

ARQUITETURAS E PLATAFORMAS DIGITAIS

As Plataformas IoT (*Internet of Things*) têm sido encaradas como potenciadores de ligação estreita entre os elementos presentes no chão de fábrica e sistemas de gestão de produção. O presente texto apresenta o quadro de trabalho do INESC TEC no desenvolvimento de soluções para gestão operacional de sistemas de produção flexíveis.

CÉSAR TOSCANO ⁽¹⁾
RAFAEL ARRAIS ⁽¹⁾

⁽¹⁾INESC TEC
cesar.toscano@inesctec.pt
rafael.l.arraais@inesctec.pt

A criação do movimento *Industrie 4.0* (i4.0) na Alemanha teve como principal elemento um modelo de referência, chamado RAMI 4.^[1], onde se identificaram os princípios fundamentais do movimento. Os conceitos de Sistema Ciber-Físico e Componente i4.0 deram corpo ao modelo, sendo que a noção adotada de interligação estreita entre o mundo real (elementos existentes no chão de fábrica), e o mundo virtual, a representação digital ou virtual desses elementos reais, já vinha sendo trabalhada desde há alguns anos. Assim, não surpreende que nessa altura já existissem soluções (e.g. *OPC-UA*) para ligação dos equipamentos em chão de fábrica com aplicações de gestão da produção (e.g. *Manufacturing Execution System - MES*).

No entanto, as diversas iniciativas, que posteriormente foram sendo criadas um pouco por todo o mundo, vieram dar força ao que se começou a chamar plataformas IoT (*Internet of Things*), no contexto do desenvolvimento de soluções em torno da produção inteligente, manutenção preditiva e otimização de sistemas produtivos, entre outros. Tanto no mundo comercial como na comunidade de código aberto, estabeleceram-se soluções que visam a captura de dados em tempo real de diversos elementos em chão de fábrica, através de diversos protocolos de comunicação (e.g. *MQTT*, *ROS*, *AMQP*, *REST*) e do desenvolvimento de conceitos como objetos

inteligentes. O termo IIOT (*Industrial IoT*) começou a estar na moda. Funções de processamento de dados, para filtragem, anotação e conversão de formatos começaram a ser disponibilizadas nestas plataformas. Ultimamente, o conceito de Digital Twin tem sido bastante enfatizado. A tendência nos próximos anos é a de se estenderem estas funcionalidades de integração à comunicação de informação entre organizações. Neste contexto, o INESC TEC, no seguimento de uma colaboração entre os seus centros CESE (Centro de Engenharia e Sistemas Empresariais do INESC TEC) e CRIIS (Centro de Robótica Industrial e Sistemas Inteligentes do INESC TEC) no projeto europeu STAMINA "*Sustainable and Reliable Robotics for Part Handling in Manufacturing Automation*"^[2], iniciou a definição de um quadro de trabalho de aplicação genérica, OSPS – Open Scalable Production System, para a gestão operacional de sistemas de produção flexíveis, e com suporte numa Plataforma IIoT. Este sistema (Figura 1) define um conjunto de recursos de produção, compreendendo manipuladores robóticos, impressoras 3D, transportadores automáticos de material em curso de fabrico, e unidades automáticas de armazenagem. Para os dois primeiros casos, definiu-se um sistema de controlo (*TaskManager*) que permite a realização de operações de logística (e.g. transporte de cargas, construção de kits de peças), de montagem e de produção aditiva. Este elemento tem como pilar fundamental o sistema *APM Advanced Plant Model* (centro da Figura 1), definido como um modelo de dados

responsável por manter uma representação virtual, a três dimensões, de todos os elementos físicos existentes numa determinada área física de produção ou logística (ex. prateleiras e paletes logísticas, estações de trabalho, linhas de montagem). Este modelo contextualiza o plano de produção definido por um sistema típico de gestão de produção (MES), interligando a definição temporal das operações, a sua alocação a recursos de produção e a definição de rotas de produto com as representações físicas e geométricas dos elementos que compreendem a área física de produção.

Funcionalidades de gestão de produção são também definidas no APM, no sentido de controlar e monitorar a execução das operações definidas no plano de produção nos recursos de produção suportados, nomeadamente manipuladores robóticos e impressoras 3D.

A um nível mais tático, a arquitetura OSPS identifica um conjunto de ferramentas para apoio à tomada de decisões humanas (Figura 1) relativamente à melhor organização do sistema produtivo. A simulação de eventos discretos é o instrumento principal, utilizado para analisar vários cenários de produção e estimar o valor para vários indicadores de desempenho^[3]. Desta análise resultam pesos a atribuir a diversos critérios, como por exemplo, a minimização de tempos de setup,

a minimização de atrasos, de tempos de espera, ou o aumento do nível de utilização dos recursos de produção, critérios que visam alterar a forma como o plano de produção é gerado pelo sistema MES.

A interação entre os elementos da arquitetura OSPS é realizada por um conjunto de mensagens que, através de protocolos de comunicação específicos a cada elemento, permite que o sistema funcione como um todo. Esta arquitetura foi concretizada e demonstrada em casos de uso distintos, com plataformas IIoT distintas, em dois projetos internacionais, o FASTEN (www.fastenmanufacturing.eu) e o ScalABLE 4.0 (www.scalable40.eu)^[4]. No FASTEN, demonstrador de tecnologias IoT entre a Europa e o Brasil (através do INESC P&D Brasil), foi definida uma plataforma IoT em torno do ecossistema de código aberto Apache Kafka. O Kafka atua como o principal elemento de desacoplamento entre os recursos físicos de produção e os sistemas de gestão da produção.

Este sistema foi demonstrado em dois cenários industriais. Em Portugal, num armazém logístico onde se armazenam peças de vários tipos. O desafio consistiu no desenvolvimento de um manipulador robótico móvel, capaz de se movimentar autonomamente no espaço ocupado pelo armazém, de se deslocar para o sítio

onde estão armazenadas as peças e de recolher um conjunto de peças para um kit, transportando-o para a estação de trabalho na linha de montagem onde esse kit é necessário em determinado momento. No Brasil, o desafio consistiu no desenvolvimento de uma unidade de produção aditiva de componentes produzidos à medida para resolução de avarias em elevadores com alguma antiguidade, para os quais já não existe produção de peças.

Uma segunda concretização da arquitetura OSPS decorreu no projeto europeu ScalABLE 4.0. O protótipo do sistema foi demonstrado numa linha de montagem de motores na indústria automóvel, onde motores diesel e a gasolina foram objeto de operações robóticas, realizadas por manipuladores robóticos fixos, instalados em postos de trabalhos da linha, e por manipuladores robóticos móveis, capazes de se deslocarem para determinados postos de trabalho na linha.

Estes dois exemplos demonstram o grande objetivo de uma Plataforma IIoT que é a de suportar a integração de um leque alargado de sistemas, desde os elementos físicos com atividade numa determinada área de fabrico até aos sistemas de gestão das operações, disponibilizando adaptadores e conversores para lidar com as diferentes possibilidades de interação.

[1]. VID, VDE, ZVEI (2015). "Reference Architecture Model Industrie 4.0 (RAMI4.0)", Status Report, July 2015.

[2]. Krueger et al (2016). "A Vertical and Cyber-Physical Integration of Cognitive Robots in Manufacturing". Proceedings of the IEEE, <https://www.authenticus.pt/P-00K-A3T>.

[3]. Santos, Romão; Basto, João; Alcalá, Symone; Frazzon, Enzo; Azevedo, Américo (2019). "Industrial IoT integrated with Simulation – A Digital Twin approach to support real-time decision making" Management", in Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Pilsen, Czech Republic, July 23-26, 2019.

[4]. Arrais, Rafael; Veiga, Germano; et al (2019). "Application of the Open Scalable Production System to Machine Tending of Additive Manufacturing Operations by a Mobile Manipulator", In: Moura Oliveira P., Novais P., Reis L. (eds) Progress in Artificial Intelligence. EPIA 2019. Lecture Notes in Computer Science, vol 11805. Springer, Cham, 2019, https://doi.org/10.1007/978-3-030-30244-3_29.

Figura 1- Arquitetura OSPS

