



REALIDADE AUMENTADA E VIRTUAL, *DIGITAL TWIN* • E SIMULADORES

INTRODUÇÃO

Anteriormente, foi apresentado o conceito de gêmeos digitais (*Digital Twins*), que permitem a simulação, análise, previsão e um autoajuste de parâmetros, em busca da otimização de processos e/ou produtos. Essa tecnologia tem sido considerada e pautada no planejamento das grandes indústrias, de forma conjunta com a implantação de sistemas que se comuniquem por IoT. Esta aula tem como objetivos:

- Explicar os principais componentes de um framework de *Digital Twin*;
- Apresentar como é feita a aquisição de dados por IoT e os principais protocolos de comunicação;
- Apresentar a atuação do OPC UA em arquiteturas com *Digital Twin*;
- Apresentar como funciona o serviço de *Digital Twin* na nuvem.

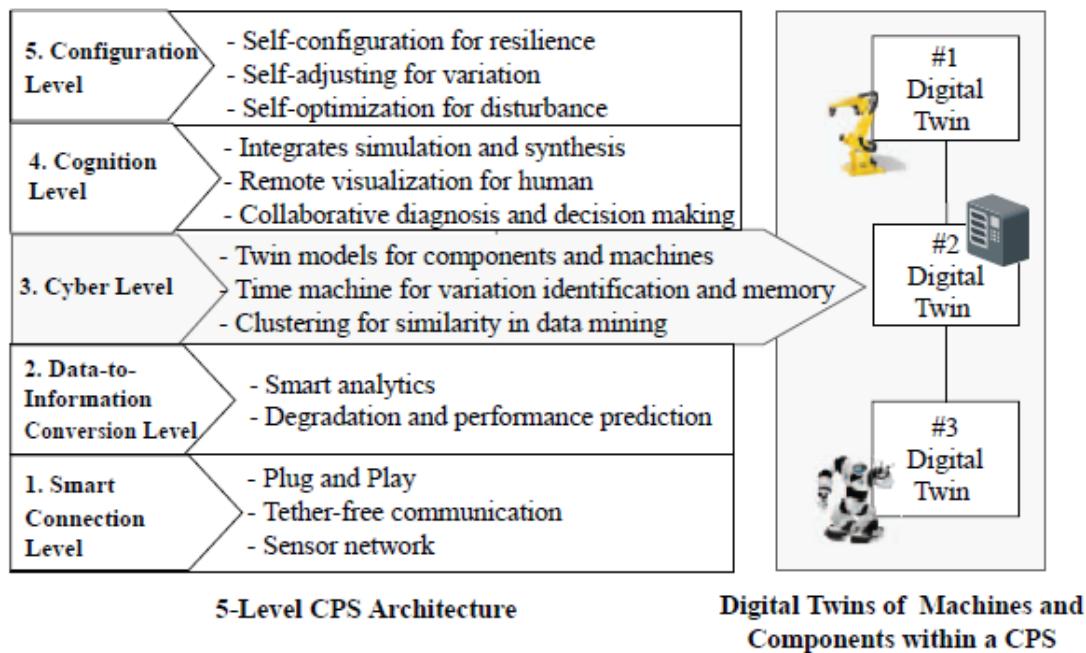
TEMA 1 – DIGITAL TWIN: FRAMEWORK

Os chamados *sistemas ciberfísicos* representam sistemas que possibilitam a integração entre processos físicos e sistemas computacionais por meio da internet, com acesso às informações e serviços, de qualquer local e a qualquer momento. Com o aumento de processos de digitalização das indústrias, as pesquisas sobre os sistemas ciberfísicos se intensificaram, gerando, inclusive, um modelo de maturidade, cujo objetivo é a otimização de recursos. Dentro deste contexto, Josifovska, Yigitbas e Engels (2019) apresentam uma arquitetura de sistema ciberfísico, no qual apresenta a relação com os gêmeos digitais.

De acordo com a Figura 1, os gêmeos digitais estão inseridos na terceira camada do modelo e disponibilizam informações de autoajuste e otimização às camadas superiores.

Cabe ressaltar que o objetivo primordial de um gêmeo digital é prover serviços, em especial aspectos para a otimização de sistemas ciberfísicos. O primeiro passo para que isso ocorra é conseguir modelar a entidade física de forma mais realista possível, dentro da plataforma digital. Os tipos de serviços ofertados pelas plataformas de gêmeos digitais variam conforme a demanda do cliente.

Figura 1 – Arquitetura – sistemas ciberfísicos e gêmeos digitais



Fonte: Josifovska et al., 2019.

O *framework* dos gêmeos digitais pode ser dividido em quatro blocos principais: **entidade física**, **entidade virtual**, **gerenciamento de dados** e **serviços**. A entidade física está relacionada ao objeto ou processo que será espelhado e simulado no gêmeo digital. As características da *entidade física* são as seguintes:

- Objeto físico: trata do objeto ou processo;
- Nô físico: trata-se da entidade que possui uma interface de comunicação com os demais objetos;
- Humano: trata-se do usuário e sua atuação no processo;

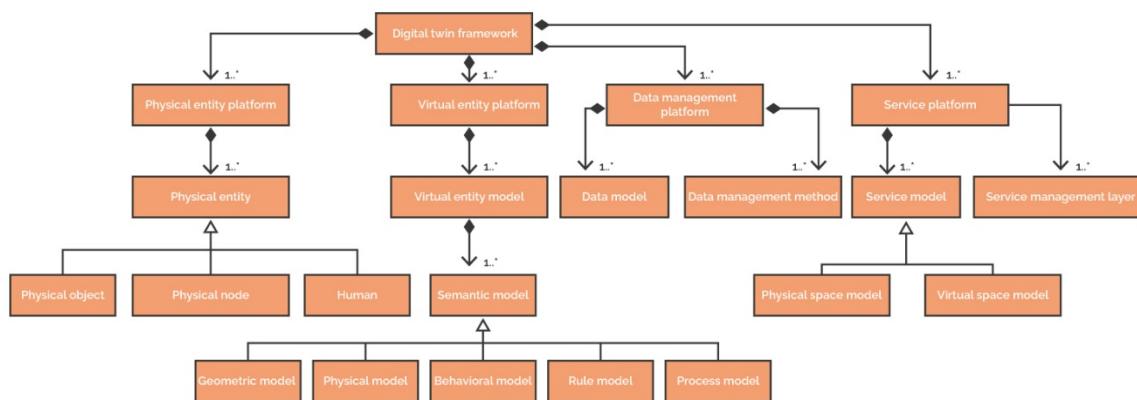
A plataforma de **entidade virtual** é composta por várias entidades físicas cujas características são as seguintes:

- Modelo geométrico: propriedades geométricas do objeto;
- Modelo físico: habilidades do objeto;
- Comportamento: refere-se ao comportamento do objeto e como ele se comunica com os demais;
- Regras: descreve as regras relacionadas ao objeto;

- Processo: como o modelo virtual se comporta dentro dos sistemas ciberfísicos disponíveis.

A plataforma de **gerenciamento de dados** é responsável pela aquisição, gerenciamento e armazenamento das informações. A plataforma de **serviços** é composta por modelos e camadas, cuja função é atingir objetivos de otimização, por meio de calibração, monitoramento, análise, validação e teste.

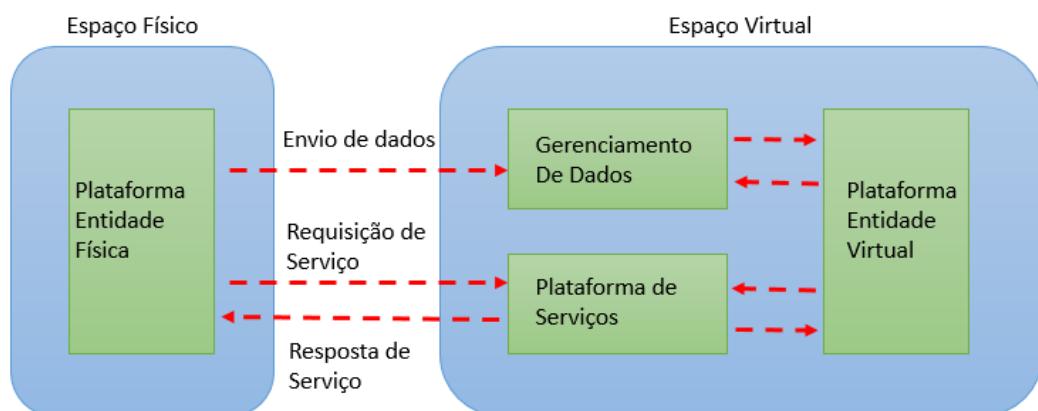
Figura 2 – *Framework* de Gêmeo Digital



Fonte: Josifovska et al., 2019.

É possível estruturar o *framework* de gêmeos digitais em quatro blocos principais, conforme a Figura 3, na qual a interpelação entre eles é apresentada.

Figura 3 – Relação entre os principais blocos do *framework*

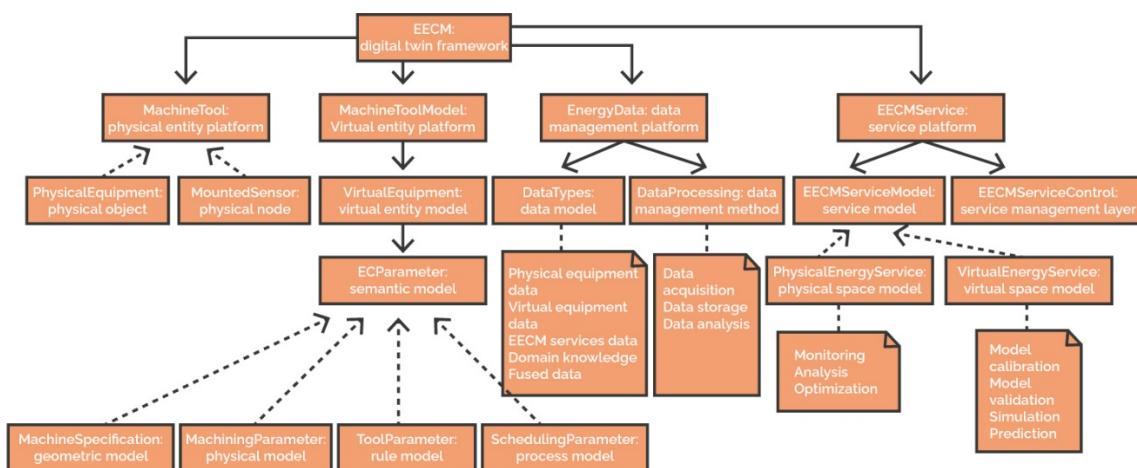


Fonte: Josifovska et al., 2019.

Um exemplo de *framework* de um gêmeo digital para o gerenciamento do consumo de energia de uma máquina é apresentado na Figura 4. Neste *framework* é possível identificar os principais blocos:

- Entidade física: máquina;
- Entidade virtual: modelo virtual da máquina;
- Plataforma de gerenciamento de dados: dados coletados de energia;
- Plataforma de serviço: serviços de gerenciamento de energia.

Figura 4 – *Framework* de um gêmeo digital – gerenciamento do consumo de energia de uma máquina



Fonte: Josifovska et al., 2019.

TEMA 2 – AQUISIÇÃO DE DADOS POR IOT

O conceito de gêmeos digitais não é recente e vem ganhando destaque graças ao crescimento no uso de dispositivos de IoT, que permite uma coleta de dados mais abrangente. Uma pesquisa realizada pela Gartner (2020) apontou que pelo menos dois terços das empresas que implementaram IoT farão a implementação de um gêmeo digital.

Por esse motivo é importante conhecer as formas de aquisição de dados que permitirão alcançar os objetivos traçados para os gêmeos digitais, dentre os quais, a comunicação por IoT. De acordo com o guia elaborado pela Microsoft (Tecnologias..., [S.d.]), o ecossistema de IoT é composto pelas camadas:

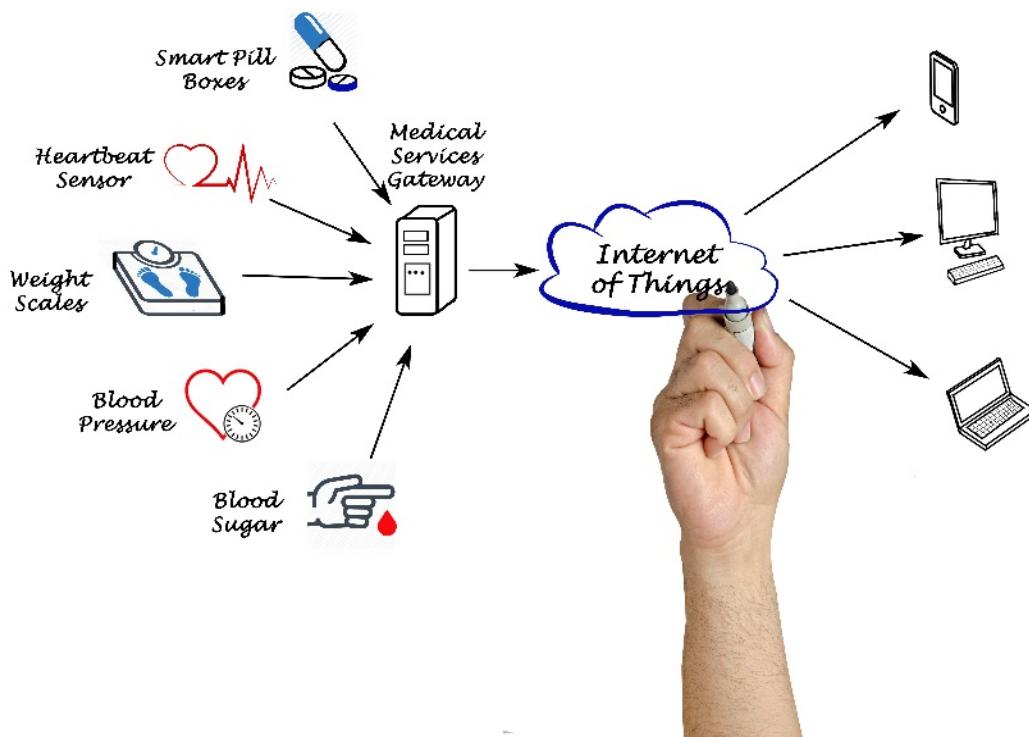
- Dispositivos;
- Dados;

- Conectividade;
- Usuários de tecnologia.

Os dispositivos que utilizam IoT variam bastante e, a cada dia, os custos envolvidos estão reduzindo. Alguns exemplos: atuadores, sistemas embarcados, dispositivos inteligentes, dispositivos não computacionais, transdutores, sensores entre outros.

Boa parte dos dispositivos são projetados para suportar o uso de protocolos de comunicação em IoT, porém em alguns, é necessário o uso de um *gateway* de comunicação para que esses dispositivos possam se conectar à nuvem. O uso de *gateways* pode reduzir a latência, bem como os tamanhos da transmissão. Além disso, os *gateways* permitem uma camada extra de segurança.

Figura 5 – Uso de *gateway* IoT



Créditos: Arka38/Shutterstock.

As redes de IoT podem ser classificadas de acordo com a distância e o consumo de energia:

- Curta distância e baixo consumo de energia;

- Longa distância e baixo consumo de energia.

As redes de curta distância consomem menos energia (utilizam pequenas baterias) e têm custo mais baixo, sendo adequadas para escritórios e residências. Alguns exemplos desse tipo de rede:

- *Bluetooth*: transferência de dados em alta velocidade, permite envio de dados e voz para até 10 metros;
- NFC: usado na comunicação entre dispositivos eletrônicos por uma distância de 4 centímetros ou menos;
- Z-Wave: trata-se de uma rede de ondas com baixo consumo de energia, permitindo a comunicação entre dispositivos. Acesse:

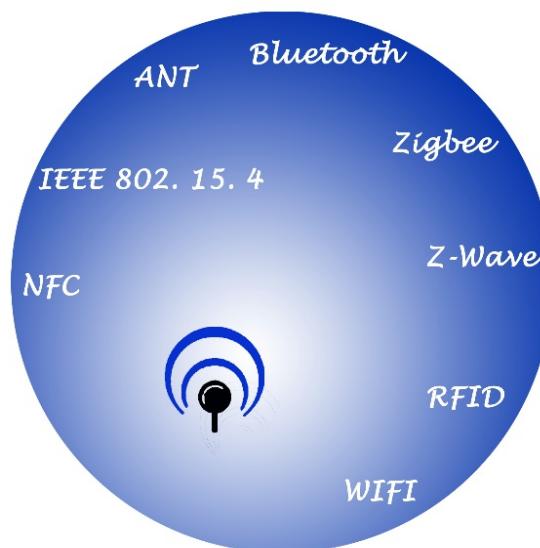
Saiba mais

Z-WAVE. Disponível em: <<https://www.z-wave.com/>>. Acesso em: 26 jul. 2021.

Zigbee: baseada na norma IEEE 802.15.4 para um pacote de comunicação de protocolos de comunicação, para aplicações de baixa potência.

CSA – Connectivity Standards Alliance. Disponível em: <<https://zigbeealliance.org/solution/zigbee/>>. Acesso em: 26 jul. 2021.

Figura 6 – Redes que usam IoT – Curta distância



Créditos: Arka38/Shutterstock.

As redes de longa distância permitem comunicações com uma distância mínima de 500 metros, com um consumo de energia mínimo que é requerido e são usadas em boa parte das aplicações que envolvem IoT. Alguns exemplos:

Saiba mais

5G para IoT: apesar não estar disponível ainda, a rede 5G permitirá uma velocidade maior tanto para *download*, quanto para conectividade.

5GACIA. Disponível em: <<https://5g-acia.org/>>. Acesso em: 26 jul. 2021.

LTE 4G: possui baixa latência e uma boa capacidade, são adequadas para uso em redes que requerem informações em tempo real;

LoRaWAN: são redes de longa distância, usadas em diversas aplicações industriais.

LORA Alliance. Disponível em: <<https://lora-alliance.org/about-lora-alliance/>>. Acesso em: 26 jul. 2021.

Sigfox: possibilita a operação em frequências não licenciadas e com baixo consumo de energia. A comunicação é baseada em *software*, ou seja, o gerenciamento de dados é feito em um servidor na nuvem. Uma vantagem é que permite a comunicação em longa distância, porém, necessita adequação de *hardware* e antenas.

SIGFOX. Disponível em: <<https://www.sigfox.com/en>>. Acesso em: 26 jul. 2021.

TEMA 3 – IOT: CARACTERÍSTICAS

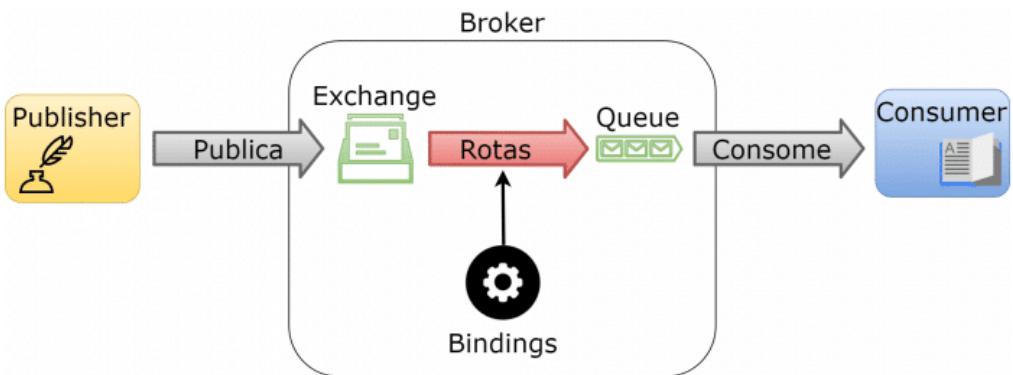
Da mesma forma que os dispositivos industriais usam protocolos de comunicação específicos, os protocolos de IoT foram projetados para atender requisitos específicos, de forma a atender diferentes cenários. De acordo com o modelo de referência OSI, é possível classificar os protocolos de IoT em (Microsoft, 2021):

Camada de aplicativo:

- AMQP (*Advanced Message Queuing Protocol*): permite o envio e o recebimento de mensagens de forma assíncrona, independente do *hardware* escolhido, bem como do sistema operacional. Trabalha com o conceito de *Broker*, ou seja, o cliente (*Publisher*) encaminha uma mensagem a uma entidade (*Exchange*), que possui regras (*Bindings*)

definas e as encaminha para filas (*Queues*). A partir deste ponto, as mensagens serão enviadas ao cliente (*Consumer*), conforme Serrano (2018).

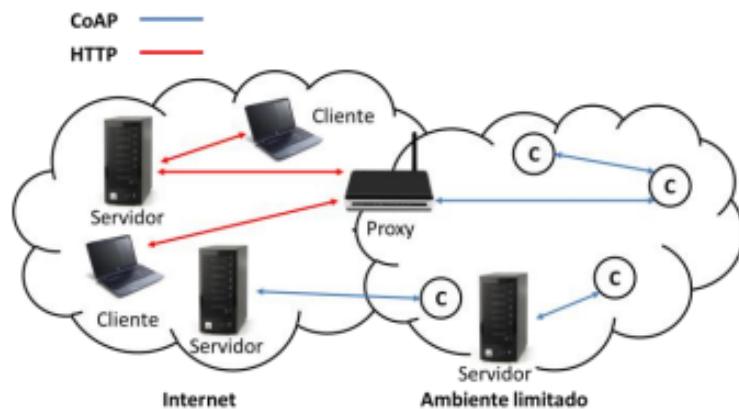
Figura 7 – Funcionamento AMQP



Fonte: Serrano, 2018.

- CoAP (*Constrained Application Protocol*): é um protocolo de larguras de banda e de rede restritas, que adota o modelo de requisição/resposta. É uma opção interessante para soluções que adotam dispositivos embarcados nos quais há restrições de alimentação e memória.

Figura 8 – Protocolo CoAP – IoT



Fonte: Frigieri; Parreira, 2018.

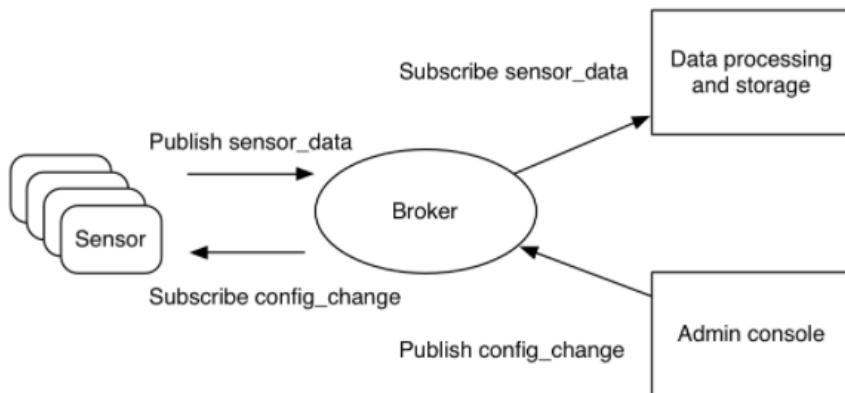
Saiba mais

DDS (Serviço de distribuição de dados): aplicado a comunicação ponto a ponto, cuja instalação não é complexa e com boa confiabilidade.

DDS FOUNDATION. Disponível em: <<https://www.dds-foundation.org/what-is-dds-3/>>. Acesso em: 26 jul. 2021.

MQTT (*Message Queue Telemetry Transport*): é um dos protocolos mais usados em IoT. O MQTT foi desenvolvido pela IBM no final dos anos 90, sendo um protocolo de rede leve, flexível, podendo ser usado em redes de largura de banda limitada e de alta latência. O protocolo trabalha com o modelo de *Broker* no qual as mensagens são roteadas aos clientes.

Figura 9 – MQTT para IoT



Fonte: Yuan, 2017.

TEMA 4 – OPC-UA

A tecnologia OPC (*OLE for Process Control*) é um conjunto de padrões de comunicação de dados, baseados no sistema operacional Windows Microsoft®, que permite a conexão entre objetos de dados.

A troca de dados entre aplicativos e dispositivos ocorre por meio do uso da interface COM/DCOM (*Distributed Component Object Model*). O OPC clássico possui as seguintes especificações:

- DA (*Data Access*): usado para a troca de dados em tempo real;
- A&E (*Alarm and Events*): relativo a alarmes e eventos;
- HDA (*Historical Data Access*): relativo à análise histórica.

O principal benefício em relação à adoção do OPC foi a interconectividade entre sistemas e equipamentos que até então estavam restritos a protocolos de comunicação proprietários. Apesar disso, com o tempo, o OPC apresentou algumas limitações (Venturelli, 2021):

- Problemas relativos à configuração do DCOM da Microsoft®;
- Suportado apenas no sistema operacional Windows®;
- Baixo nível de segurança;
- *Timeouts* não configuráveis.

Como a convergência de dados e a segurança eram itens essenciais na indústria 4.0, surgiu a necessidade de aprimorar a tecnologia OPC. Com base nestes fatos, foi desenvolvido o OPC UA (*Unified Architecture*) para ser o sucessor do OPC clássico.

Figura 10 – OPC UA



Créditos: Funtap/Shutterstock.

O OPC UA é um modelo de informação orientado a objetos e independe do sistema operacional. Algumas diferenças entre o OPC Clássico e o OPC UA:

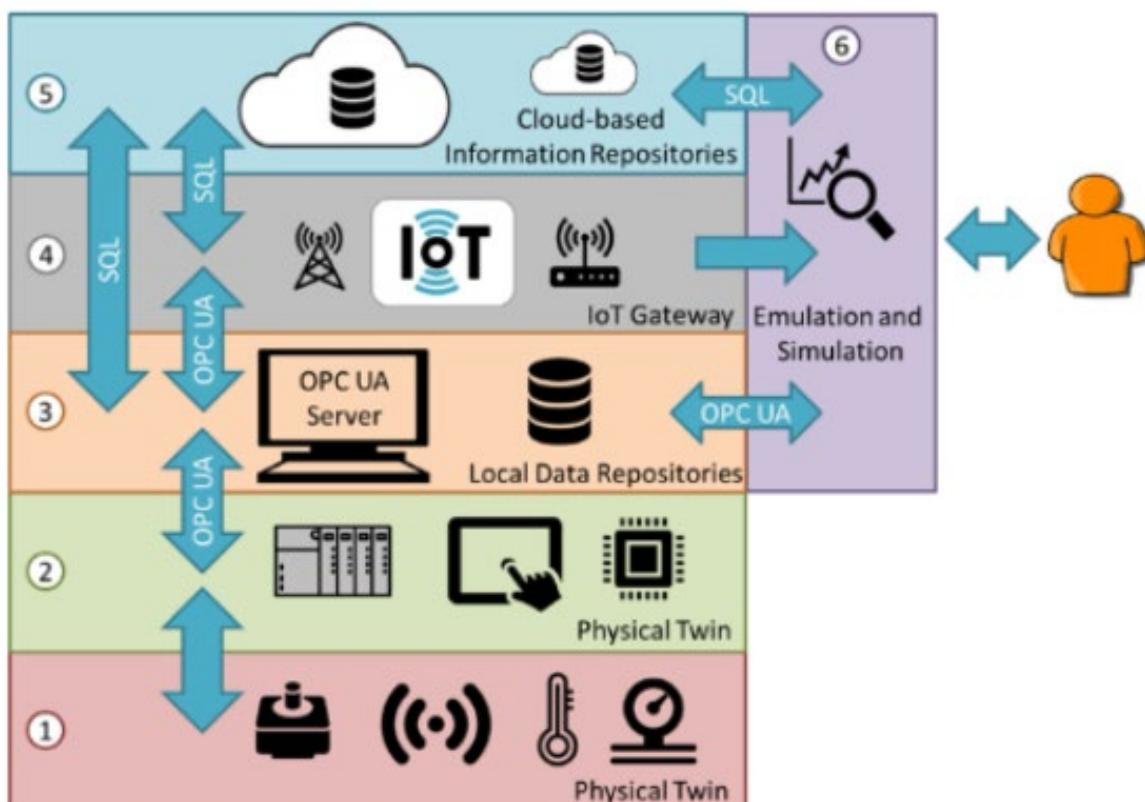
- Possui arquitetura orientada a serviços (SOA);
- Permite a troca de dados brutos entre sensores e dispositivos de campo com sistemas tais como ERP, MES, SCADA, entre outros;
- Maior nível de segurança;
- Utiliza um protocolo binário baseado em TCP;
- Permite a detecção automática de falhas;

- Possui mecanismo de correção de falha que restabelece o link de comunicação, sem que haja perda de dados;
- Permite a adoção de redundância, conferindo alta disponibilidade ao sistema;
- Possui *buffer* de dados assegurando que não haja a perda de dados.

Um exemplo de aplicação com o uso de OPC UA e *Digital Twin* é apresentado por Redelinghuys e Basson (2019), conforme Figura 11. Um servidor OPC UA é usado na camada 3 com o intuito de prover dados das camadas físicas, independente da diversidade de fornecedores de equipamentos, garantindo desta forma, a conectividade.

Na camada 4, é usado um *gateway IoT* que permite a comunicação dos dados da camada 3 para a camada 5, no qual há um sistema alojado na nuvem. Este é um exemplo de arquitetura que pode ser usado em sistemas industriais nos quais há grande diversidade de equipamentos e máquinas.

Figura 11 – Arquitetura – OPC UA e *Digital Twin*



Fonte: Redelinghuys; Basson, 2019.

TEMA 5 – DIGITAL TWIN: CLOUD

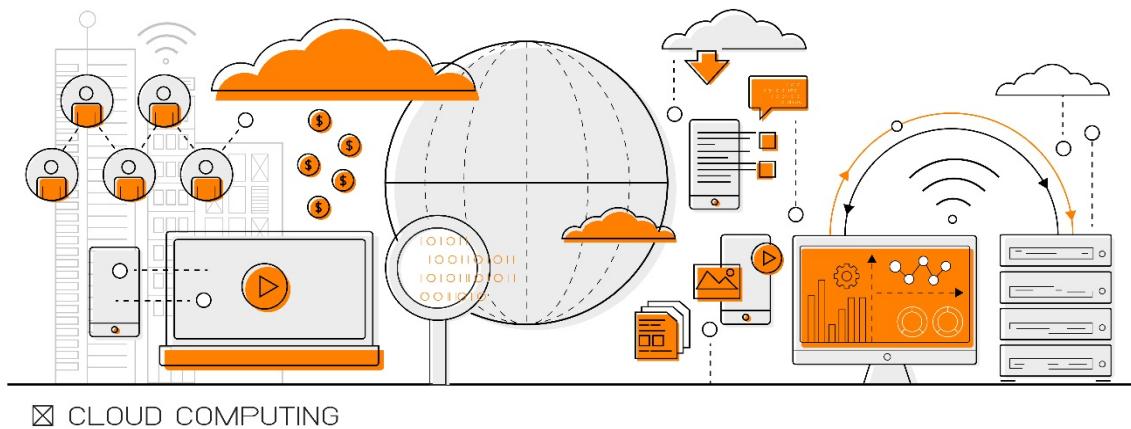
A computação em nuvem é uma realidade dentro da indústria 4.0 devido às vantagens proporcionadas na contratação de recursos e sistemas, gerando redução de custos operacionais. Dentre as vantagens ofertadas, é possível citar:

- Maior agilidade nas atualizações tecnológicas;
- Contratação de serviços sob demanda (escalabilidade);
- Redução em investimento de infraestrutura;
- Redução de custos de manutenção;
- Alta disponibilidade de recursos;
- Aumento de recursos de segurança nos dados e informações;
- Gerenciamento em relação ao uso de recursos.

Boa parte dos sistemas industriais tem sido disponibilizada em um ambiente de computação em nuvem. A contratação desse modelo varia conforme a demanda da empresa. Os modelos existentes são:

- Nuvem pública: nesse modelo, os serviços são disponibilizados de forma gratuita ou por meio do pagamento de mensalidade. A vantagem desse modelo é que se torna mais econômico, porém o suporte técnico ofertado tende a ser limitado e padronizado;
- Nuvem privada: nesse modelo todos os serviços são controlados internamente pela empresa que utiliza os serviços. A vantagem é que permite customizar a infraestrutura de acordo com as necessidades da empresa, porém requer maior investimento em equipamentos e uma equipe especializada;
- Nuvem híbrida: nesse modelo, os recursos são gerenciados e fornecidos por provedores externos (combinação de plataformas diferentes). A vantagem nesse modelo é que permite ampliar a gama de serviços. A principal desvantagem é a complexidade do ambiente, exigindo uma equipe especializada.

Figura 12 – Computação em nuvem



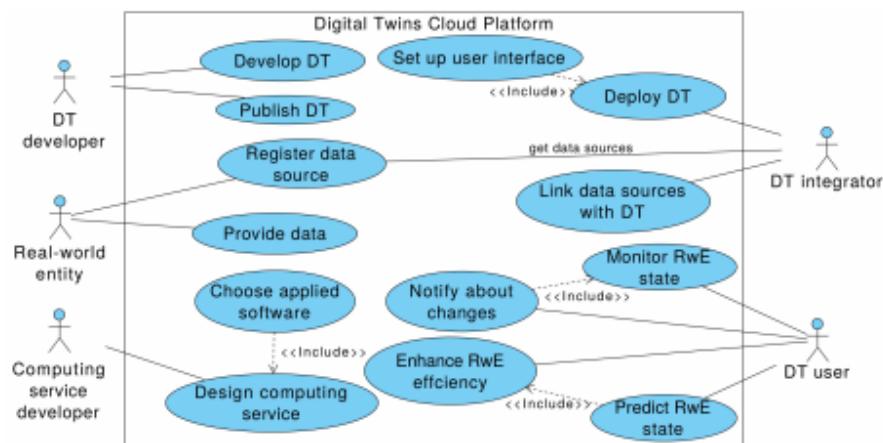
Créditos: IS AM ARE/Shutterstock.

Com relação aos serviços ofertados, os mais comuns são:

- *Software as a Service* (SaaS): permite o acesso a dados pela web, sendo utilizado em casos nos quais é necessário fazer acessos remotos;
- *Platform as a Service* (PaaS): nesse caso, o usuário pode criar, hospedar, monitorar e controlar um aplicativo baseado em nuvem. É recomendado quando há desenvolvimento compartilhado ou há integração com banco de dados.

Borodulin et al. (2017) propõem um conjunto de serviços para criar uma plataforma na nuvem *DTaaS – Digital Twin as a Service*.

Figura 13 – Plataforma de *digital twin* na nuvem



Fonte: Borodulin et al., 2017.

-
- Usuário: o acesso é feito pelo modelo SaaS, no qual ele obtém informações sobre as entidades reais, alteração de status, previsão de comportamento, entre outros;
 - Desenvolvedor: os recursos para o desenvolvimento do gêmeo digital são disponibilizados no formato PaaS;
 - Integrador: responsáveis pela implantação, modelagem e representação visual dos objetos do mundo real.

REFERÊNCIAS

BORODULIN, K. et al. Towards digital twins cloud platform: microservices and computational workflows to rule a smart factory. In: IEEE/ACM INTERNATIONAL CONFERENCE ON UTILITY AND CLOUD COMPUTING. **Anais...**, 5-8 dez., 2017, Austin, Texas, 2017.

FRIGIERI, D. M. E. P.; PARREIRA, L. F. C. G. Protocolos M2M para Ambientes Limitados no Contexto do IoT: uma comparação de abordagens. **Inatel**, S.d. Disponível em: <<https://www.inatel.br/smarcampus/imgs/protocolos-para-iot-pt.pdf>>. Acesso em: 27 jul. 2021.

GARTNER. Gartner Survey Reveals Digital Twins Are Entering Mainstream Use. **Gartner**, 20 fev. 2019. Disponível em: <<https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2019-02-20-gartner-survey-reveals-digital-twins-are-entering-mai>>. Acesso em: 27 jul. 2021.

JOSIFOVSKA, K.; YIGITBAS, E.; ENGELS, G. Reference Framework for Digital Twins within Cyber-Physical Systems. In: IEEE/ACM 5TH INTERNATIONAL WORKSHOP ON SOFTWARE ENGINEERING FOR SMART CYBER-PHYSICAL SYSTEMS (SEsCPS). **Anais...**, IEEE, 2019.

REDELINGHUYS, A. J. H.; BASSON, A. H. K. K. A six-layer architecture for the digital twin: a manufacturing case study implementation. **Journal of Intelligent Manufacturing**, v. 31, p. 1383-1402, 2019.

SERRANO, T. M. AMQP – Protocolo de Comunicação para IoT. **Embarcados**, 15 ago. 2018. Disponível em: <<https://www.embarcados.com.br/amqp-protocolo-de-comunicacao-para-iot/>>. Acesso em: 27 jul. 2021.

TECNOLOGIAS e protocolos de IoT. **Microsoft**, S.d. Disponível em: <<https://azure.microsoft.com/pt-br/overview/internet-of-things-iot/iot-technology-protocols/>>. Acesso em: 27 jul. 2021.

VENTURELLI, M. OPC UA na Automação Industrial. **Automação Industrial**, 2 jun. 2021. Disponível em: <<https://www.automacaoindustrial.info/opc-ua-na-automacao-industrial/>>. Acesso em: 27 jul. 2021.

YUAN, M. Conhecendo o MQTT. **IBM**, 3 out. 2017. Disponível em:
<https://developer.ibm.com/br/articles/iot-mqtt-why-good-for-iot/>. Acesso em: 27
jul. 2021.