

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

## INTRODUÇÃO

Os gêmeos digitais trazem inúmeros benefícios e podem ser aplicados aos mais variados tipos de processos. Para que possam ser implementados, é necessária a integração entre diversas tecnologias. Esta aula tem como objetivos:

- Apresentar o modelo RAMI 4.0 para a integração de sistemas;
- Posicionar e identificar a integração de gêmeos digitais;
- Relacionar o gerenciamento de dados e gêmeos digitais;
- Mostrar aplicações práticas de gêmeos digitais.

## TEMA 1 – INTEGRAÇÃO DE SISTEMAS

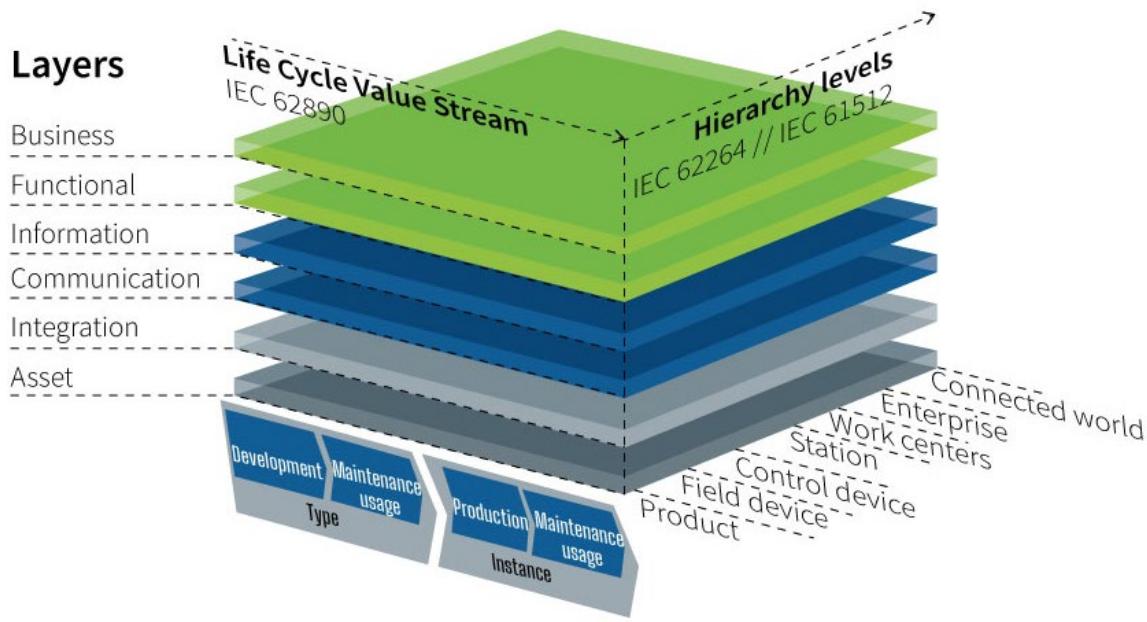
A transformação digital exige que a automação industrial tenha flexibilidade e a capacidade de adaptação para a inclusão de novas tecnologias e sistemas. Cabe ressaltar que a indústria 4.0 é multidisciplinar, portanto essa integração deve ocorrer de forma que haja o melhor aproveitamento e integração entre tecnologias e sistemas.

Diante dessa necessidade, surge o RAMI 4.0 (em inglês, *Reference Architectural Model for Industrie 4.0*), um modelo de referência cujo objetivo é orientar a padronização de aplicações na indústria 4.0. De acordo com Venturelli (2021), o RAMI 4.0 é baseado em algumas diretrizes:

- Estabelecer a conexão vertical dos sistemas, de forma a levar a informação do chão de fábrica (sensor) até o nível de gestão;
- Estabelecer a conexão horizontal da produção e/ou processo para conectar na nuvem para o apoio à tomada de decisões;
- Uso de normas como referências em projetos e aplicações.

O RAMI 4.0 possui três dimensões: *hierarquia, arquitetura e ciclo de vida*. Dessa forma, é possível dizer que ele participa de toda a cadeia produtiva e de todo o ciclo de vida na produção.

Figura 1 – RAMI 4.0



Fonte: elaborado com base em Lydon, 2019.

Os benefícios na adoção do RAMI 4.0 como um modelo de referência são os seguintes:

- Inclui tecnologias e sistemas que requerem a equipe de tecnologia de informação (TI) em cada camada e ao longo do ciclo de vida. Lembre-se de que o alinhamento entre as tecnologias de informação e de automação são essenciais em um processo de transformação digital;
  - O modelo está estruturado, levando-se em conta a questão de segurança e privacidade;
  - Divide os processos envolvidos em pacotes visando a simplificação na comunicação e processamento.

De acordo com Venturelli (2021), os três eixos podem ser conceituados como:

- O eixo *Hierarquia* estabelece o modelo de interconexão de todos os elementos da produção, pessoas e máquinas. Deve haver interação em todos os níveis hierárquicos, flexível e interoperável;
  - O eixo *Arquitetura* estabelece a verticalização das informações, incluindo as interfaces, interpelações e uso. Estabelece os dispositivos, o acesso à informação, à transição do dado físico para o lógico, entre outros;

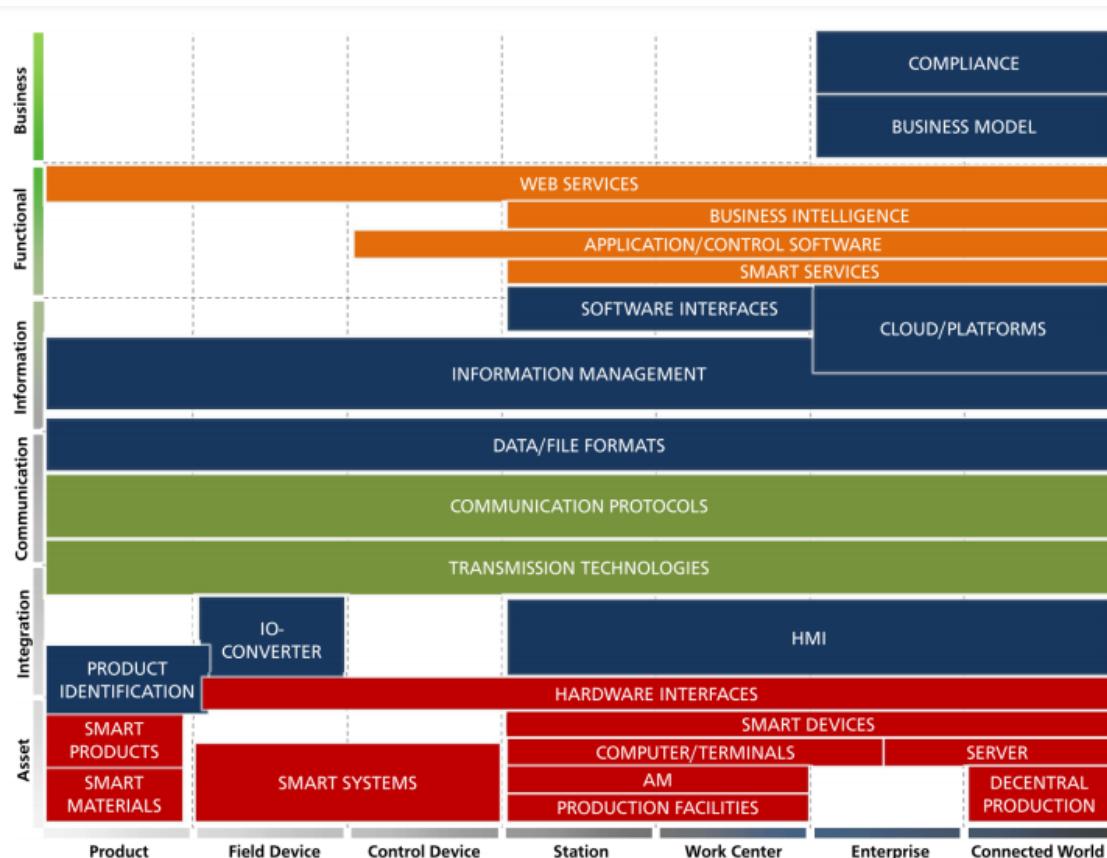
- O eixo *Ciclo de Vida* estabelece todo o ciclo de vida do produto, desde a etapa de pesquisa e desenvolvimento até a assistência técnica.

Wang, Towara e Anderl (2017) apresentam a visão do RAMI 4.0 orientada a aplicações e sistemas, conforme a Figura 2, no qual estabelece a integração entre eles. Cabe destacar:

- *Nuvem/Plataformas*: serviços e plataformas alocados em nuvem, gerando escalabilidade, recursos de rede recuperáveis e contratação sob demanda;
- *Serviços na Web*: representam os serviços que são disponibilizados por aplicativos ou máquinas;
- *Business Intelligence*: descreve todos os sistemas, conceitos e sistemas que são projetados para servir de apoio nas atividades operacionais e estratégicas;
- *Serviços inteligentes*: as aplicações industriais integradas a sistemas ciberfísicos oferecem várias possibilidades de monitoramento de processos e produtos, bem como serviços remotos;
- *Aplicação/software de controle*: refere-se aos sistemas que permitem realizar a simulação de produtos e processos;
- *Interfaces de softwares*: as interfaces são necessárias na troca de dados de modelo e simulação entre fornecedores diferentes;
- *Interface homem-máquina e dispositivos inteligentes*: além dos dispositivos tradicionais (tais como IHMs industriais e monitores), há o uso de novas tecnologias, tais como a realidade aumentada e a virtual, principalmente em produtos e processos mais complexos;
- *Informação e gerenciamento de dados*: no processo de digitalização dos processos, uma grande quantidade de dados é gerada em cada camada.
- *Dados e formatos*: o pré-requisito para a troca de dados entre as plataformas é a padronização de formatos, garantindo, assim, a interoperabilidade entre sistemas;
- *Protocolos de comunicação*: devem ser padronizados e suportados pelas plataformas. Um exemplo disso é o uso do OPC UA (visto na aula anterior);

- *Identificação do produto*: a identificação de produtos e objetos ao longo da cadeia de valor pode ser feita com o uso de RFID, código de barras e QRCode;
- *Manufatura aditiva*: possibilita a flexibilidade na produção de peças complexas, modeladas em plataformas de CAD.

Figura 2 – RAMI 4.0 (camadas e aplicações)



Fonte: Wang et al., 2017.

As normas aplicadas ao RAMI 4.0 possibilitam o uso de referências, visando as melhores práticas nas aplicações. São elas:

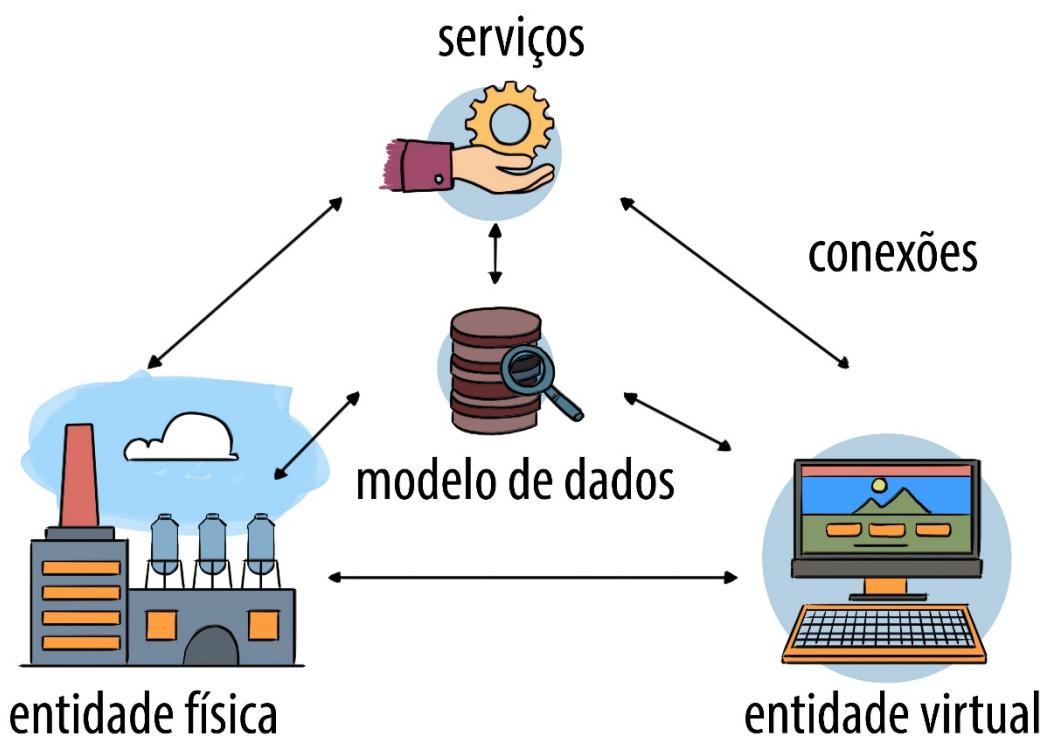
- IEC 63088: produção inteligente;
- IEC 62890: gerenciamento do ciclo de vida de produtos e sistemas;
- IEC 62264: integração dos sistemas de produção;
- IEC 61512: controle de batelada.

## TEMA 2 – INTEGRAÇÃO – DIGITAL TWIN

Conforme citado no tópico anterior, a integração de sistemas e plataformas permite o desenvolvimento de diversas aplicações, dentre as quais os gêmeos digitais. O conceito apresentado nas aulas anteriores envolvia sempre três dimensões: a entidade física, a entidade virtual e a conexão entre elas.

Steindl et al. (2020) apresentam o conceito de gêmeo digital com cinco dimensões, conforme a Figura 3, na qual são inseridos os serviços e o modelo de dados.

Figura 3 – Conceito de gêmeo digital (5 dimensões)

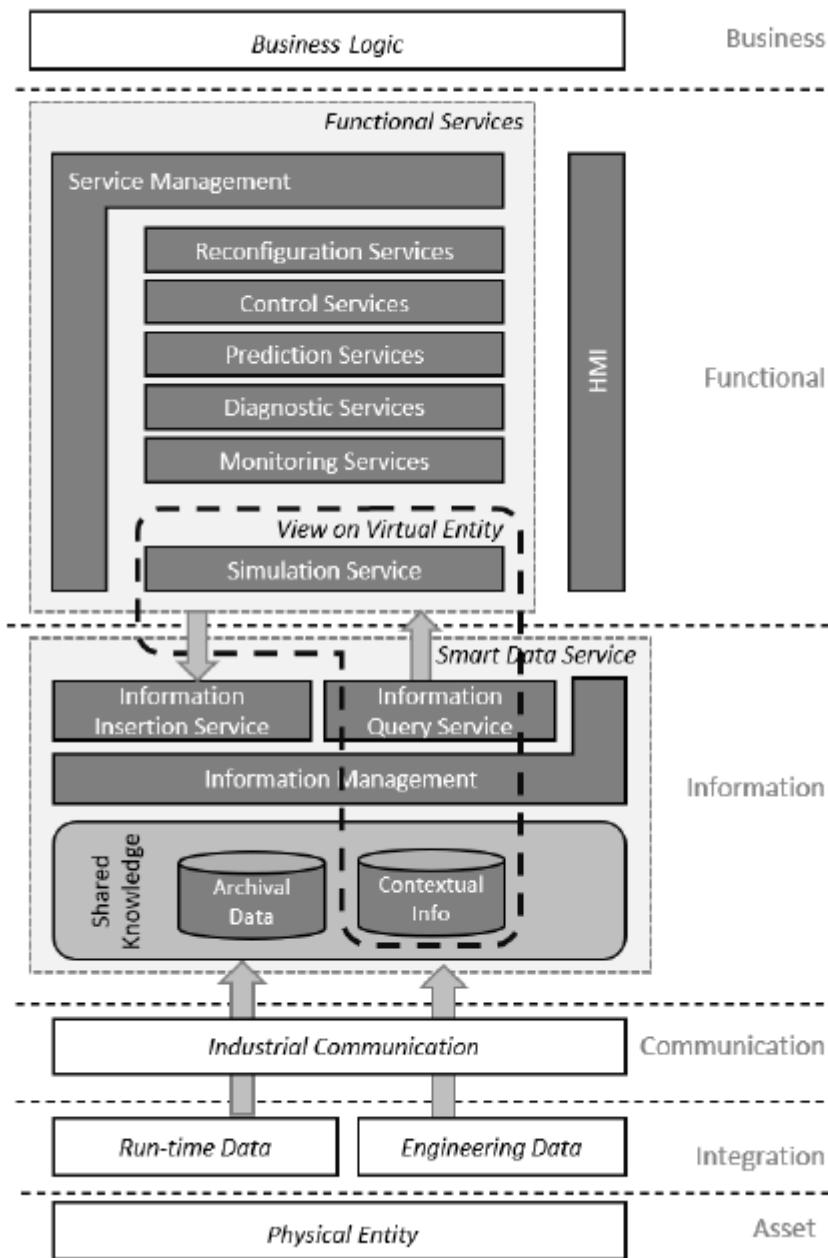


Crédito: Jefferson Schaneider.

É possível notar que os gêmeos digitais dependem de dados e serviços que são disponibilizados por outros sistemas. Quais seriam esses sistemas? Como os gêmeos digitais estão inseridos dentro do modelo de referência RAMI 4.0?

Novamente, Steindl et al. (2020) apresentam uma arquitetura relacionando as camadas, sistemas e os gêmeos digitais, conforme Figura 4.

Figura 4 – Arquitetura genérica – Gêmeos digitais



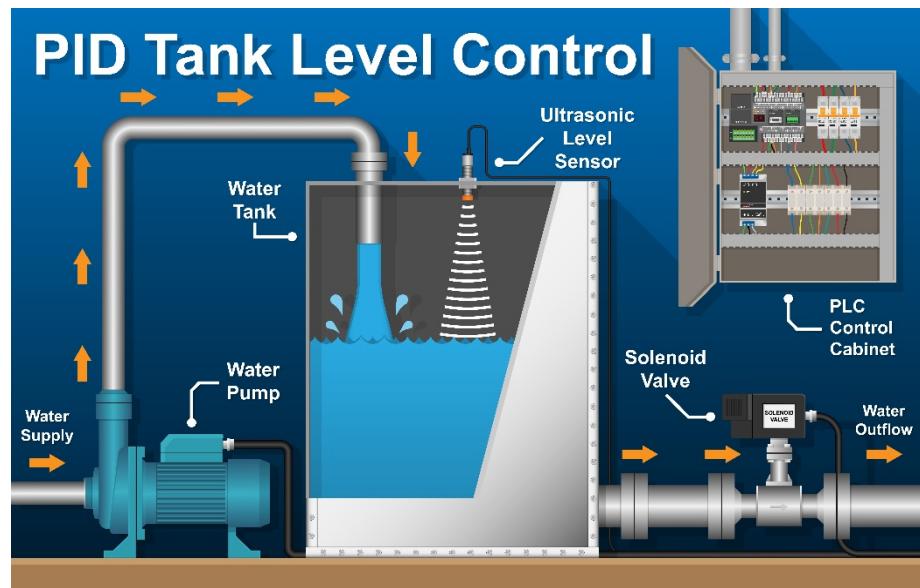
Fonte: Steindl et al., 2020.

O envio de dados da *entidade física* pode ocorrer por meio de protocolos de comunicação industriais, por OPC-UA ou por meio de protocolos de comunicação de IoT, conforme apresentado nas aulas anteriores.

Em alguns casos, os sistemas de supervisão e controle ou SCADA (em inglês, *Supervisory Control and Data Acquisition*) atuam como gateways para a coleta de dados entre equipamentos e dispositivos do chão de fábrica e os sistemas de análise de dados.

Os sistemas supervisórios permitem a atuação e o controle sobre os processos em tempo real. A comunicação ocorre por meio do uso de *drivers* de comunicação (de acordo com o protocolo) e/ou OPC.

Figura 5 – Interface de um sistema supervisório

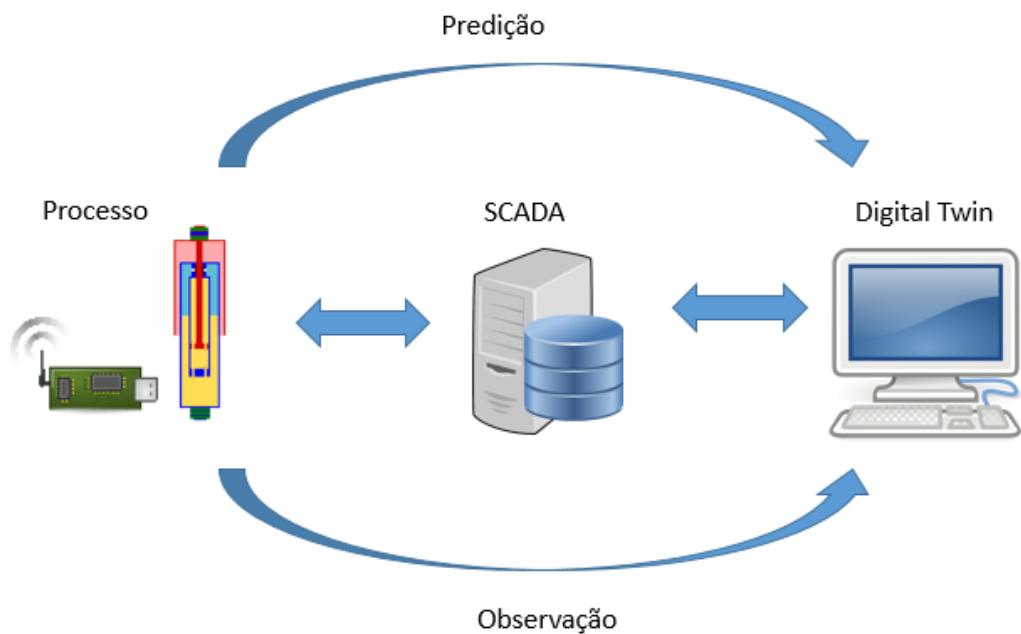


Crédito: Rumruay/Shutterstock.

De modo geral, os sistemas supervisórios são compostos por:

- Telas: interface gráfica, customizada de acordo com o processo;
- Histórico: responsável pela integração com o sistema de banco de dados, é o módulo que estabelece quais variáveis serão armazenadas;
- Alarmes e eventos: permite criar alertas em situações discrepantes ou atípicas de variáveis. Os alarmes envolvem situações que demandam a atuação do operador;
- Acesso remoto: permitem a supervisão e controle dos processos em tempo real, por meio de dispositivos móveis e pela web.

Figura 6 – Integração Digital Twin – SCADA



Crédito: Franco, 2021.

### TEMA 3 – GERENCIAMENTO DA INFORMAÇÃO

Além da aquisição de dados em tempo real, os gêmeos digitais usam os dados históricos que estão armazenados em banco de dados. Quanto mais dispositivos conectados, mais dados são gerados e usados para análise.

O *Big Data* é um conjunto de dados oriundos de diversas fontes, com grande volume e maior complexidade, ou seja, atende aos pré-requisitos de volume, variedade e velocidade.

- Volume: é necessário processar um grande volume de dados que possam ser de redes sociais, sistemas de gestão, dados de equipamentos e dispositivos, entre outros;
- Variedade: refere-se aos vários tipos de dados, tais como dados estruturados, de áudio, vídeo não estruturados, entre outros;
- Velocidade: é a taxa na qual os dados são recebidos e, em seguida, administrados. Com o IoT, a velocidade é muito alta, pois são sistemas operados em tempo real.

Figura 7– Conceito de *Big Data*

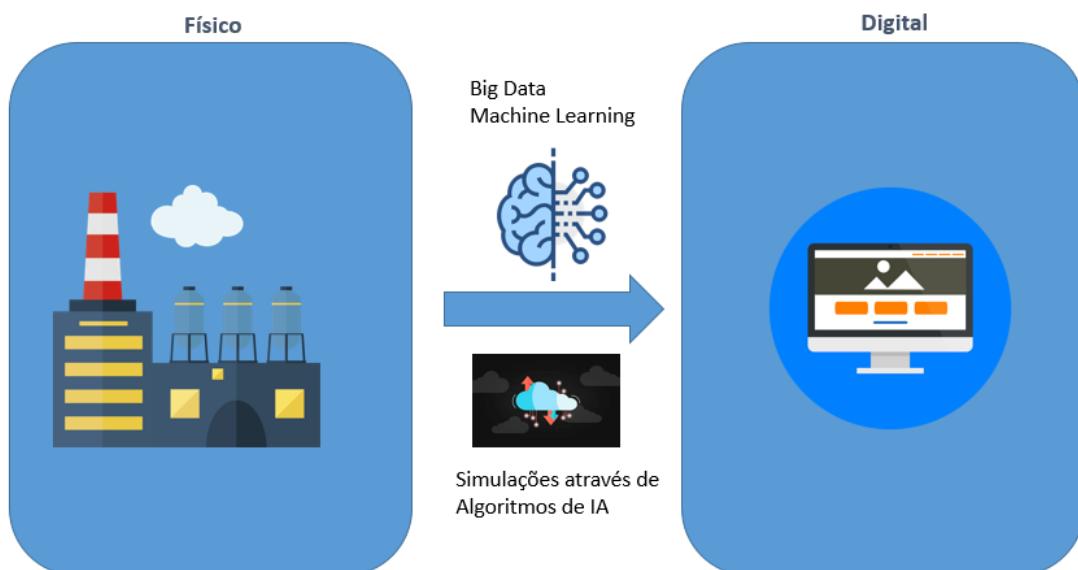


Crédito: Buffaloboy/Shutterstock.

As aplicações do *Big Data* são bastante diversificadas:

- Desenvolvimento de novos produtos e serviços;
- Manutenção preditiva;
- Avaliação e análise da experiência de consumidores;
- Segurança (prevenção e detecção de fraude);
- Aprendizado de máquina (*machine learning*);
- Eficiência operacional.

Figura 8 – Relação entre *Big Data* e *Digital Twin*



Crédito: Franco, 2021.

---

## TEMA 4 – ANÁLISE DAS INFORMAÇÕES

A análise dos dados brutos, com o intuito de transformá-los em informações relevantes é conhecido como *Data Analytics*. O grande volume de dados, o aumento do poder computacional, aliados às capacidades de minerar, organizar e estruturar dados, impulsionaram de forma significativa o uso de plataformas que combinam *Big Data* e *Data Analytics*.

É importante ressaltar que a análise de dados não é algo simples: os dados não são uniformes, as aplicações variam muito, ou seja, é necessário um profissional com experiência. É possível classificar a análise de dados em:

- Preditiva: é utilizada quando há a necessidade de antecipar valores. Neste tipo de análise, são usados modelos estatísticos nos dados históricos que mostram relações de causa e efeito;
- Prescritiva: é utilizada para aventar probabilidades diante de uma decisão e/ou ação;
- Descritiva: é utilizada para compreender uma situação presente e entender o que está ocorrendo, procurando identificar falhas;
- Diagnóstica: muito parecida com a análise descritiva, porém o principal objetivo é compreender o que ocorreu.

Os sistemas PIMS (em inglês, *Plant Information Management System*) são utilizados para a gestão das informações do processo e/ou planta. São sistemas que permitem eliminar as chamadas *ilhas de informações*, centralizando os dados, os quais serão convertidos em informações para análise. As informações (em tempo real e históricas) são exibidas em *dashboards*, permitindo que o usuário avalie e tome ações.

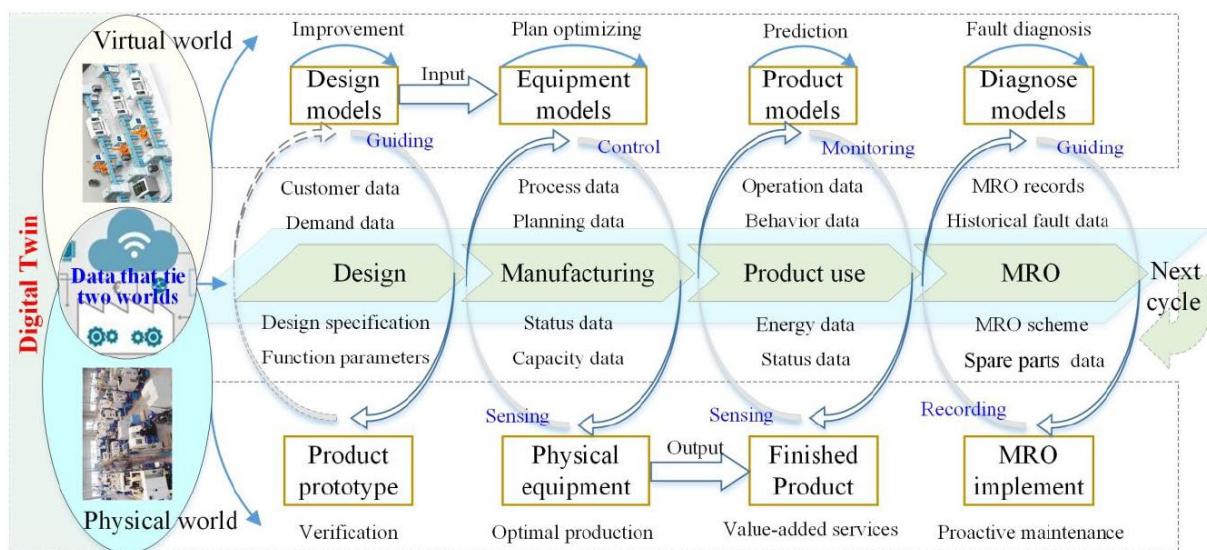
Figura 9 – Exemplo de *dashboard*



Crédito: Blue Planet Studio/Shutterstock.

Qi; Tao (2017) apresentam o uso de *Big Data* e *Digital Twins* em uma indústria de manufatura, conforme Figura 10.

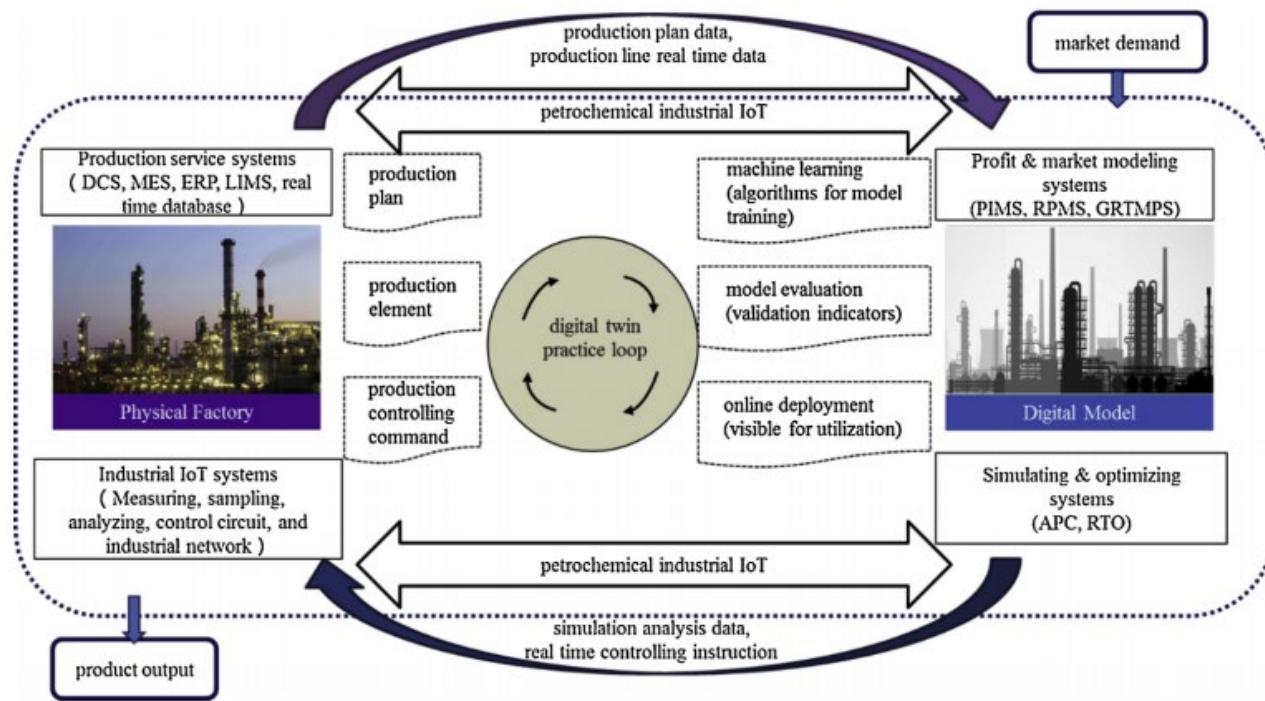
Figura 10 – Gêmeo digital na manufatura



Fonte: Qi; Tao, 2017.

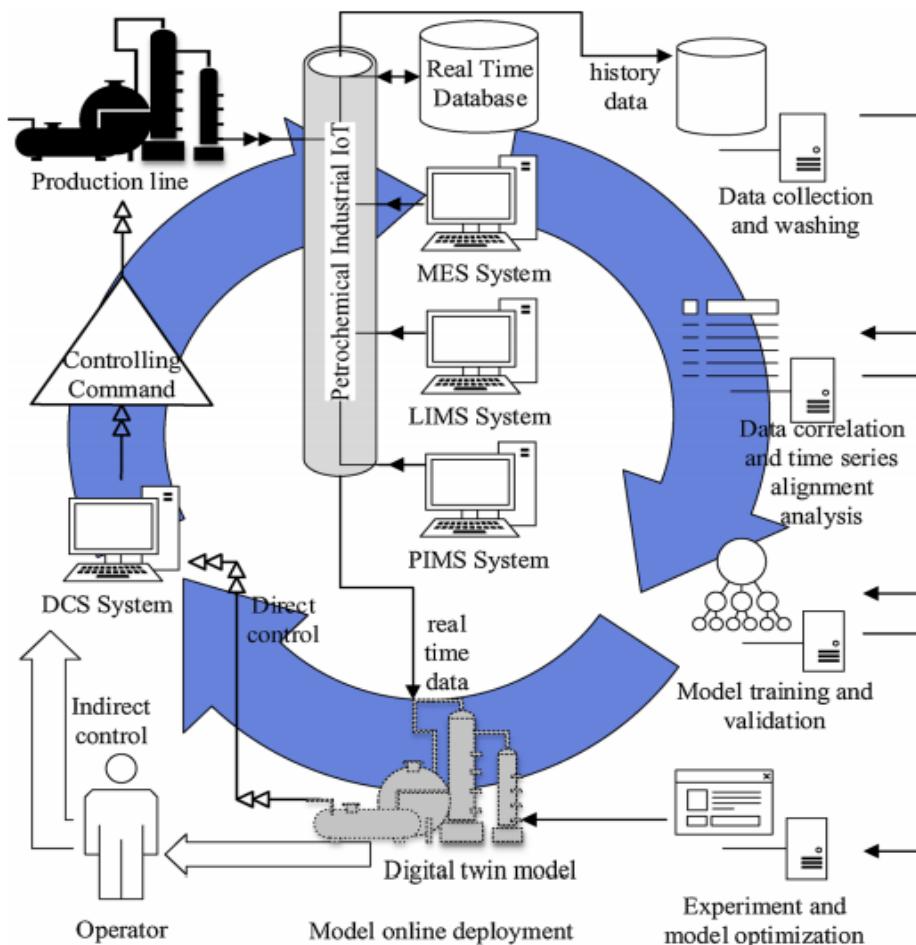
Um exemplo de aplicação de gêmeo digital e um sistema PIMS é apresentado por Min et al. (2019) em uma indústria petroquímica, conforme Figura 11.

Figura 11 – Aplicação de gêmeo digital e PIMS em uma indústria petroquímica



Fonte: Min et al., 2019.

Figura 12 – Uso de machine learning (PIMS) e gêmeo digital na indústria petroquímica

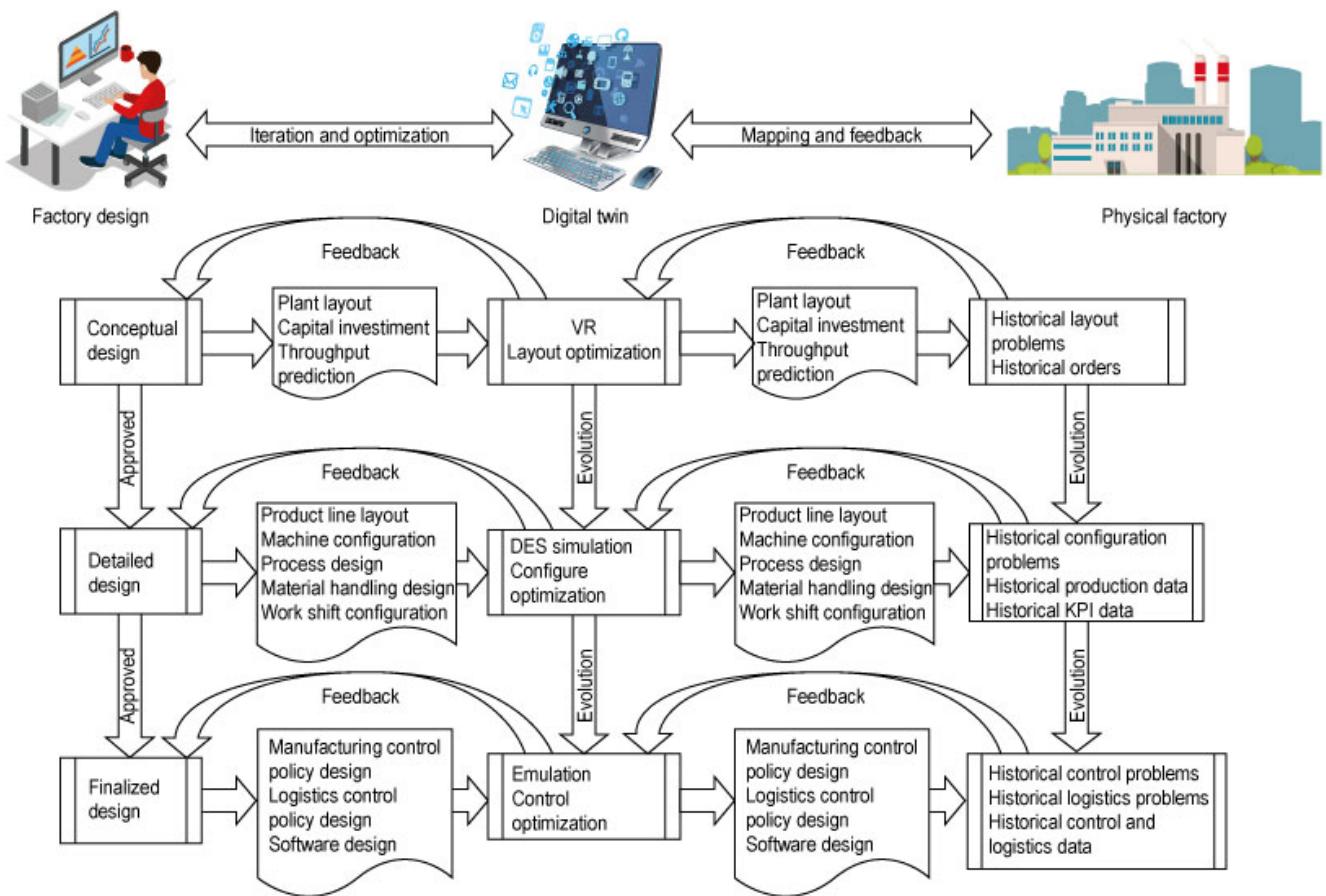


Fonte: Min et al., 2019.

## TEMA 5 – DIGITAL TWIN: APLICAÇÕES

Os gêmeos digitais podem ser aplicados aos mais variados setores e aplicações. Um gêmeo digital é desenvolvido para simular e avaliar a construção de uma nova fábrica, buscando a otimização de operações e alocação de materiais, conforme Zhao, Guo e Zhao, 2020).

Figura 13 – Fábrica



Fonte: Seantavio/Shutterstock; Kolopach/Shutterstock; Dukesn/Shutterstock.

Outro exemplo de aplicação é o uso em parques eólicos com o intuito de monitorar remotamente o desempenho dos aerogeradores e prever a geração de energia com base nas condições climáticas.

Na indústria de manufatura, são utilizados para validar os processos do chão de fábrica antes da produção. Em suprimentos, são usados para gerir recursos e frotas para minimizar riscos e atender às metas estabelecidas.

Em geral, podem ser usados para estimar o tempo de vida útil, detectar falhas antecipadamente e prever consequências futuras em operações e/ou processos.

---

## REFERÊNCIAS

LYDON, B. RAMI 4.0 Reference architectural model for Industrie 4.0. **InTech Magazine**, 2019.

MIN, Q. et al. Machine learning based digital twin framework for production optimization in petrochemical industry. **International Journal of Information Management**, v. 49, 2019.

QI, Q.; TAO, F. Digital Twin and Big Data towards smart manufacturing and Industry 4.0: 360 degree comparison. **IEEE Computer Society**, 15 jan. 2018.

STEINDL, G. et al. Generic Digital Twin Architecture for Industrial Energy Systems. **Applied Sciences**, v. 10, n. 24, p. 1-20, 2020.

VENTURELLI, M. RAMI 4.0: Modelo de Referência para Arquitetura da Indústria 4.0. **Automação Industrial**, 2 jun. 2021. Disponível em: <<https://www.automacaoindustrial.info/rami-4-0-modelo-de-referencia-para-arquitetura-da-industria-4-0/>>. Acesso em: 20 jun. 2021.

WANG, Y.; TOWARA, T.; ANDERL, R. Topological approach for mapping technologies in reference architectural model Industrie 4.0 (RAMI 4.0). Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science. **Anais...**, 2017. San Francisco, USA.

ZHAO, N.; GUO, J.; ZHAO, H. Digital twin driven factory design. **Digital Twin Driven Smart Design**, 2020.