

PROGRAMA DE EXTENSÃO TECNOLÓGICA AUTOMAÇÃO DO SISTEMA CLEAN IN PLACE (CIP)

Giovanna Raissa de Souza Lima¹, Jurandir Souza de Melo Júnior², José Wilson Leite Almeida³, Desirée Bridgitt de França Bernardo⁴, Gerla Castello Branco Chinelate⁵, Alberto Einstein Pereira de Araujo⁶

INTRODUÇÃO

O objetivo central da extensão é levar o conhecimento acadêmico à comunidade extramuros, de forma que este possa contribuir com o desenvolvimento econômico e social da região. Em alguns casos fazer esse movimento implica na própria sobrevivência de uma determinada atividade econômica. O mundo atual vive um momento de revolução nos costumes, ideias e pensamentos causados principalmente pelas chamadas tecnologias da informação. Se em um primeiro momento essas tecnologias foram recebidas como soluções para inúmeros problemas, hoje, percebemos que, como qualquer invenção humana, se por um lado realmente contribuíram com uma melhoria nas condições de vida humana, por outro criaram novos desafios a serem enfrentados. A melhoria veio principalmente com o acesso praticamente instantâneo a uma ampla gama de conhecimentos para qualquer pessoa com um celular. Dentre os desafios, os ligados ao setor produtivo apresentam uma competitividade maior, tendo em vista que essas tecnologias possibilitaram uma capilaridade logística sem precedente, o que permite a indústrias grandes penetrarem em locais antes inacessíveis. Também, os meios tecnológicos permitiram um grande aumento na produtividade, o qual, porém, não é acessível a todas as empresas, devido tanto ao alto custo de implementação quanto a escassez de mão de obra qualificada ou de um gerenciamento que esteja a par das

¹ Estudante de engenharia de alimentos. **Orcid:** <https://orcid.org/0000-0001-8973-0613>. **E-mail:** giovannaengdealimentos@gmail.com

² Estudante do curso de graduação de Bacharelado em Ciência da Computação da UFAPE. **Orcid:** <https://orcid.org/0000-0001-6892-4611>. **E-mail:** jsmelo1@gmail.com

³ Estudante do curso de graduação de Bacharelado em Engenharia de Alimentos da UFAPE. **Orcid:** <https://orcid.org/0000-0002-2052-0682>. **E-mail:** jwilsonalmei@gmail.com

⁴ Engenheira de Alimentos. **Orcid:** <https://orcid.org/0000-0002-7750-2354>. **Email:** desireebriidgitt@gmail.com,

⁵ Professora do curso de graduação de Bacharelado de Engenharia de Alimentos da UFAPE. **Orcid:** <https://orcid.org/0000-0002-2649-6361>. **E-mail:** gerla.chinelate@ufape.edu.br

⁶ Professor Titular dos cursos de Engenharia de Alimentos e Agronomia da UFAPE. **Orcid:** <https://orcid.org/0000-0002-1233-5073>. **E-mail:** alberto.araujo@ufape.edu.br

novas ferramentas. A academia pode e deve influir de maneira a desenvolver o setor produtivo local, garantindo competitividade e nível de empregabilidade para a população. Levar o conhecimento e inovação para a indústria requer romper barreiras culturais e estruturais. Porém, vencer essas barreiras e construir pontos com o setor produtivo ou social deve ser tarefa permanente da universidade.

O presente trabalho apresenta uma ação extensionista, apoiada pelo edital FACEPE 12/2021, implementada pelo GPLac - Grupo de Estudos, Pesquisa, Extensão e Inovação em Leite e Derivados da UFAPE, que teve como objetivo realizar projetos de cunho tecnológico que se utilizassem de ferramentas da indústria 4.0 junto a produtores de leite e derivados da região.

Ao observarmos a manufatura e produção de bens em nossa região, podemos quase criar um paralelo entre as diversas micro e pequenas empresas e a evolução histórica da industrialização. Assim, encontramos empresas que apresentam processos pré-industriais com uma produção praticamente artesanal. Apesar dessas empresas se utilizarem de insumos que advém muitas vezes de indústrias tecnologicamente avançadas, seus processos não utilizam máquinas ou tecnologia. Outros estabelecimentos se utilizam de máquinas que aumentam a produtividade. Chamamos as indústrias que utilizam máquinas a vapor de indústrias 1.0, enquanto aquelas que utilizam máquinas elétricas são chamadas de indústrias 2.0. Portanto, temos muitos exemplos de indústrias 2.0 na região. Já aquelas indústrias que apresentam alguma forma de automação são denominadas indústrias 3.0. Essa automação ocorre em processos repetitivos. Já aquelas indústrias que já usam a automação, controle de dados e internet das coisas na tomada de decisões são indústrias 4.0.

Observamos que a transição para a indústria 4.0 ainda está em andamento, e os processos e ferramentas utilizadas ainda estão sendo desenvolvidos e implementados. Nessa corrida, as grandes indústrias saem em larga vantagem tanto devido ao aporte de capital quanto ao conhecimento. O meio acadêmico deve e pode levar conhecimento ao setor produtivo extramuros para melhorar a sua competitividade dentro desse ambiente.

Vários autores destacam a baixa utilização de tecnologia nas pequenas e médias indústrias de laticínios, em particular as que correspondem ao APL Laticínios em Pernambuco. Vários fatores podem ser citados como causas dessa situação, dentre eles: o baixo poder aquisitivo desses estabelecimentos, muitos dos quais têm uma estrutura familiar; a sua localização, muitas vezes longe dos grandes centros disseminadores de tecnologia; e a

baixa produção, com dificuldade de distribuição, o que limita em muito a necessidade de inovações que a incrementem. Um problema grave é o baixo conhecimento das possibilidades tecnológicas disponíveis. Para tanto, é necessário um processo de formação permanente que vá além do conteúdo ministrado nos cursos específicos de nível técnico e superior. O mundo atual se caracteriza pela ubiquidade da tecnologia. Em um mundo em transformação, fica cada vez mais clara a necessidade de expor os futuros profissionais à novas possibilidades. Para tanto, é necessário utilizar as ferramentas disponíveis.

No presente trabalho apresentamos o desenvolvimento de um sistema automatizado com o objetivo da completa higienização das linhas e equipamentos em indústrias de derivados lácteos. A automação envolve a interligação dos sensores e atuadores utilizando técnicas de internet das coisas, com controle também via internet, o que permite a tomada de decisões à distância.

O aumento da produtividade envolve necessariamente uma melhoria na qualidade dos processos, bem como um emprego mais intensivo da tecnologia. Os procedimentos de qualidade são cada vez mais necessários na indústria moderna. Em particular, a indústria de laticínios está submetida a uma série de normativas, legais ou não, para garantir segurança ao consumidor final. Para manter a qualidade e a homogeneidade no produto final é necessária uma adequação constante das variáveis controláveis da linha de produção à natureza gradativa das características dos insumos. Nota-se que em indústrias locais essa adequação se dá de forma quase manual dependendo totalmente do conhecimento técnico dos operadores da linha de produção. A experiência e formação desses profissionais são fundamentais para o bom desempenho da produção. Porém, deve-se entender que para o devido aumento da produtividade concomitantemente com o aumento na produção urge o uso de tecnologias de automação e gerenciamento. Por outro lado, no circuito fechado da linha de produção, muitas tarefas ocorrem no interior da linha, o que impede a inspeção direta pelo operador. Uma dessas operações é a operação de limpeza dos dutos, válvulas e tanques. Do inglês *Clear in Place*, CIP, esse processo consiste na limpeza interna da linha de produção de forma automática ou semiautomática sem necessidade do seu desmonte. Devido ao uso constante da linha de produção, vários tipos de contaminantes acabam por se instalar em seu interior. O CIP consiste em inserir no sistema uma ou mais soluções de detergentes em uma certa temperatura. Cada solução irá remover um tipo de contaminante. Na solução se controla o tipo de reagente, a sua concentração, a temperatura de injeção e o tempo de ação em cada

parte do circuito. Como o procedimento ocorre em recinto fechado sem a devida inspeção pelo técnico responsável em muitas situações o que ocorre é um controle quase artesanal, onde a única variável de controle é o tempo entre a abertura das válvulas de acesso e de remoção do material.

Alguns trabalhos já têm mostrado uma melhoria na qualidade da limpeza com o uso de sensores com gerenciamento automatizado. Também, vale ressaltar que esse processo gera uma grande quantidade de resíduos industriais, o que contamina o ambiente. O uso mais adequado da solução, inclusive com a possibilidade de reuso, pode contribuir com uma menor contaminação ambiental.

METODOLOGIA

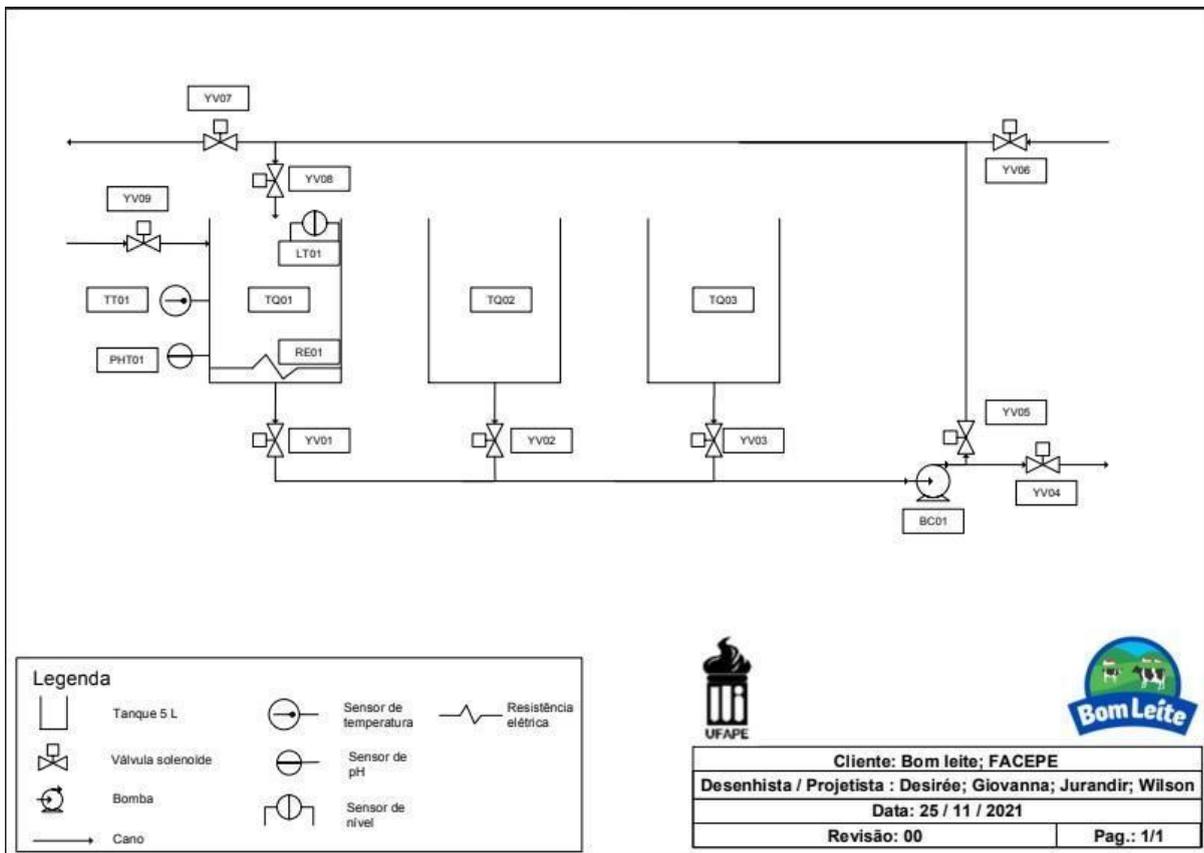
O sistema CIP é caracterizado por conter tanques que possuem soluções ácidas e alcalinas que são bombeadas através de uma bomba e enviadas, cada uma a seu momento, para as tubulações, para efetuar a limpeza. Uma outra bomba é utilizada para fazer com que essas soluções sejam enviadas de volta aos tanques, fechando assim o ciclo CIP. Esse processo pode ser automatizado. Autores usaram controladores lógico programáveis para fazer com que o ciclo completo do CIP fosse automático.

Para a construção do protótipo, foi realizada uma visita às instalações de uma indústria de laticínios. Na ocasião foi feita uma entrevista com os colaboradores da empresa responsáveis pela limpeza das linhas de produção. Observou-se que todo o processo é feito de forma manual sem o uso de qualquer forma de controle interno à linha. Essa forma de realizar os procedimentos CIP é comum na maioria das empresas de laticínios. Com a informação obtida na empresa juntamente com a revisão da literatura foi elaborado um projeto de protótipo.

Utilizando materiais de fácil acesso, tais como, tubos e conexões em PVC, baldes, mangueiras, válvulas solenoide, fontes de alimentação, sensores de temperatura, pH e ultrassônico para medição de nível, resistência para aquecimento de líquidos, placa de controle Node MCU, Sistema de Supervisão, juntamente com o auxílio de ferramentas manuais como o arco de serra, alicates, chaves de fenda e philips, furadeira e parafusadeira, montamos assim um protótipo de Central CIP automatizada e micro controlada, na qual programamos utilizando a IDE do Arduino.

Na figura 1 temos o esquema do protótipo onde pode-se identificar o posicionamento das válvulas solenoides para controle do fluxo dos líquidos sanitizantes, que de forma simulada ficam no tanque 01 e são enviados para os tanques 02 e 03 que simulam o sistema a ser higienizado. Observa-se que o tanque 01 possui um aquecedor e um sensor de temperatura. Dessa forma controlamos a temperatura do líquido higienizador. Também é monitorado o pH do líquido higienizador. Vale ressaltar que esse controle é uma forma de determinar se este líquido ainda pode ser reutilizado. Observa-se também a bomba de controle de fluxo e as válvulas para introdução e descarte do higienizador.

Figura 1. *Layout* do protótipo CIP.



Fonte: os autores, 2022

Na Figura 2 vemos o esquema da sequência de procedimentos realizados pelo CIP. Essa sequência foi convertida em um algoritmo e programada utilizando a plataforma Arduino.

Figura 2. Esquema do algoritmo de procedimentos do CIP.



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a construção do protótipo de CIP automatizado como é visto na Figura 3, e a realização dos testes do algoritmo, observou-se o potencial na melhoria da eficiência na limpeza CIP, pois o controlador conseguiu manter o líquido e o fluxo estável e dentro dos valores programados os controles das temperaturas, tempos e das soluções alcalinas e ácidas. Verificou-se também que o custo para se implementar um sistema desse tipo é relativamente baixo quando se considera os benefícios que o CIP automatizado pode trazer, agregando ao processo ou equipamento a confiabilidade de um sistema automatizado, podendo ainda

realizar a rastreabilidade acessando o histórico das limpezas, sendo este essencial para o estudo de possíveis casos de contaminação.

Figura 3. Protótipo e controladores CIP.



Fonte: os autores, 2022

O sistema de limpeza CIP automatizado traz consigo a confiabilidade da padronização durante a limpeza pois garante que os tempos de enxague e recirculação, as temperaturas e as concentrações das soluções alcalinas e ácidas sejam mantidas independente da intervenção humana.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo principal deste trabalho foi criar pontes entre a academia e a indústria utilizando para isso, o desenvolvimento de um protótipo CIP. Observando os métodos de limpeza utilizados pela indústria, de forma manual e sem utilização de sensores ou verificação *in situ* da qualidade do líquido higienizador, concluiu-se que a automação desse processo tem o potencial de levar mais confiabilidade e segurança ao processo.

O uso da plataforma Arduino e de componentes eletrônicos e mecânicos de baixo custo, facilmente acessíveis, permitiu o desenvolvimento de um protótipo simples, mas que se aproxima em muito da situação vivenciada na indústria.

Como perspectivas futuras pretende-se continuar o desenvolvimento do protótipo, agora com a simulação da contaminação encontrada no sistema real, buscando simular

quantos ciclos de limpeza o higienizador pode suportar antes de perder suas características. Também, pretende-se voltar à indústria para iniciar a automação do seu sistema CIP.

REFERÊNCIAS

ARDUINO IDE 1.8.18: Code Editing - Arduino. Disponível em:
<https://www.arduino.cc/en/software>. Acesso em: 29 nov. 2021.

COSENTINO, Rodolfo Oscar. **Funcionamento do sistema de lavagem clean in place CIP**. 2013. Boas Práticas. Disponível em:
<http://boaspraticasnet.com.br/conheca-o-funcionamento-do-sistema-de-lavagem-clean-in-place-cip/>. Acesso em: 18 out. 2021.

VISUAL STUDIO CODE. **Code editing**: Microsoft. Disponível em:
<https://code.visualstudio.com>. Acesso em: 29 nov. 2021.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco – FACEPE pelo apoio financeiro das bolsas.