

XI CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFSP ITAPETININGA

Itapetininga, 27, 28 e 29 de maio de 2025

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Campus Itapetininga

ARQUITETURA DE CONTÊINERES VIRTUALIZADOS PARA A EXECUÇÃO E INTEGRAÇÃO DE UDFBS CONFORME A ESPECIFICAÇÃO O-PAS

Pedro do Carmo Sampaio – ITI/IFSP¹

Prof. Dr. Rodrigo Palucci Pantoni - IFSP²

Prof. Dr. Eduardo André Mossin - IFSP³

Introdução

Este projeto insere-se no contexto da padronização tecnológica em sistemas de automação industrial. Desde a década de 1980, diversos protocolos de comunicação industrial foram desenvolvidos, mas a ausência de um padrão unificado motivou a criação do O-PAS™ (*Open Process Automation Specification*), liderado pelo *The Open Group* com a participação de empresas como Nova Smar S/A, Intel e IBM. Baseado em avanços da Tecnologia da Informação (TI), o O-PAS propõe uma arquitetura aberta, segura, interoperável e modular (Qamsane et al., 2022). Neste contexto e considerando os recentes avanços da TI, especialmente no que diz respeito à infraestrutura, a arquitetura baseada em contêineres tem a capacidade de oferecer maior escalabilidade, eficiência no uso de recursos e portabilidade entre diferentes ambientes. Ao isolar aplicações e suas dependências em unidades leves e independentes, os contêineres permitem implantações mais ágeis, consistentes e replicáveis. Além disso, são compatíveis com abordagens modernas de desenvolvimento, como a arquitetura de microsserviços (Oliveira, 2024), promovendo maior flexibilidade, manutenibilidade e resiliência dos sistemas. Dessa forma, neste estudo analisou-se a aplicação da arquitetura Docker - uma das tecnologias mais utilizadas para a containerização de aplicações e serviços - em uma parte de um sistema de automação industrial O-PAS, que vem sendo desenvolvido com a parceria da empresa Nova Smar S/A. A parte do sistema se refere ao UDFB (UDFB - *User Defined Function Block*) e sua comunicação com o Servidor OPC-UA, para controle e supervisão. Em suma, um Bloco Funcional é um programa de software que recebe entradas, realiza um processamento e gera saídas para o sistema de automação industrial (Smar, 2025). O Servidor OPC-UA, por outro lado, é um componente padronizado do sistema que interfaceia o UDFB com o sistema O-PAS, para controle e supervisão de processos industriais. Para mais detalhes do projeto desenvolvido, o trabalho de Pantoni et al. (2024) pode ser consultado. A pesquisa em questão é de natureza aplicada e busca gerar conhecimento com aplicação prática imediata em um problema específico do setor industrial.

¹Estudante do Curso de Engenharia Elétrica, IFSP - Sertãozinho/SP. E-mail do autor: pedrodocarmo10@gmail.com. Bolsa Captada Externamente (BCE) - APPDI - PD&I N° 07/2024 - IFSP e Nova Smar S/A. ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-4407-047X>

²Doutor. IFSP – Sertãozinho/SP. E-mail do autor: rpantoni@ifsp.edu.br ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8644-7118>

³Doutor. IFSP – Sertãozinho/SP. E-mail do autor: emossin@ifsp.edu.br ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5144-518X>

XI CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFSP ITAPETININGA

Itapetininga, 27, 28 e 29 de maio de 2025

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Câmpus Itapetininga

Objetivos

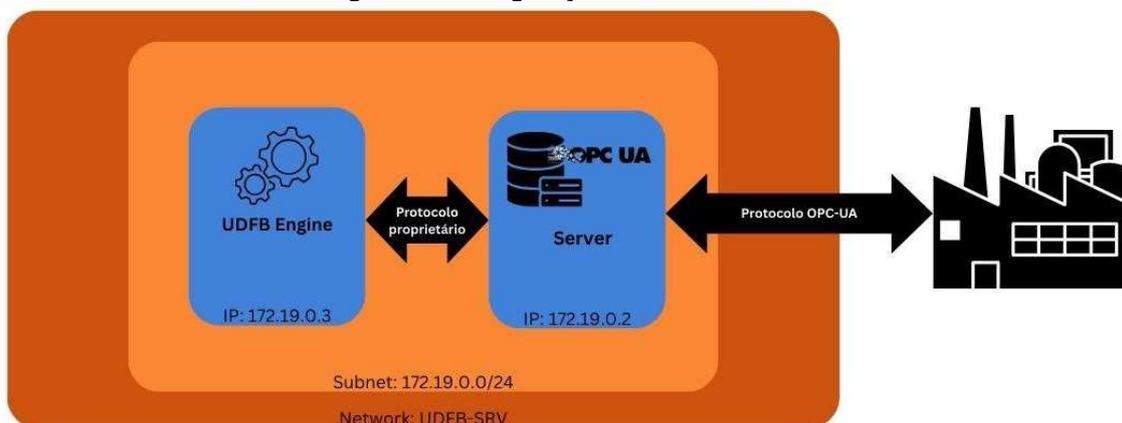
Projetar e implementar uma arquitetura Docker para abarcar componentes de software do sistema de automação industrial do padrão O-PAS relacionados ao UDFB e sua supervisão. O objetivo geral foi atingido por meio dos objetivos específicos, a seguir:

1. Estudar e elaborar um Dockerfile para a criação dos contêineres para os UDFBs;
2. Configurar e testar para validar o contêiner gerado através da comunicação com o Servidor OPC-UA;
3. Avaliar estratégias de troca de versões dos UDFB, simulando cenários de manutenção automatizados.

Metodologia

Inicialmente, elaborou-se o Dockerfile para a criação das imagens Docker (objetivo específico 1), que contém todas as instruções necessárias para a construção dos contêineres. Nessa etapa, concluiu-se que todo o projeto poderia ser containerizado em uma única imagem. Essa abordagem permitiu que os blocos funcionais fossem atualizados sempre que um novo AddData fosse fornecido — esse arquivo contém o código do bloco funcional e a correlação de suas variáveis com as do servidor —, de modo que a aplicação compilasse esse arquivo e substituísse dinamicamente o binário executado, restabelecendo, assim, a comunicação com o servidor. Em seguida, foi definida a configuração que seria utilizada para a troca de dados entre os contêineres, como mostra a Figura 1. Primeiramente, foi estabelecida uma Network (rede de comunicação Docker) e uma subnet para que os contêineres trocassem informações. O UDFB se comunica com o servidor utilizando um protocolo proprietário da Nova Smar implementado por sockets, que, por sua vez, troca informações com o processo industrial utilizando o protocolo OPC-UA.

Figura 1 - Configuração Docker adotada



Fonte: Autoria própria

Após, foram realizados testes para verificar a integridade e o funcionamento do contêiner. Os testes consistiram na geração do contêiner (objetivo específico 2), estabelecendo comunicação entre este e um servidor OPC-UA desenvolvido pela empresa Nova Smar para troca de informações. Além disso, o contêiner foi executado em diferentes ambientes, a fim de verificar seu funcionamento correto. Os testes validaram o trabalho desenvolvido

XI CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFSP ITAPETININGA

Itapetininga, 27, 28 e 29 de maio de 2025

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Campus Itapetininga

e confirmaram que a solução proposta atendia aos objetivos definidos, concluindo o estudo realizado.

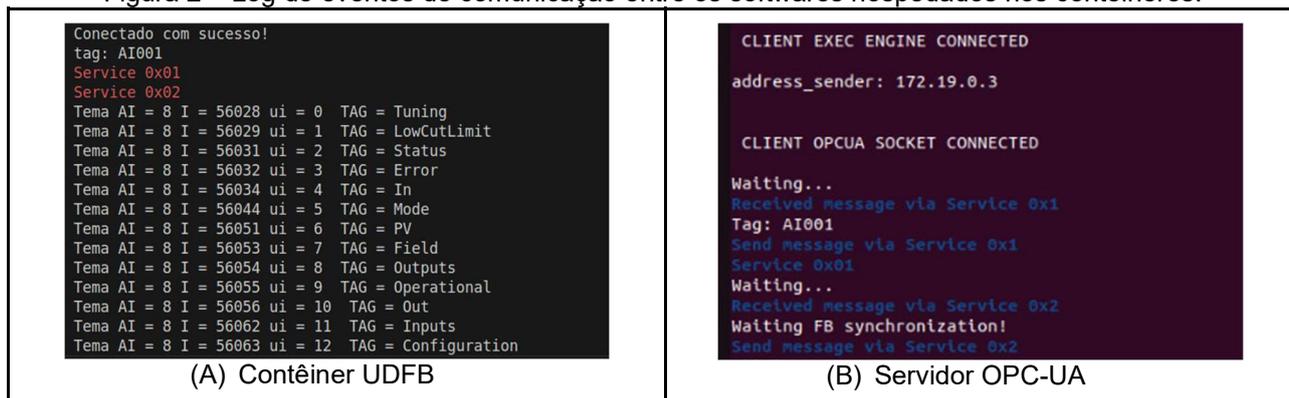
Por fim, em relação ao objetivo específico 3, foram implementadas rotinas para a troca do UDFB em execução, que representam casos de manutenção do sistema, como alteração da lógica de controle e até falha de equipamentos. Duas abordagens foram utilizadas: a primeira consistiu na substituição do UDFB por meio da criação de um novo contêiner, que passou a ocupar o lugar do anterior; a segunda envolveu a execução de uma nova lógica no mesmo UDFB, realizando o chaveamento apenas quando tudo estivesse pronto. Em ambos os casos, os tempos de execução foram registrados.

Resultados e discussões

A implementação da arquitetura para a execução dos UDFBs demonstrou resultados promissores em termos de isolamento, escalabilidade e portabilidade. Durante os testes realizados, foi possível comprovar que o contêiner gerado a partir do Dockerfile desenvolvido pode ser executado na *Docker Engine* instalada em *hosts* (sistemas operacionais hospedeiros) como *Windows* e *Ubuntu* mantendo a estabilidade e o desempenho esperados.

A comunicação entre o contêiner e o servidor OPC-UA da Nova Smar foi estabelecida com sucesso, permitindo a troca eficiente de informações em tempo real. Essa conectividade validou a integração da solução containerizada com sistemas industriais, o que é fundamental em ambientes onde a interoperabilidade e a confiabilidade são críticas. As Figuras 2 (A) e (B) mostram o servidor e o UDFB comunicando-se.

Figura 2 – Log de eventos de comunicação entre os softwares hospedados nos contêineres.



Fonte: Autoria própria

O UDFB num contêiner estabelece a comunicação solicitando o serviço 0x01 e enviando, junto com a solicitação, a TAG do bloco para o servidor OPC-UA. O servidor OPC-UA possui informações referentes a vários blocos. Ao receber a TAG do bloco, ele a localiza. Feito isso, o UDFB solicita o serviço 0x02, responsável por pedir todas as variáveis do modelo de informação do bloco. O servidor OPC-UA retorna a solicitação realizada, com os dados referente a TAG fornecida, como consta na Figura 2 (A). O reconhecimento dos comandos pelo servidor é mostrado na figura 2 (B). Um dos principais destaques da abordagem foi a capacidade de atualizar os blocos funcionais de maneira dinâmica e rápida. Quando trocada apenas a lógica do bloco

XI CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFSP ITAPETININGA

Itapetininga, 27, 28 e 29 de maio de 2025

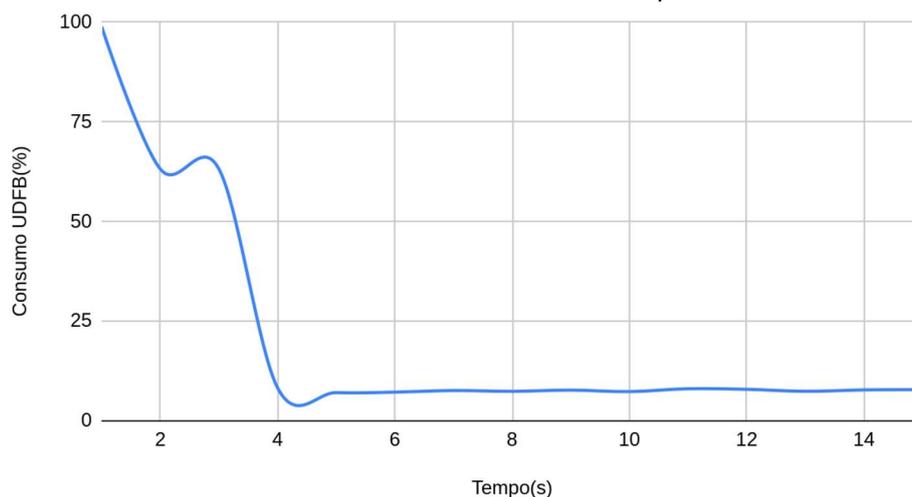
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Câmpus Itapetininga

funcional, o tempo de restabelecimento da comunicação com o servidor foi de aproximadamente 400 ms, enquanto na substituição do contêiner inteiro, esse tempo se mostrou próximo de 800 ms. Essa funcionalidade trouxe ganhos consideráveis em termos de disponibilidade do sistema e facilidade de manutenção (alteração da lógica do bloco em tempo de execução), atendendo diretamente aos requisitos de continuidade operacional da Indústria 4.0.

Outro ponto relevante foi a eficiência no uso de recursos. Como pode ser observado no Gráfico 1, após a estabilização do contêiner e mesmo com uma troca contínua de informações, o UDFB consumiu apenas 8% dos recursos computacionais disponibilizados. Isso é particularmente importante para a execução em dispositivos com recursos limitados, como os encontrados em ambientes industriais.

Gráfico 1 - Consumo UDFB x Tempo



Fonte: Autoria Própria

Ainda que os resultados tenham sido positivos, identificaram-se desafios relacionados à integração inicial dos sistemas com a arquitetura baseada em contêineres, além da necessidade de capacitação técnica da equipe para operar e manter essa nova estrutura. No entanto, tais obstáculos foram superados com ajustes no processo de desenvolvimento e com treinamentos direcionados.

Conclusão

Dentre os principais fatores que motivaram a adoção dessa arquitetura, destacam-se a possibilidade de trocar versões dos UDFBs sem interromper a produção e a viabilidade de executá-los tanto em nuvem quanto em computadores industriais. O estudo evidenciou que a containerização de aplicações industriais, utilizando a tecnologia Docker, é uma estratégia viável para flexibilizar e otimizar os sistemas industriais. A arquitetura proposta permitiu executar e atualizar os blocos funcionais de forma dinâmica, garantindo isolamento, escalabilidade e portabilidade — aspectos essenciais em um cenário de transformação digital impulsionado pelos princípios da Indústria 4.0. A integração bem-sucedida com o servidor OPC-UA e a execução estável em múltiplos ambientes confirmam a aplicabilidade da solução em contextos reais. Os resultados obtidos

XI CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFSP ITAPETININGA

Itapetininga, 27, 28 e 29 de maio de 2025

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Campus Itapetininga

reforçam o potencial do uso de contêineres como ferramenta estratégica para aumentar a eficiência, flexibilidade e resiliência dos sistemas industriais. Assim, conclui-se que a abordagem adotada não apenas atendeu aos objetivos propostos, como também abriu caminho para futuras expansões, como a implementação de estratégias de orquestração de contêineres (por exemplo, com Kubernetes) e o aprimoramento da segurança na execução distribuída dos UDFBs.

Agradecimentos

Os autores agradecem à empresa Nova Smar pela colaboração e apoio no desenvolvimento deste projeto (APPDI - PD&I N° 07/2024 - IFSP e Nova Smar S/A).

Referências

DOCKER. **Docker Engine Overview**. Disponível em: <https://docs.docker.com/engine/>.

Acesso em: 11 abr. 2025.

OLIVEIRA, P. **O que são os Containers e o Impacto da Containerização na TI Moderna**.

Disponível em: <https://nova.escolalinux.com.br/blog/o-que-so-os-containers-e-o-impacto-da-containerizacao-na-ti-moderna>. Acesso em: 28 mar. 2025.

PANTONI, R. P.; MOSSIN, E. A.; HALFELD, V. T. C.; DONAIRES, O. S.; DA SILVA AFONSO, E.; DA SILVEIRA, G. S.; MARCELINO, M. F.; SAMPAIO, P. C.; DE OLIVEIRA SPAGIARI, V. **Design and implementation of O-PAS user-defined function blocks**. Journal of Electrical Systems and Information Technology, v. 11, p. 55-1, 2024.

SMAR. **Linha NOVA O-PAS - Tecnologia**. Disponível em: <https://www.smar.com.br/pt/linha-nova-o-pas-tecnologia>. Acesso em: 11 abr. 2025.

VITALINO, J. F. N.; CASTRO, M. A. N. **Descomplicando o Docker**. 1. ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2016.