

# 9º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



**9º CONGRESSO**  
Brasileiro de **P&D** em  
**PETRÓLEO E GÁS**

**Maceió, AL**  
de 09 a 11 de novembro  
**2017**

*Realização:*



**ABPG**  
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE P&D EM  
PETRÓLEO E GÁS



## **TÍTULO DO TRABALHO:**

**DESENVOLVIMENTO DE UMA INTERFACE WEB BASEADA EM UMA  
ARQUITETURA ORIENTADA A SERVIÇOS VISANDO O GERENCIAMENTO DE UMA  
PLANTA DE PETRÓLEO**

## **AUTORES:**

Tiago de Oliveira Silva, Mariane Dourado Correia, Ricardo Andre Reis, Herman Augusto Lepikson,  
Leizer Schnitman

## **INSTITUIÇÃO:**

Centro de Capacitação Tecnológica em Automação Industrial, Universidade Federal da Bahia, Rua  
Aristides Novis, Federação, 40210-630

Salvador, BA, Brasil

*Este Trabalho foi preparado para apresentação no 9º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás - 9º PDPETRO, realizado pela Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás - ABPG, no período de 09 a 11 de novembro de 2017, em Maceió/AL. Esse Trabalho foi selecionado pelo Comitê Científico do evento para apresentação, seguindo as informações contidas no documento submetido pelo(s) autor(es). O conteúdo do Trabalho, como apresentado, não foi revisado pela ABPG. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões da Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás. O(s) autor(es) tem conhecimento e aprovação de que este Trabalho seja publicado nos Anais do 9º PDPETRO.*

## **DESENVOLVIMENTO DE UMA INTERFACE WEB BASEADA EM UMA ARQUITETURA ORIENTADA A SERVIÇOS VISANDO O GERENCIAMENTO DE UMA PLANTA DE PETRÓLEO**

### **Abstract**

Supervision systems are tools widely used in the industrial environment, and are becoming increasingly indispensable for the management, data collection and monitoring of industrial processes. These systems access the process data through the industrial controllers and the information is made available to the users through an interface. The objective of this work is to develop a low-cost communication interface architecture, standardized, interoperable in order to provide the data in the cloud, converging with the factory of the future, the Industry 4.0. The new industrial communication standards, the OPC UA (Unified Architecture) enable the connectivity of different devices, unified data on the server and enable the information in the cloud for any enabled client. The case study will be a process plant of the Artificial Lift Laboratory (LEA) located at the Federal University of Bahia (UFBA), as it has a structure suitable for the development of research and the possibility of validating existing theories about the artificial elevation of petroleum.

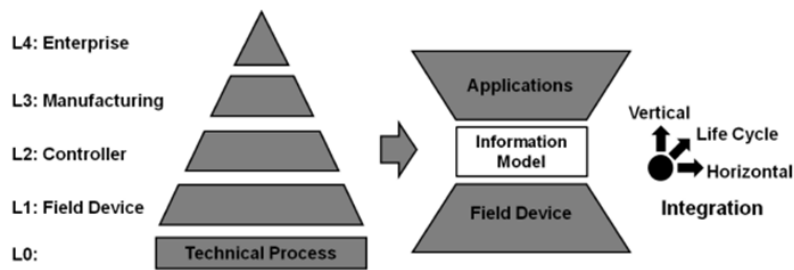
### **Introdução**

Com o aumento da produtividade, avanço exponencial da capacidade dos computadores, uma imensa quantidade de informação e novas estratégias de inovação (pessoas, pesquisa e tecnologia) vêm mudando o cenário industrial.

O princípio básico da Indústria 4.0 é o núcleo da Internet das coisas e fabricação inteligente (Shrouf, Ordieres, & Miragliotta, 2014) em elaboração, componente e máquinas de produção irá recolher e compartilhar dados em tempo real. A Internet das coisas descreve um sistema onde os itens no mundo físico, sensores ligado a esses itens, conectados em uma rede com ou sem fio.

Segundo Azevedo & Almeida (2011), a troca de dados e informações entre diferentes dispositivos e partes em tempo real é o elemento chave das fábricas inteligentes; tais dados podem representar o status da produção, o comportamento do consumo de energia, os movimentos de materiais, pedidos de clientes e *feedback*, dados de fornecedores, etc. A próxima geração de fábricas inteligentes, terá que ser capaz de adaptar para as mudanças constantes do mercado. Embora as indústrias costumem usar diferentes dispositivos especializados e, sistemas de controle para suas aplicações, sempre se compartilha do desafio comum de como compartilhar dados, tanto entre dispositivos como com o restante dos sistemas da empresa.

Devido ao aumento nos fluxos de informação em todos os níveis da empresa, a necessidade de arquitetura de referência no setor surge para poder abranger todo o ciclo de vida da produção. Segundo Reboredo & Keinert (2013), a otimização holística da produção leva à necessidade de configurar uma comunicação horizontal (comunicação no mesmo nível hierárquico) e vertical (comunicação em toda a planta, desde o chão de fábrica até o nível corporativo), além da capacidade de troca de dados entre dispositivos e controladores em tempo real. Logo, a clássica pirâmide da automação evolui para uma arquitetura de referência (ver Figura 1) baseada em um modelo de informação para acessar e transferir dados/informações aos dispositivos de campo até o nível empresarial (Sauer, 2014).



**Figura 1: Evolução da clássica pirâmide da automação (esquerda) para o modelo de arquitetura baseada na informação (direita) (Reboredo & Keinert, 2013).**

Zarte( 2016) relata que um ambiente industrial compatível com a Indústria 4.0 é um sistema muito complexo. Composto de sistemas mecatrônicos, comunicação, informação, controle e automação, bem como sistemas de gestão. Todos os sistemas têm necessidades específicas, ligados a um domínio de aplicação ou ao setor industrial.

Seguindo as especificações da Indústria 4.0, todos esses sistemas devem ser digitalizados e conectados. Mesmo dentro de um domínio único, muitos tipos de diferentes sistemas utilizam propriedades individuais (por exemplo, interfaces, formatos de dados), expondo um grau de complexidade estrutural e funcional que, por vezes, torna difícil ou impossível a ligação dos componentes digitalizados. Por conseguinte, um grande desafio atual de pesquisa e inovação é a definição, a possível padronização e a demonstração de conjuntos comuns aplicáveis de modelos de informação, dados e tecnologias de comunicação capazes de lidar com essa complexidade.

Diante desse contexto, é evidente a necessidade de sistemas mais extensíveis, aderentes, fácil e rápida adaptação aos processos de negócio. Surge então um novo paradigma de arquitetura de software, baseado no conceito de serviço, e que tem como principais características o baixo acoplamento, dinamismo, adaptabilidade, a reutilização de serviços, interoperabilidade e a independência de tecnologia: Arquitetura Orientada a Serviços, do inglês *Service Oriented Architecture-SOA*.

O presente trabalho investiga o padrão novo de comunicação industrial, o *OPC Unified Architecture* (OPC UA), para a integração dos dispositivos em ambiente da automação industrial. O objetivo é permitir uma integração vertical e um modelo de dados unificado em todo o processo. Em busca de uma melhor conectividade e uma autoconfiguração, o OPC UA fornece uma interface de comunicação de informações, habilitando a conectividade de hardwares e softwares com a web. Isso realmente abrange uma solução completa que se alinha com os objetivos Manufatura integrada, M2M (*Machine-to-Machine*) e com a IIoT (Internet das Coisas industrial). O universo de dispositivos conectados através de todos os setores industriais se tornará o universo de dados conectados e informações através dessa colaboração.

O artigo está organizado da seguinte forma: Na Seção 2, descreve-se sobre o OPC UA, a especificação IEC 62541 OPC UA e Serviços Web com os padrões SOAP e o REST. Na seção 3 descreve a arquitetura de interface de comunicação proposta no artigo. A seção 4 apresenta o estudo de caso e a modelagem do processo. Na seção 5 são apresentados e discutidos a abordagem proposta do trabalho.

### **Abordagem OPC UA e Serviços Web**

O padrão OPC (*Open Platform Communications*) tem sido utilizado nos últimos anos como interface padrão para troca de dados entre controladores e dispositivos de chão de fábrica nas indústrias. Sistemas de automação são altamente heterogêneos, com aplicações distribuídas (Son & Yi, 2010). Nesta área, existe uma grande diversidade de padrões e tecnologias específicas de fornecedores, onde

cada um disponibiliza soluções para cada aplicação distinta e de acordo com o seu interesse em forçar a conectividade em ambientes específicos (Mahnke, Leitner, & Damm, 2009; Schwarz & Borcsok, 2013).

Segundo El Zawawi & El-Sayed (2012), os principais objetivos da Fundação OPC com o desenvolvimento da Arquitetura Unificada OPC (*OPC Unified Architecture-OPC UA*) foi o de fornecer um caminho do modelo de comunicações do clássico OPC (COM/DCOM) para o modelo de infraestrutura atual (SOA) e introduzir uma arquitetura multi-plataforma para controle de processos, reforçando simultaneamente a segurança e proporcionando um modelo de informação unificado.

A norma IEC 62541 do OPC UA contém 13 especificações (Unified, Specification, & Release, 2012), nas quais a parte 3 e 4 são as mais importantes para projetar e desenvolver aplicações para uma arquitetura unificada, explicando como modelar e acessar as informações. A parte 3 da norma referente ao modelo de espaço de endereçamento (*Address Space Model*), especifica as construções dos blocos com as instâncias e o tipo de informação para construir o "OPC UA Server Address Space" (Espaço de endereçamento do Servidor OPC UA), no qual descreve o conteúdo e a estrutura do espaço de endereçamento do servidor UA (Hannelius, Salmenperä, & Kuikka, 2008).

O modelo de objeto OPC UA define objetos em termos de variáveis, métodos e eventos. A relação de um objeto com outro objeto pode ser descrita com uma referência, conceitos baseados do Paradigma Orientado a Objetos (POO).

O servidor OPC UA é formado por três módulos básicos: o espaço de endereçamento, a comunicação com os clientes OPC UA e a comunicação com os dispositivos. Para desenvolver um servidor UA básico foi utilizada uma ferramenta da OPC *Foundation*, a qual disponibiliza aos seus membros um SDK para auxiliar o desenvolvimento de produtos com tecnologia OPC UA. Este Kit de desenvolvimento fornece bibliotecas em C, Java e .NET, juntamente com alguns executável, permitindo assim o teste do que for produzido.

O OPC UA possui arquitetura SOA (Legner & Heutschi, 2007; Mohammadi & Mukhtar, 2013), onde o cliente envia requisições ao servidor e ele disponibiliza os dados unificados e padronizados dentro do seu espaço de endereçamento. Possui plataforma independente que integra todas as funcionalidades das especificações individuais como o OPC clássico em uma estrutura extensível, fornecendo uma camada de interoperabilidade comum para troca de informações e orquestração de processos visando a maior integração entre de hardware e software.

A interação cliente / servidor é mapeada por uma codificação binária ou por transmissão baseado em TCP ou serviços web baseados no protocolo SOAP (*Simple Object Access Protocol*), que pode ser usado como um meio para definir a formatação de pedidos e respostas do serviço. Cada mensagem SOAP é representada como um documento XML com uma estrutura pré-definida (esquema XML). Gruner, Pfrommer, & Palm (2015) define REST (*Representational State Transfer*) como um estilo de arquitetura de software para sistemas hipermídia distribuídos denominados recursos. Um recurso RESTful é qualquer coisa que possa ser endereçável pela web, isto é, sistemas em que o texto, gráficos, áudio e outras mídias são armazenadas em uma rede e interconectadas através de hiperlinks podendo ser acessados e transferidos entre clientes e servidores. Em vez disso, as capacidades de protocolo HTTP são utilizadas para transportar as mensagens de serviço diretamente no corpo de HTTP (Kysakov, Mäkitaavola, Delsing, & Eliasson, 2011)

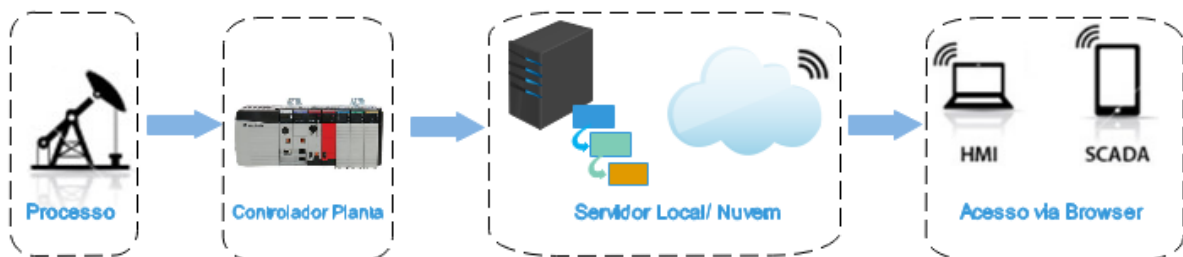
Segundo Lecheta (2015) SOAP é um grande arquivo XML, ele começou a perder espaço na web service para o padrão RESTful, que apresenta uma sintaxe mais enxuta e podem variar e receber informações em formatos mais leve. Principalmente em aplicações mobile (AlShahwan & Moessner, 2010), onde as aplicações precisam economizar recursos ao trafegar as informações.

Ambos SOAP e REST são utilizados para implementar serviços web. No entanto, cada um tem suas próprias características distintas e deficiências que o tornam mais ou menos adequados para certos tipos de aplicação. (AlShahwan & Moessner, 2010)

### **Arquitetura da interface para comunicação da planta de petróleo**

A proposta de uma arquitetura para a comunicação web no domínio da automação (ver Figura 2) em um processo de elevação artificial, com base em um formalismo com alto poder de abstração e realizando etapas de conversão bem definidas. Esta metodologia é constituída em algumas etapas:

- Mapeamento das variáveis do processo;
- Software de controle da planta no CLP;
- Desenvolvimento do modelo de dados unificado e definição do espaço de endereçamento do servidor OPC UA e configuração das tags no servidor UA;
- Desenvolvimento da aplicação web com RESTful;
- Configuração dos clientes com a aplicação web para gerenciamento do processo, visualização das variáveis e comandos do sistema;



**Figura 2: Arquitetura da interface para comunicação para serviços web.**

Com base na Figura 2 pode-se observar que a primeira etapa é o ponto inicial do processo, nesta etapa é feita o mapeamento das variáveis que compõem a planta, considerando os estados dos elementos modelados e sua especificação de funcionamento.

Na segunda etapa as variáveis geradas na primeira etapa são disponíveis no controlador da célula, que por sua vez, conectados com o servidor UA a fim de expor os dados dos instrumentos no seu espaço de endereçamento de forma padronizada e unificada.

Na etapa três, o desenvolvimento de uma aplicação web server/client, para disponibilizar os serviços na rede, com o objetivo de possibilitar aos clientes interligarem ao servidor para consumir as informações do processo de elevação artificial de petróleo;

### **Estudo de caso**

De forma a exemplificar de como gerar a estrutura genérica de equipamentos e instrumentos, a validação do estudo é aplicada em uma situação real de aquisição de dados em processos distribuídos de elevação artificial na indústria de Petróleo e Gás, reproduzido, em nível laboratorial.

O processo a ser evidenciado é de uma Unidade de Bombeio Mecânico (UBM) que tem o objetivo de extrair fluido (petróleo) de poços terrestres (*onshore*). O sistema possui um controlador Lógico programável (CLP) e inversor de frequência para controlar a produção. A UBM tem dados

importantes que devem ser monitorados constantemente, como carga, posição, vazão, torque e corrente de alimentação.

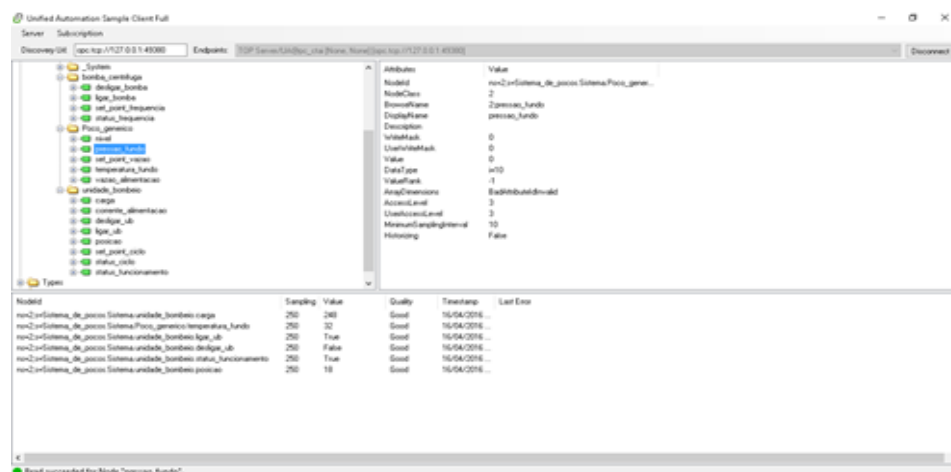
O trabalho de Correia (2016) relata o mapeamento e modelagem das variáveis do processo no espaço de endereçamento do OPC UA. O termo modelagem aqui significa fazer modelos genéricos sobre equipamentos e dispositivos utilizados em diferentes processos. A razão de usar a modelagem OPC UA é que ela ajuda a reunir os dados de diferentes plantas e disponibiliza-los no servidor. Quando cada planta utiliza os mesmos tipos de equipamentos torna fácil a integração e troca de dados. Inserir e retirar equipamentos não altera a estrutura existente.

Para que os dados do sistema sejam lidos corretamente é necessário que suas estruturas de entrada e saída sejam mapeadas no espaço de endereçamento do servidor UA. Assim foi criado seu próprio espaço de endereçamento com os dados relativos do sistema UBM, isto é, a criação de um tipo genérico, com todas as variáveis do sistema: unidade de bombeio, bomba centrífuga e do poço.

Com base nas especificações da norma IEC 62541 OPC UA, deve seguir uma cronologia para a construção do espaço de endereçamento UA, são:

1. Preparação de um modelo logico baseado no ambiente real;
2. Elaboração de um modelo baseando-se na notação OPC UA;
3. Preparação de um arquivo XML que descreve a modelagem do modelo;
4. Implementação do modelo dentro de um servidor OPC UA.

A Figura 3 demonstra a tela de visualização do cliente para monitoramento das variáveis do processo. O cliente permite a visualização dos dados lidos no processo, demonstra a hierarquia dos dados realizada no processo de modelagem. Serviços como ler e escrever dados no sistema, ligar e desligar bomba, ajustar o *set point* da unidade de bombeio e da bomba centrífuga disponíveis para qualquer cliente consumir essas informações.



**Figura 3: Tela de um cliente de visualização.**

A Figura 4 apresenta a tela do servidor UA juntamente com a tela do cliente web de consulta, sendo realizada em uma página browser de um navegador qualquer. Combinar OPC UA com os protocolos de serviços web, viabilizando o acesso dos dados do sistema via aparelhos *mobile*, como smartphone, tablete foi concebido através da configuração dos dispositivos na rede e a consulta feita via URL, passando os parâmetros de IP da máquina do servidor, porta da rede, serviço desejado e qual variável do processo se deseja, como pode ser visto na Figura 4 do cliente web.

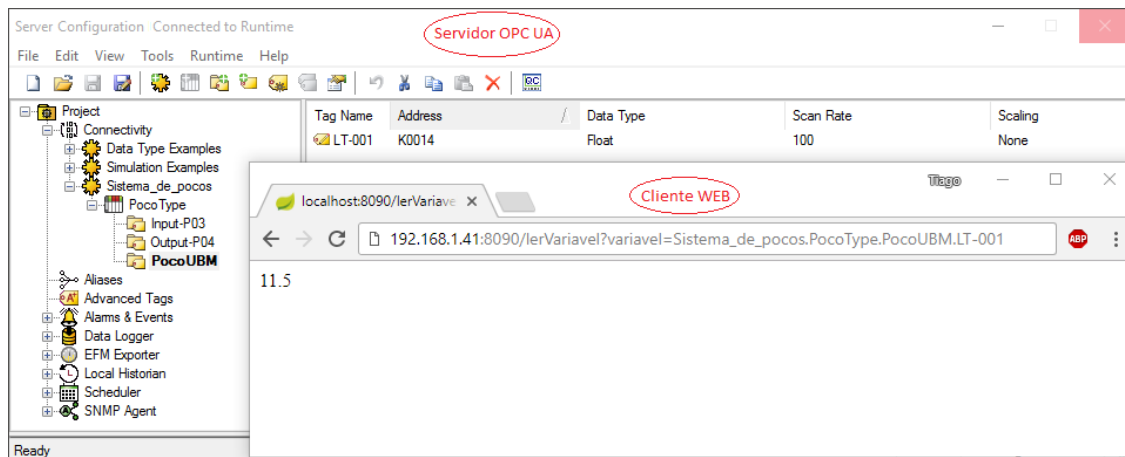


Figura 4: Tela do Servidor OPC UA e cliente Web.

## Conclusões

No trabalho foi apresentada a nova abordagem de padrão de interface de comunicação industrial, o OPC UA, como um fator de conectividade para alcançar a integração vertical e disponibilizar os dados na web. Na busca de um guia geral de como obter os dados unificados disponíveis no espaço de endereçamento do servidor também foi discutido e demonstrado através do estudo de caso.

Foi criado o espaço de endereçamento no servidor UA do sistema modelado, testado e comprovado seu perfeito funcionamento.

Foi possível uma integração completa dos dados do sistema com o cliente UA pela rede. Possibilitou, não apenas a visualização dos dados, mas também o envio de informações para o controlador. Isto é, como as informações estão sendo disponibilizadas no formato OPC UA, podendo conectar vários clientes, como de controle de acesso histórico, geração de relatórios, controle de alarme e eventos.

OPC UA é um passo importante para integrar novas tecnologias e conceitos em aplicações industriais e em outros domínios. Devido aos avanços e atualizações de OPC UA sobre o clássico OPC, a abordagem genérica usando o paradigma orientada a objeto (POO) atende aos requisitos em troca de dados em todo o processo, principalmente na contribuição da interoperabilidade semântica para os dispositivos conectados em todo o espectro da IoT.

Como trabalho futuro, uma análise de tempo de resposta, da sequência de amostragem do tempo gasto para realizar as operações, como ler, escrever. Desenvolver uma interface IHM para o usuário na web será o próximo passo do trabalho.

## Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio financeiro da FAPESB (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia) e a infraestrutura do Centro Tecnológico de Capacitação em Automação Industrial (CTAI) da UFBA.

## Referências Bibliográficas

- AlShahwan, F., & Moessner, K. (2010). Providing soap web services and restful web services from mobile hosts. In *2010 Fifth International Conference on Internet and Web Applications and Services* (pp. 174–179).
- Azevedo, A., & Almeida, A. (2011). Factory templates for digital factories framework. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 27(4), 755–771.

- Correia, M. D., Silva, T. O., & Lepikson, H. A. (2016). Plataforma aberta para a comunicação entre dispositivos de campo e clientes de diferentes níveis em sistemas de manufatura dinâmicos e integrados pela automação. *Congresso Nacional de Engenharia Mecânica(Conem)*.
- El Zawawi, A., & El-Sayed, A. (2012). Integration of DCS and ESD through an OPC application for upstream Oil and Gas. In *Power and Energy Society General Meeting, 2012 IEEE* (pp. 1–5).
- Gruner, S., Pfrommer, J., & Palm, F. (2015). A RESTful extension of OPC UA. In *Factory Communication Systems (WFCS), 2015 IEEE World Conference on* (pp. 1–4).
- Hannelius, T., Salmenperä, M., & Kuikka, S. (2008). Roadmap to adopting OPC UA. In *Industrial Informatics, 2008. INDIN 2008. 6th IEEE International Conference on* (pp. 756–761).
- Kyusakov, R., Mäkitaavola, H., Delsing, J., & Eliasson, J. (2011). Efficient XML interchange in factory automation systems. In *IECON 2011-37th Annual Conference on IEEE Industrial Electronics Society* (pp. 4478–4483).
- Lecheta, R. R. (2015). *Web Services RESTful: Aprenda a criar web services RESTful em Java na nuvem do Google*. Novatec Editora.
- Legner, C., & Heutschi, R. (2007). SOA adoption in practice-findings from early SOA implementations.
- Mahnke, W., L., S.-H., & Damm, M. (2009). *OPC unified architecture*. Springer Science & Business Media.
- Mohammadi, M., & Mukhtar, M. (2013). A Review of SOA Modeling Approaches for Enterprise Information Systems. *Procedia Technology*, 11, 794–800.
- Reboredo, P., & Keinert, M. (2013). Integration of discrete manufacturing field devices data and services based on OPC UA. In *Industrial Electronics Society, IECON 2013-39th Annual Conference of the IEEE* (pp. 4476–4481).
- Sauer, O. (2014). Information Technology for the Factory of the Future--State of the Art and Need for Action. *Procedia CIRP*, 25, 293–296.
- Schwarz, M. H., & Borcsok, J. (2013). A survey on OPC and OPC-UA: About the standard, developments and investigations. In *Information, Communication and Automation Technologies (ICAT), 2013 XXIV International Symposium on* (pp. 1–6).
- Shrouf, F., Ordieres, J., & Miragliotta, G. (2014). Smart factories in Industry 4.0: A review of the concept and of energy management approached in production based on the Internet of Things paradigm. In *2014 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management* (pp. 697–701). <https://doi.org/10.1109/IEEM.2014.7058728>
- Son, M., & Yi, M.-J. (2010). A study on OPC specifications: Perspective and challenges. In *Strategic Technology (IFOST), 2010 International Forum on* (pp. 193–197).
- Unified, O. P. C., Specification, A., & Release, C. (2012). OPC Unified Architecture Specification - Part 1: Overview and Concepts.
- Zarte, M., P., A., Wermann, J., G., F., & Colombo, A. W. (2016). Building an Industry 4.0-compliant lab environment to demonstrate connectivity between shop floor and IT levels of an enterprise. In *Industrial Electronics Society, IECON 2016-42nd Annual Conference of the IEEE* (pp. 6590–6595).