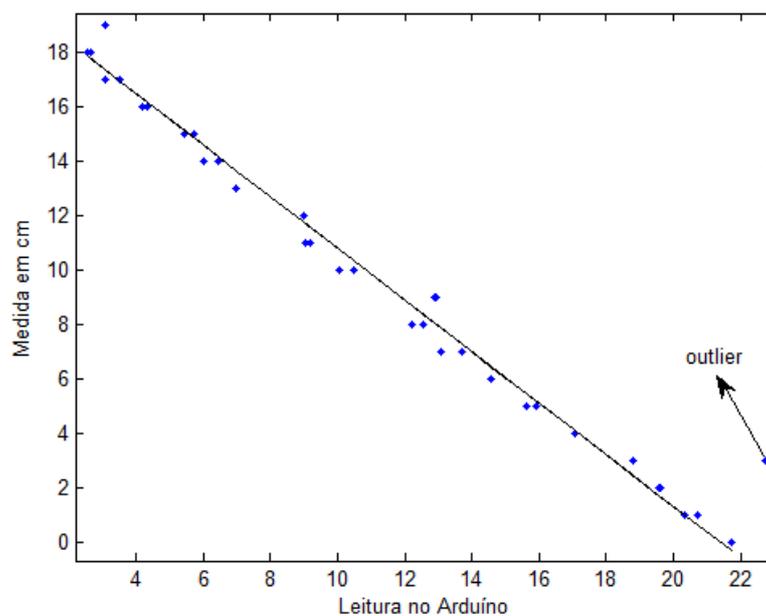


Figura 5 – Gráfico de calibração do sensor de nível.

Por meio da regressão linear dos pontos coletados, a equação 1 foi estabelecida. Para sua obtenção, foi desconsiderado o ponto marcado no gráfico como *outlier*. Esse ponto não segue o perfil da tendência obtida com os outros pontos e, por isso, indica ser um erro. A equação foi, posteriormente, inserida na programação do Arduino para que o mesmo apresente a medida do nível do líquido no recipiente em centímetros. Essa equação gerou, também, a reta apresentada no gráfico da Figura 4.

$$Y = -0,9483 \cdot X + 20,2540 \quad (\text{eq. 1})$$

Para o procedimento de calibração do sensor de temperatura, dados do Termopar e do sensor conectado ao Arduino foram coletados, e deles foi possível obter o gráfico apresentado na Figura 6. A



análise por regressão linear gerou a equação 2, que expressa a relação entre a temperatura lida pelo sensor conectado ao Arduino e a leitura do termopar.

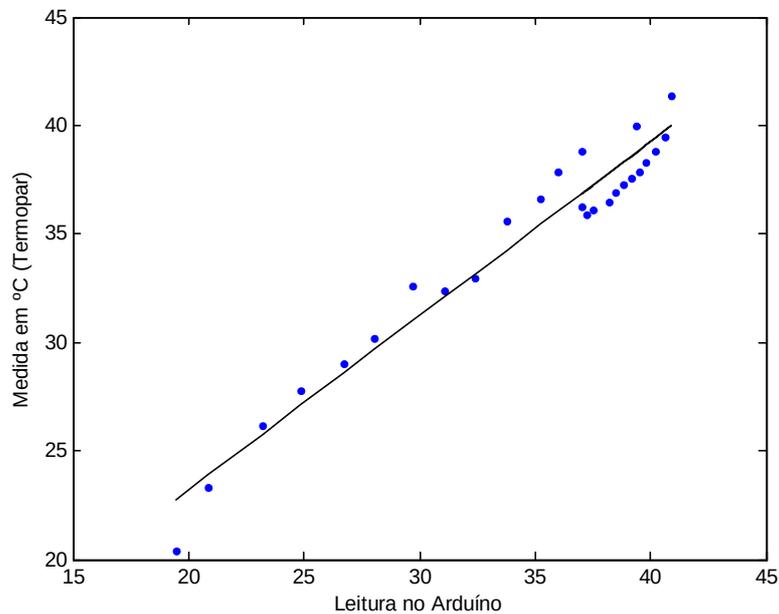


Figura 6: Gráfico de calibração do sensor de temperatura

$$Y = 0,8026 * X + 7,1518 \quad (\text{eq. 2})$$

Com esses dois procedimentos de calibração, as equações formuladas foram inseridas na programação do Arduino e os valores medidos podem ser apresentados em um display ou na tela de um sistema supervisor em suas unidades do SI.

CONCLUSÕES:

Com os experimentos realizados e descritos neste trabalho, a equipe está preparada para programar a lógica de funcionamento automático do protótipo. O algoritmo de controle ainda não foi desenvolvido, pois é necessário fazer testes do crescimento bacteriano e monitorar as variáveis para determinar as condições ideais para esse crescimento e consequente produção da enzima. Essa lógica irá realizar o acionamento da válvula de entrada de insumos, do agitador do fermentador e da bomba de sucção do produto para filtragem. Além dessa programação, os próximos passos consistem na realização de testes e na confecção de uma interface gráfica que apresente na tela do computador os dados lidos e os estados dos atuadores.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho de Desenvolvimento Científico e Tecnológico do CNPq pelo apoio financeiro à empresa Phoneutria Biotecnologia e Serviços e ao IFMG Campus Betim pela colaboração.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

FONSECA, Rafael Frederico Fonseca. Sistema de Controle de Fluxo, Temperatura e Umidade Relativa do Ar para Processos de Fermentação em Estado Sólido. Dissertação de Mestrado. São Carlos: USP/EESC, 2012.

FIALHO, A.B. Instrumentação Industrial Conceitos, Aplicações e Análises, 7ª edição, 2015, pag. 47 a 126 e 162 a 216.

MAXIMINTEGRATED. Datasheet Sensor de Temperatura. Disponível em: <https://www.maximintegrated.com/en/products/analog/sensors-and-sensor-interface/DS18B20.html>. Acesso em: 02/2017.

MICROPIK. Datasheet Sensor Ultrassônico HC-SR04. Disponível em: <http://www.micropik.com/PDF/HCSR04.pdf>. Acesso em: 02/2017.

OKURA, Mônica Hitomi; RENDE, José Carlos. Microbiologia: roteiros de aulas práticas. Ribeirão Preto: Tecmedd, 2008. 201 p.

PELCZAR, M, CHAEL et al. **Microbiologia**: conceitos e aplicações. Volume I, 2ª Ed. São Paulo: Editora Pearson, 1997.

TOSTES, Lucas Rodrigues de Moraes. Instrumentação e Controle do Processo de Produção de uma Microcervejaria. Trabalho de Conclusão de Curso. Rio de Janeiro: UFRJ, 2015.

Participação em Congressos, publicações e/ou pedidos de proteção intelectual:

Os resultados deste projeto, anteriores aos apresentados neste trabalho, fizeram parte do evento SIC 2016.