



# GUIA DE CONVERGÊNCIA OT-IT

FEVEREIRO 2022



Apoio:

MINISTÉRIO DA  
CIÊNCIA, TECNOLOGIA  
E INOVAÇÕES



**Copyright** © 2022 Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás (IBP)

Todos os direitos reservados ao Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás (IBP).

A reprodução não autorizada desta publicação, por qualquer meio, seja total ou parcial, constitui violação da Lei nº 9610/98 (Lei de Direitos Autorais).

**Dados internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Elaborada pela biblioteca do Centro de Informação e Documentação Hélio Beltrão – IBP

I59 Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás  
Cartilha de convergência OT-IT [recurso eletrônico] / Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás. Comissão de Tecnologia e Inovação – Rio de Janeiro: IBP, 2022.  
42 p. : il. color.  
Formato: e-book em PDF.  
Modo de acesso: [www.ibp.org.br/biblioteca](http://www.ibp.org.br/biblioteca)  
ISBN 978-65-88039-09-0  
1. Tecnologia – Aplicações industriais. 2. Integração de aplicações corporativas (Sistemas de computação) II. IBP. III. Título  
CDD 658.27

[www.ibp.org.br](http://www.ibp.org.br)



**IBP - Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás**  
Avenida Almirante Barroso, 52 - 21º e 26 andares  
Centro, Rio de Janeiro-RJ – CEP: 20031-918  
Tel.: (+55 21) 2112-9000

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos a todos participantes deste Grupo de Trabalho e demais convidados, que participaram nas discussões realizadas ao longo dos dois anos de atividade do GT de Convergência OT - IT e, também, em especial, ao MCTI – Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovações, pelo apoio e divulgação do conteúdo deste Guia para diversos segmentos industriais do país.

### PARTICIPANTES

Coordenador: **Victor Venâncio**

Vice-coordenador: **Diogo Machado**

Gerente: **Melissa Fernandez**

EMPRESA	NOME
IHM Stefanini	Victor Venâncio
Petrobras	Diogo Machado
IBP	Melissa Fernandez
ABB	Antônio carvalho
ABTCP	Flavio Mine
Above NET	Marcelo Ramos
Altus	Leonardo Pinzon
ARC Advisory Group	Mauricio Kurcgant
Aveva	Igor Bento
Aveva	Tarcisio Romero
BIP Consulting	Murilo Gagheggi Maciel
BIP Consulting	Pedro Souza
Braskem	Andre Oliveira
Braskem	Daniel Morales
Braskem	Rafael Araújo
BW Offshore	Guilherme Miranda
Chemtech - Siemens	Laura Carrijo
Consultor	Sergei Beserra
Yokogawa	Eduardo ishikawa
Honeywell	Lilian Torres
Consultor Independente	João Pedro Almeida
Consultor Independente	Marcos Peluso
Copasa	Selma Capanema
Elera Renováveis	Marco Pitoco
Enauta	Leandro Kneip
EPC Engenharia	Ulisses Pires da Silva
Equinor	Anderson Marinho de Lima
FCC Fábrica Carioca de Catalisadores	Kleyson Teixeira
Honeywell	Rogério Oliveira
i41Tech	Marcos Augusto Donega
Instituto de Pesquisa Eldorado	Janaina Ruas

EMPRESA	NOME
Ipiranga	Luiz Pedro Ramalho
KBC	Carlos Ruiz
KBC	Eider Prudente de Aquino
KBC	Sebastian Cuneo
LDS Engenharia e Automação	Nathan de Medeiros
Liquidypower Automation	Murillo dos Santos Campista
Microsoft	Claudio Makarovsky
MSA Safety	Dionisio Vieira
MSA Safety	Felipe Krejci
Ocyan	Fabiano Sales Souza
Ocyan	Rodrigo Chamusca
Open Group	Roberto Severo
Oracle	Gustavo Rangel
Pepperl-Fuchs	Fábio Ikeda
Petrobras	Luiz Octavio Vieira Pereira
PetroRio	Carolina Hoffman
Radix Engenharia	Marcus Vinicius Gomes Abreu
Schneider Electric	Flavio Bemelmans
Schneider Electric	Juio Takai
Sensia	Marcelo Inojosa
Shell	Luiz Cançado
SIS Silverstone	Mônica Hochleitner
Smar	Libânio de Souza
Smar	Ricardo Turazzi
SNEF	Elcio Pasqualucci
Subsea7	Leonardo Lisboa
Surge Engineering	Charlie Souza
TBG	Jorge Cleber
Transpetro	Mateus Cabral
USE	José Guilherme de Carvalho

# APRESENTAÇÃO

A transformação digital é um assunto desafiador que, dependendo da área de atuação do profissional, possui diferentes interpretações.

As organizações de base industrial, ou seja, empresas pesadas em ativos, diferente daquelas leves em ativos, como as nativas digitais, *big techs*, entre outras, requerem uma abordagem mais específica que consiga endereçar os problemas e necessidades da transformação digital de forma consistente e aderente à realidade desse tipo de organização.

O setor de óleo e gás, assim como diversos outros segmentos industriais, como o químico, petroquímico, papel e celulose, mineração, siderurgia, entre outros com processos extrativistas ou de transformação, possuem sistemas legados que já operam há anos em suas plantas industriais e precisam de uma estratégia que consiga extrair mais valor desses sistemas já instalados.

A estratégia de transformação digital numa organização de base industrial, começa pela integração de dados dos sistemas isolados existentes. Esses sistemas estão presentes na área industrial, onde são chamados de sistemas de *operation technologies* (OT), e na corporativa, recebem o nome de *information technologies* (IT).

A convergência OT-IT visa justamente integrar esses dados que estão dispersos pela organização, para que sejam usados estrategicamente e gerem valor para o negócio.

Entretanto, somente investir em tecnologia não é suficiente para executar a transformação digital em uma organização de base industrial. Este trabalho traz uma visão estratégica de como atuar nos três pilares fundamentais da transformação digital: tecnologia, processos e cultura, impactando as três dimensões organizacionais: back, middle e *front offices*.

Este trabalho foi resultado de um esforço de co-criação de mais de 100 profissionais atuantes na área industrial e corporativa, representando mais de 70 empresas provedoras de soluções OT e IT, consultorias, instituições de pesquisa, academia, indústrias etc., liderado pelo IBP, sendo parte dos direcionadores estratégicos do conselho de transformação digital para o setor.

Esperamos que este relatório sirva de motivador para as empresas executarem a transformação digital em sua plenitude e ajudem a melhorar a competitividade das empresas atuantes no Brasil.

**Victor Venâncio**

*Coordenador do GT de Convergência OT-IT do  
Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás (IBP)  
e Head of Digital Transformation LatAm da IHM Stefanini Group*

**Diogo Lino Machado**

*Vice Coordenador do GT de Convergência OT-IT do  
Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás (IBP)  
e Gerente de TI para Midstream da Petrobras*

**Melissa Fernandez**

*Gerente de Tecnologia e Inovação do  
Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás (IBP)*

# SUMÁRIO

<b>Apresentação</b> .....	4
<b>1. Objetivo do GT de convergência OT-IT</b> .....	8
<b>2. Por que este GT sobre convergência OT-IT?</b> .....	9
<b>3. Resumo executivo</b> .....	10
<b>4. Contexto</b> .....	11
<b>5. Terminologia</b> .....	15
5.1 Tecnologia operacional ( <i>operational technology</i> - OT) .....	15
5.2 Tecnologia da informação ( <i>information technology</i> - IT) .....	15
5.3 Convergência OT-IT .....	15
5.4 Digitalização .....	16
5.5 Indústria 4.0 .....	16
5.6 Sistema de Informações Geográficas (GIS) .....	16
5.7 Transformação digital .....	17
<b>6. Visão estratégica da transformação digital</b> .....	18
<b>7. Competitividade e inovação</b> .....	20
<b>8. Geração de valor e vantagens competitivas</b> .....	22
<b>9. A convergência OT-IT no contexto da transformação digital</b> .....	23
9.1 Transformação digital: conceito fundamental .....	23
9.2 Transformação digital: pilar da tecnologia .....	23
9.3 Pilar tecnologia: automação .....	24
9.4 Pilar tecnologia: indústria 4.0 .....	25
9.5 Pilar tecnologia: convergência OT-IT .....	25
9.5.1 Separações organizacionais e tecnológicas entre IT e OT .....	29
9.6 Transformação digital: pilar processos .....	34
9.7 Transformação digital: pilar cultura .....	34
9.7.1 Cultura organizacional orientada para a transformação digital .....	35
9.8 Transformação digital: estrutura organizacional .....	35
9.9 <i>Digital engineer</i> : o engenheiro digital .....	36
<b>10. Framework de execução da transformação digital</b> .....	38
<b>11. Conclusão</b> .....	40
<b>Referências</b> .....	41

# LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Infográfico: o valor da convergência OT-IT .....	10
<b>Figura 2</b>	Três dimensões organizacionais em uma empresa de base industrial .....	12
<b>Figura 3</b>	Estrutura do Conselho de Transformação Digital do IBP 2020/2021 ....	13
<b>Figura 4</b>	Maturidade digital das organizações de base industrial em 2021 .....	14
<b>Figura 5</b>	Impacto das ondas de mudança tecnológica nas nações .....	21
<b>Figura 6</b>	Curva de geração de valor .....	22
<b>Figura 7</b>	Tecnologias emergentes da indústria 4.0 .....	25
<b>Figura 8</b>	Convergência OT-IT .....	26
<b>Figura 9</b>	Estrutura da norma ISA-95 .....	27
<b>Figura 10</b>	Diferenças a considerar na convergência OT-IT .....	28
<b>Figura 11</b>	De onde vêm os dados de IT e OT .....	29
<b>Figura 12</b>	Convergência organizacional OT e IT .....	29
<b>Figura 13</b>	Organograma de uma empresa típica, com os departamentos de OT e IT separados .....	30
<b>Figura 14</b>	Organograma de uma empresa típica, com os departamentos de OT e IT integrados .....	30
<b>Figura 15</b>	Convergência das arquiteturas de OT e IT .....	31
<b>Figura 16</b>	Convergência OT-IT na camada <i>EDGE computing</i> .....	31
<b>Figura 17</b>	Arquitetura típica de sistemas de automação industrial utilizados na terceira revolução industrial .....	32
<b>Figura 18</b>	Arquitetura típica de sistemas de automação industrial convergindo com sistemas corporativos da quarta revolução industrial .....	32
<b>Figura 19</b>	Arquitetura típica com convergência OT-IT total .....	33
<b>Figura 20</b>	Diferenças entre arquiteturas com sistemas proprietários e abertos .....	33
<b>Figura 21</b>	Dimensões culturais que impactam a execução da transformação digital .....	35
<b>Figura 22</b>	Dimensões culturais que impactam a execução da transformação digital .....	36
<b>Figura 23</b>	<i>Framework</i> de transformação digital .....	39

# LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

<b>AI</b>	Artificial Intelligence
<b>B2B</b>	Business to Business
<b>B2C</b>	Business to Consumers
<b>CA</b>	Conselho de Administração
<b>D&amp;A</b>	Data & Analytics
<b>ERP</b>	Enterprise Resource Planning
<b>ESG</b>	Environmental, Social & Governance
<b>GIS</b>	Geographic Information Systems
<b>ICS</b>	Industrial Control Systems
<b>ISA</b>	International Society of Automation
<b>IT</b>	Information Technology
<b>MCTI</b>	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações
<b>MES</b>	Manufacturing Execution System
<b>ML</b>	Machine Learning
<b>ODS</b>	Objetivo de Desenvolvimento Sustentável
<b>OPC</b>	Open Platform Communication
<b>OPC-UA</b>	Open Platform Communication-Unified Architecture
<b>OT</b>	Operational Technology
<b>RPA</b>	Robotic Process Automation
<b>TA</b>	Tecnologia de Automação
<b>TIC</b>	Tecnologia da Informação e Comunicações

Um rico material complementar a este glossário sobre o tema, encontra-se disponível neste link da empresa Gartner: <https://www.gartner.com/en/glossary>

# 1 OBJETIVO DO GT DE CONVERGÊNCIA OT-IT

Promover o encontro de profissionais atuantes em IT e OT para debater as lacunas que impedem uma efetiva arquitetura integrada (convergência) dos sistemas OT e IT, visando desenhar recomendações para implementação de estratégias que podem ser adotadas pelas empresas para esta integração.

Na busca de maneiras para identificar e promover as melhores práticas para execução da convergência OT-IT, usando conhecimento de seus integrantes, representantes das empresas atuantes na cadeia de valor de O&G e fornecedores de tecnologias de automação (industrial e corporativa), foi elaborado este Guia como norteador da implementação desta convergência OT-IT.

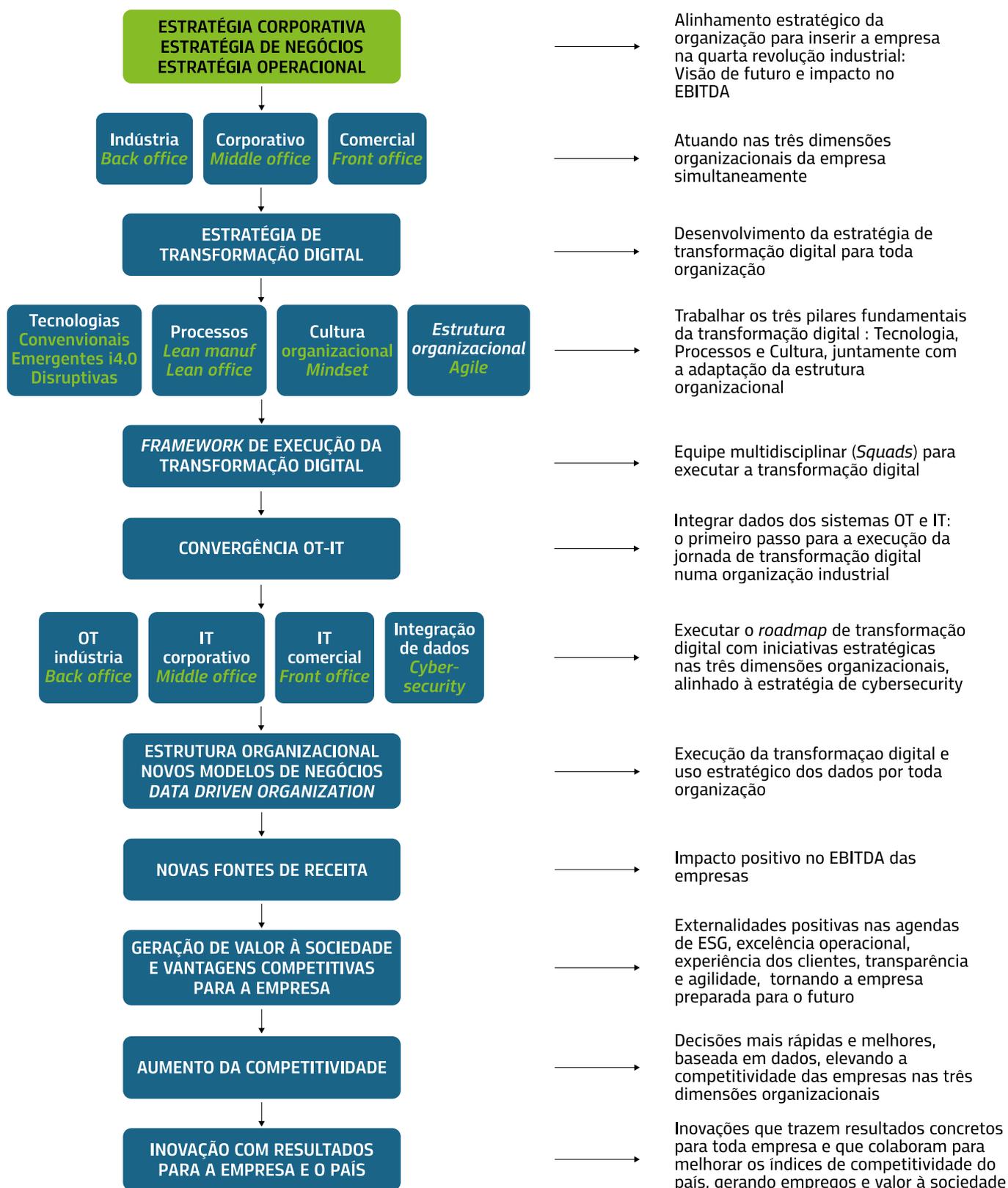
## 2 POR QUE ESTE GT SOBRE CONVERGÊNCIA OT-IT?

Os departamentos e sistemas das camadas OT (operational technology) e IT (information technology) trabalham, na maioria das empresas, de forma independente e desconectada. A automação, seja na área industrial ou corporativa, esteve sempre presente na camada da estratégia operacional das empresas, mas nem sempre nas agendas das estratégias corporativas. Tanto no chão de fábrica, como no escritório do corporativo, as organizações operam uma quantidade expressiva de dados que podem gerar valor adicional ao negócio. A revista *The Economist*, na edição histórica de outubro de 2017, nos lembra que os "dados são os recursos mais valiosos do mundo", o novo petróleo. Nas organizações de base industrial, a gestão de dados em toda a cadeia de valor pode representar a diferença entre operar com margens mais confortáveis ou restritas. Conforme o Fórum Econômico Mundial (2019), a transformação digital pode destravar negócios de cerca de US\$ 1,6 trilhão no mundo, somente no setor de óleo & gás.

No contexto da transformação digital, onde os dados são a base para o desenho das estratégias de geração de valor e criação de vantagens competitivas sustentáveis, ter uma gestão dos dados das camadas OT e IT, de forma integrada e orientada ao negócio da empresa, se torna imprescindível, sendo, portanto, a convergência OT-IT, **o primeiro passo para a transformação digital em organizações de base industrial.**

### 3 RESUMO EXECUTIVO

Figura 1 – Infográfico: o valor da convergência OT-IT



Fonte: Elaborado pelos autores.

## 4 CONTEXTO

Os diferentes setores da economia estão passando por uma transformação em diversos sentidos, seja pela necessidade das nações de cumprir a Agenda 2030 para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), seja pelo desenvolvimento de novas tecnologias digitais, ou mesmo pelas novas necessidades e expectativas da sociedade. Particularmente, no setor de energia, os ODS da Agenda 2030 incluem a transição energética com o aumento da participação das energias renováveis na atual matriz energética, a melhoria da eficiência energética, bem como a modernização da tecnologia para fornecimento universal de serviços de energia modernos, confiáveis e a preços acessíveis.

A transformação digital está impactando as cadeias de valor nos mais diversos segmentos de mercado e com o setor de energia não seria diferente. Direcionadores do setor de energia, conhecidos como os 4Ds (digitalização, descentralização, democratização do acesso à energia e descarbonização), impulsionam a adoção de tecnologias de forma cada vez mais intensiva, e trazem desafios aos modelos de negócios que essa indústria sempre adotou até então. Especificamente no setor de O&G, onde a variação do preço do barril a nível global, geopolítica conturbada entre importantes países produtores de petróleo e questões regulatórias impactam os resultados, a tecnologia passa a ser uma das principais ferramentas para a obtenção de vantagens competitivas, ou mesmo sobrevivência para as organizações atuantes nessa cadeia de valor.

Nesse contexto, a transformação digital requer uma estratégia específica, alinhada à estratégia corporativa, que analise o cenário atual e trace objetivos de como avançar em uma jornada transformacional que conecte os pontos para inserir a organização na quarta revolução industrial. Tal movimento é incentivado por diversos atores relevantes no assunto, entre eles o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), que desenvolveu a Estratégia Brasileira para a Transformação Digital e a câmara brasileira da indústria 4.0, o IBP através do conselho de transformação digital, entre outras iniciativas.

Criar estratégias é algo em que empresas de consultoria especializadas podem ajudar bastante. Estas possuem metodologias, conhecimento e valioso benchmark de mercado, mas executá-las, particularmente no caso das organizações de base industrial, requer o suporte de empresas especializadas em instrumentação, automação, integração de sistemas, robótica, data analytics, cybersecurity, RPA (entre outras tecnologias emergentes), revisão de processos (lean experts) e especialistas em change management e cultura organizacional, atuando de forma orquestrada.

Se ainda não houver uma estratégia de transformação digital em sua empresa ou algum membro do conselho de administração que domine o assunto da transformação digital, há necessidade de um debate urgente sobre o assunto, pois não há transformação digital sem o suporte da liderança da empresa (Conselho de Administração, C-Levels, diretores) e de toda a equipe (gerentes, colaboradores e terceirizados).

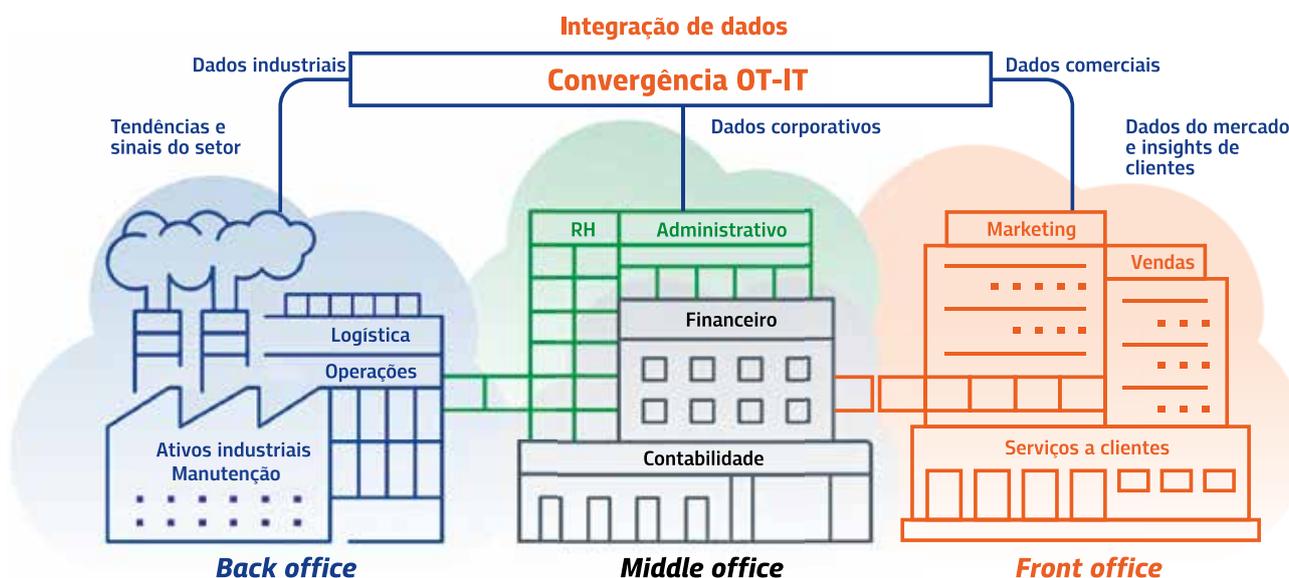
Igualmente importante, é a liderança da empresa ter um claro entendimento se o objetivo é digitalizar as operações somente, para redução de custo operacional na camada do departamento, implementar tecnologias emergentes da indústria 4.0 visando à excelência operacional na indústria, ou a transformação digital, para desenvolver novos modelos de negócios, criar novas fontes de receitas

e uma nova relação com os clientes e partes interessadas, impactando toda cadeia de valor, onde a tecnologia seria um dos habilitadores.

Os avanços tecnológicos são exponenciais, seguindo o crescente poder de computação, avanços de software, inteligência artificial, comunicações e queda dos preços de componentes microprocessadores usados nos sensores. Novas tecnologias foram adotadas em aplicativos, incluindo smartphones, jogos, realidade virtual, compras online, mecanismos de busca, reconhecimento de voz e chatbots, reduzindo drasticamente o custo de implementação das tecnologias. Ao mesmo tempo, as mudanças no ambiente de negócios estão sendo impulsionadas por uma série de fatores, entre eles:

- » entende-se que há um reconhecimento mundial de que o baixo custo de mão de obra não representa mais a garantia de uma estratégia vencedora. Os elementos de valor entregues aos clientes determinam o quanto estariam dispostos a pagar por seu produto;
- » a tecnologia de manufatura/indústria não está avançando no mesmo ritmo dos sistemas de consumo e de negócios;
- » os avanços da tecnologia estão criando oportunidades para melhorias consideráveis na manufatura;
- » a sincronização em tempo real dos processos empresariais (IT) e industriais (OT) é reconhecida como um meio de ser mais competitivo:
  - a análise em tempo real oferece maior produtividade e aumento dos lucros;
  - integrar os dados das três dimensões organizacionais (*back, middle e front offices*) de uma empresa de base industrial é vital para o crescimento e perpetuidade dos negócios (*back office* = área industrial e operações, *middle office* = área corporativa, *front office* = área comercial e serviços).

**Figura 2 – Três dimensões organizacionais em uma empresa de base industrial**



Fonte: Adaptado de Yokogawa.

Um dos maiores desafios para a transformação digital é como extrair mais valor do enorme volume de dados gerados tanto na área industrial (OT) como na área corporativa e comercial (IT), medindo o retorno sobre o investimento realizado com essas iniciativas.

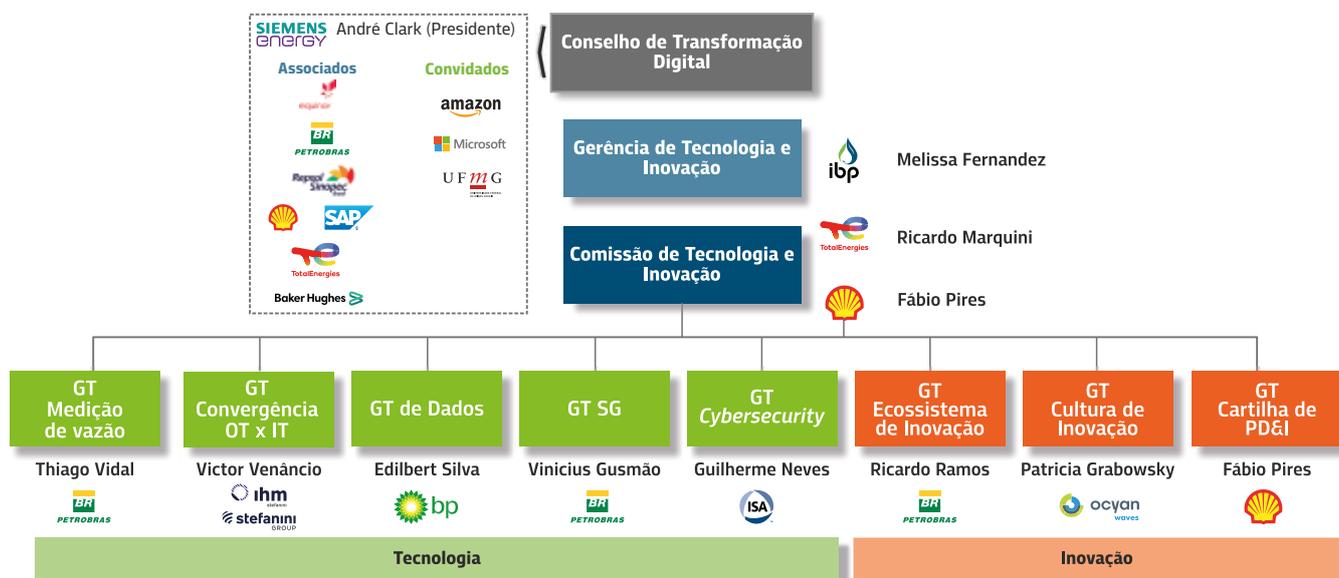
O setor industrial é heavy asset, ou seja, pesado em ativos e não são organizações digital native, ou seja, conduzir uma jornada de transformação digital em uma organização de base industrial requer múltiplas competências, que relacionam temas de tecnologia, processos e cultura, trazendo a necessidade de profissionais das mais diversas áreas do conhecimento, atuando colaborativamente.

O Conselho Consultivo de Transformação Digital do IBP, ciente dessa necessidade urgente para o setor de óleo & gás, demais segmentos industriais e da nação, elencou alguns tópicos relevantes, onde a convergência OT-IT é um desses assuntos estratégicos para alavancar a competitividade das empresas.

Os oito grupos de trabalho em andamento visam trazer *insights* importantes para a cadeia de valor do setor de óleo e gás, com tópicos de tecnologia e inovação que impactam a competitividade das empresas.

Este trabalho visa colaborar com o setor de óleo e gás, mas certamente poderá ser útil a qualquer outro setor que possua ativos industriais, como petroquímico, papel e celulose, alimentício, açúcar e álcool, farmacêutico, saneamento etc.

**Figura 3 – Estrutura do Conselho de Transformação Digital do IBP 2020/2021**



Fonte: Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás, 2020.

Como herança do período da terceira revolução industrial, muitas empresas ainda possuem estrutura organizacional mecanicista, baseada na hierarquia, poder, controle e burocracia, que acabam por criar silos organizacionais, os quais dificultam a agilidade que elas precisam ter para executar a transformação digital.

Departamentos de exploração, perfuração, produção e operações usam sistemas dos mais diversos fornecedores e armazenam seus dados de formas distintas em muitos dos casos. A crescente necessidade de colaboração entre os departamentos e suas equipes, facilitada pela adoção de tecnologias que propiciam o gerenciamento adequado de dados, permite uma sinergia maior entre estes silos organizacionais, entretanto, na implementação da transformação digital, há de se usar esses dados de forma estratégica, considerando os aspectos da cultura organizacional, como os processos são realizados, e como podem impactar positivamente os negócios da empresa.

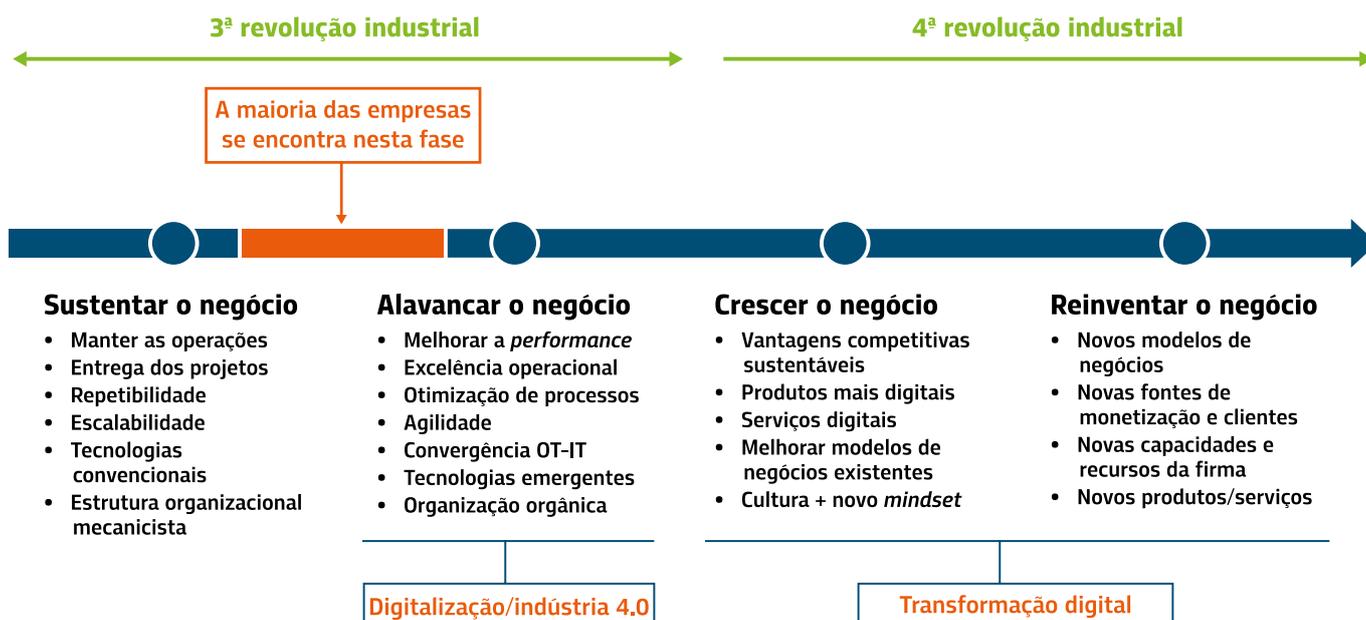
Com um número cada vez maior de sensores instalados nessas operações, uma análise integrada dos dados do reservatório e da perfuração pode gerar *insights* valiosos para a gestão dos negócios no sistema *enterprise resource planning* (ERP), por exemplo.

A hiperautomação, a hiperconectividade, equipamentos e sistemas inteligentes trouxeram o conceito dos "engenheiros digitais". Uma denominação criada para os profissionais que possuem visão multidisciplinar holística e que participam ativamente das jornadas pela transformação digital nas organizações de base industrial.

A convergência OT-IT que conecta dados dos sistemas de IT e de OT, permitindo o fluxo de dados por toda a organização, tornando a empresa *data driven* (orientada a dados).

Usar estrategicamente os dados para aumentar o valor que estes sistemas podem entregar ao negócio, a união de profissionais com diversas habilidades, tanto da área industrial como corporativa e comercial, a presença do engenheiro digital, todo o ecossistema de inovação aberta e o papel dos mais diversos *stakeholders* numa jornada de transformação digital, são parte integrante deste documento, onde a convergência OT-IT é o primeiro passo numa jornada de transformação digital para organizações de base industrial.

Figura 4 – Maturidade digital das organizações de base industrial em 2021



Fonte: Adaptado de Gartner.

## 5 TERMINOLOGIA

### 5.1 Tecnologia operacional (*operational technology - OT*)

A tecnologia operacional, OT no termo em inglês, em algumas empresas também chamada de *industrial control systems* (ICS), ou mesmo tecnologia de automação (TA), é definida como os *hardwares* e *softwares* dedicados a detectar ou causar mudanças nos processos industriais com suas variáveis físicas (pressão, vazão, temperatura, nível, TOG, umidade, pH etc.) por meio do monitoramento ou controle, incluindo máquinas, robôs, linhas de produção, válvulas, bombas e outros elementos de produção. O controle dos processos de produção é realizado em tempo real, de forma automática e os sistemas historiadores acumulam os dados operacionais.

Esses sistemas normalmente se comunicam usando redes de controle industrial, como Modbus, EtherNET/IP, Profinet e EtherCAT, Profibus, FieldBus Foundation, OPC, entre outras, ou ainda usando redes *wireless* conforme a norma ISA100, WirelessHART ou redes proprietárias. Todos os sistemas de controle e gestão das atividades operacionais da empresa, como controle de processos e ativos industriais, logística, manutenção, Geographic Information System (GIS), entre outros, são considerados sistemas OT.

### 5.2 Tecnologia da informação (*information technology - IT*)

Tecnologia da informação, IT no termo em inglês, é o uso de computadores para armazenar, recuperar, transmitir e manipular dados ou informações da área corporativa e comercial das empresas. A TI é usada no contexto de operações de negócios, representada, pelo sistema ERP, servidores (*on premise* ou *cloud*), entre outros. Em algumas organizações também pode ser identificada como tecnologia da informação e comunicação (TIC). Um sistema de tecnologia da informação (TI) inclui todo o *hardware*, *software* e equipamento periférico, a ser operado por um determinado grupo de usuários.

### 5.3 Convergência OT-IT

A convergência de OT-IT promove uma visão única das informações de uma organização por inteiro, integrando dados relevantes das três dimensões organizacionais (*back, middle* e *front offices*).

Disponibiliza dados em tempo real e históricos que, organizados num *data lake*, mediante algoritmos de inteligência artificial, *machine learning* e *data analytics*, os convertem em informações que possibilitam aos executivos tomarem decisões melhores e mais rápidas, permitindo desenhar estratégias para gerar melhorias operacionais, aumentar a eficiência, reduzir os custos de produção, entregar uma melhor experiência aos clientes e tornar a empresa uma organização orientada a dados (*data driven organization*).

Como dados são a fonte de um processo de transformação digital, entende-se a convergência OT-IT como o primeiro passo dessa jornada numa organização de base industrial.

As áreas de IT e OT tradicionalmente se apresentam em dois departamentos distintos nas organizações, onde quase toda a comunicação, *hardware* e *software* são específicos para cada um, resultando em uma integração complexa de ser executada, seja entre os dados dos sistemas de IT & OT, ou em seus respectivos profissionais.

Uma nova arquitetura, possibilitada pela proliferação de padrões de comunicação, processadores poderosos, serviços da web e *software* de código aberto, fornece um ambiente comum para colaboração e integração de IT e OT. Essas áreas agora, compartilham fundamentos em comunicações e arquitetura de rede, o que simplifica o fluxo de dados entre sistemas, portanto, o distanciamento tecnológico entre IT e OT está sendo eliminado gradativamente. A empresa que executar esta convergência OT-IT, estará um passo à frente das demais empresas competidoras.

As novas arquiteturas integradas de manufatura (OT) e empresarial (IT), integram funções dos *softwares* de *middleware* de chão de fábrica em dispositivos da camada EDGE, corporativo e computação em nuvem.

A convergência OT-IT possibilita monitorar ativamente o desempenho dos sistemas e dispositivos de campo, máquinas complexas e seus subcomponentes, visando entender melhor a operação e o processo de fabricação, contribuindo para programas de melhoria contínua mais eficazes. Além disso, haverá maior confiança nos dados oriundos da produção industrial, do corporativo e do mercado, que permitirão melhorar as previsões e a tomada de decisão.

## 5.4 Digitalização

A digitalização acontece há alguns anos e é representada pela conversão de sinais gerados por sensores analógicos em sinais digitais, ou mesmo atividades antes executadas manualmente em planilhas que passaram a ser realizadas por computadores. Basicamente, tornam os mesmos processos antes existentes, em digitais somente.

A digitalização é uma das características da indústria 3.0 e a maioria das empresas na América Latina ainda está nessa era. O que ocorre atualmente, é que há um crescimento exponencial nesse processo de digitalização nas empresas devido à redução do custo dos sensores, facilidade de armazenamento de dados nas nuvens e da evolução da eletrônica digital para processar esses dados, além das novas e poderosas ferramentas de hardware e software que estão disponíveis no mercado. A digitalização é um habilitador para a transformação digital, que impacta a eficiência dos departamentos das empresas.

## 5.5 Indústria 4.0

A indústria 4.0 trata da adoção de tecnologias emergentes que, juntas ou isoladamente, proporcionam melhores desempenhos operacionais, comerciais, ou mesmo de segurança às organizações.

Dentre essas tecnologias, destacam-se o *robotic process automation* (RPA), *machine learning* (ML), *artificial intelligence* (AI), *cognitive intelligence*, *big data & analytics*, integração de sistemas (OT + IT *convergence*), *digital twin* (gêmeos digitais para simulação), impressão 3D, IoT/IIoT, *edge computing*, *cloud computing*, *ERP cloud* e *cybersecurity* (OT + IT).

As tecnologias emergentes da indústria 4.0 impactam a produtividade da empresa como um todo. Essas tecnologias são habilitadoras para a transformação digital.

## 5.6 Sistema de Informações Geográficas (GIS)

Sistema de informações geográficas integram dados do campo, dispersos geograficamente, e os armazenam em bases históricas, trazendo dados das coordenadas geográficas dos ativos, interface

visual intuitiva com indicação mais próxima da realidade, integrando ativos e suas localizações dinâmicas, podendo reduzir os custos envolvidos na gestão dos ativos, principalmente nas atividades que envolvem grandes deslocamentos de equipes de manutenção ou atuação remota.

## 5.7 Transformação digital

O termo transformação digital possui diferentes significados, dependendo da área de atuação do profissional, sua formação e o setor onde a empresa está inserida. Para o fornecedor de equipamentos, instrumentos e sistemas, transformação digital significa substituir toda a instrumentação e sistemas de controle antigos por um novo sistema. Para o fornecedor de armazenamento nas nuvens, transformação digital significa levar todos os dados, o ERP e o ICS para as nuvens. Para a área de *marketing*, transformação digital é estar *omnichannel* em todas as plataformas, ter um belo *e-commerce*, e assim por diante.

Porém, a transformação digital em uma organização de base industrial, tem uma conotação específica, que envolve tecnologia (emergente, convencional e disruptiva), otimização de processos (indústria, corporativo e comercial) e adaptação da cultura organizacional, transformando os modelos de negócios, agilizando os processos (lean thinking), e trazendo competências essenciais para alavancar novas oportunidades que geram novas fontes de receitas para a empresa. A transformação digital impacta toda cadeia de valor onde a empresa está inserida.

Transformação digital não é somente sobre tecnologia. O foco é no negócio e orientado às necessidades dos clientes (*customer-centric organization*). No setor de óleo e gás, estamos falando majoritariamente numa relação B2B, o que torna essa percepção para os profissionais da empresa, ainda mais difícil. A cultura dos profissionais precisa ser adaptada. B2C seria somente para a área de venda de combustíveis e lubrificantes aos consumidores finais.

A transformação digital impacta o processo de gestão de negócios, daí a necessidade de sempre termos um grupo multidisciplinar envolvido na jornada pela transformação digital, juntamente com a área de operações industriais, IT, *supply chain*, manutenção, logística etc.

Há necessidade do engajamento da liderança das empresas e deve constar explicitamente na estratégia corporativa da empresa, sendo apoiada pelo conselho de administração(CA) e devidamente compartilhada por todos os níveis gerenciais e operacionais da empresa.

É fundamental a empresa destacar um líder para a jornada pela transformação digital, que será o responsável por cada passo na jornada. Pode ser um profissional de IT ou OT, ou mesmo da área de negócios da empresa, porém, o mais importante é que esse profissional tenha entendimento das três dimensões organizacionais da empresa, que mantenha regras claras de governança, KPIs bem definidos e mentalidade para trabalhar num ambiente de inovação aberta. Este é o perfil de um *digital engineer*.

## 6 VISÃO ESTRATÉGICA DA TRANSFORMAÇÃO DIGITAL

A indústria de óleo e gás, assim como outros setores da economia, vive uma realidade de grandes transformações, como parte da quarta revolução industrial, refletida no volume e rapidez das mudanças que ocorrem em diferentes contextos como o geopolítico, ambiental e tecnológico. Este cenário dificulta a previsibilidade do planejamento e a projeção de cenários de longo prazo para o alcance dos resultados do negócio. A estratégia então se concentra mais na capacidade de responder de forma ágil às mudanças no ambiente do negócio. Nesse sentido, a transformação digital, vista como um conjunto de tecnologias, novos processos de trabalho e cultura organizacional, é capaz de apoiar as empresas a operarem com sucesso nesta nova conjuntura que vivemos. Portanto, uma estratégia de transformação digital necessita focar nestes três pilares fundamentais: tecnologia, processos e cultura.

As mudanças culturais tendem a ser as mais complexas, principalmente em organizações de base industrial, onde estruturas organizacionais fortemente hierárquicas e com processos burocráticos, refletidos em um conjunto importante de normas e regulações (estrutura organizacional mecanicista), podem impactar negativamente a execução da transformação digital. A criação de um ambiente organizacional mais colaborativo, integrado e inovador, baseado em times multidisciplinares auto-geridos, focados nos resultados e motivados por um claro propósito de negócio a ser atingido (organizações orgânicas), facilita a execução da transformação digital.

É preciso, portanto, buscar um equilíbrio entre burocracia e inovação, respeitando a conjuntura e necessidades de agilidade de cada negócio. Como em qualquer mudança cultural, o movimento deve começar pela alta liderança. Projetos de cultura organizacional que conduzem ao alinhamento e à cooperação desejada, precisam de entendimento compartilhado dos objetivos e dos desafios que precisam ser superados. Sem liderança compartilhada para resolver problemas e tarefas, torna-se mais difícil construir os consensos e a forma de entender a realidade que levará ao atingimento dos objetivos e KPIs da transformação digital.

O sucesso está alicerçado na ideia de que times autônomos que sabem o que precisa ser feito para alcançar os resultados e que demandam uma liderança servidora, que os apoia, eliminam os obstáculos que impedem os times de avançarem (RIGBY, ELK, BEREZ, 2020).

Com o estabelecimento de uma cultura de transformação digital e processos de trabalho associados, tem-se então no pilar tecnológico, as ferramentas necessárias para a implantação das soluções que sustentarão a execução da estratégia de transformação digital, começando pela convergência OT-IT.

O conjunto das tecnologias digitais está fortemente baseado nos aumentos de capacidade de processamento e armazenamento de dados das plataformas computacionais atuais, aliados à velocidade de resposta e à redução dos custos associados a estas novas plataformas. Este cenário permite o uso em maior escala de uma série de algoritmos e soluções de software que processam dados em tempo real, fornecendo informação para tomada de decisões de forma ágil e compatível com a nova dinâmica do cenário de negócios.

A estratégia de transformação digital deve considerar quais tecnologias habilitadoras devem ser usadas. Para tanto, deve-se identificar primeiro, qual o objetivo a ser alcançado pela organização, alinhá-las à estratégia corporativa da empresa, identificar o nível de maturidade digital atual, conhecer as lacunas de recursos e competências que são limitadores à execução da estratégia, e então, buscar as tecnologias disponíveis que permitam atingir o objetivo desejado. Junto com a seleção de novas tecnologias, vem a necessidade de capacitação da organização para que possibilite o uso correto e eficaz destas tecnologias.

A adoção de tecnologias digitais intensifica a necessidade de convergência entre OT (*Operational Technology*) e IT (*Information Technology*), uma vez que torna-se primordial a necessidade de integração de dados entre os diversos níveis de operação de uma indústria para a análise e geração, em tempo real, de informações que gerem valor para o negócio.

Com a convergência OT-IT, cresce também a necessidade de investimentos em infraestrutura, ter uma política de governança de dados e de cybersecurity OT e IT, de forma a salvaguardar a integridade dos sistemas interligados, obtendo a operação segura e contínua da planta industrial e do corporativo, e extraindo mais valor dos ativos existentes.

## 7 COMPETITIVIDADE E INOVAÇÃO

A volatilidade dos preços do petróleo ou de qualquer outra matéria prima em sua indústria, seja por questões geopolíticas ou mercadológicas, impõe a necessidade de as organizações efetuarem a gestão de seus ativos de forma mais acurada, de forma a manter as margens de seus negócios por meio da excelência operacional. A pressão da sociedade por energias limpas e menor impacto das atividades do setor de óleo e gás ao meio ambiente, expressa pelas políticas e estratégias de descarbonização, estão na agenda de todo executivo do setor industrial.

A transformação digital possibilita às empresas extrair mais valor de seus ativos existentes e desenhar novos modelos de negócios e fontes de receitas, demandando que a cultura organizacional e a mentalidade de todos da empresa estejam preparadas para um ambiente de inovação aberta.

O setor industrial segue com a redução de números de pessoas no chão de fábrica ou a bordo no caso de uma operação *offshore*. Foco em excelência operacional e adoção de novas tecnologias já tornam possível unidades autônomas, conforme artigo "Inside the first fully automated offshore platform" (*Offshore Technology*, 2019).

A velocidade com que a tecnologia avança exige uma atualização constante das organizações e uma visão estratégica para a captura, visualização, análise e, principalmente, o uso estratégico da enorme quantidade de dados com que essas empresas operam diariamente.

Inovação em modelos de negócios é um elemento fundamental da jornada de transformação digital, representando como fazer de forma diferente, algo que se fazia até então. Os mesmos modelos de negócios, tecnologias, processos e cultura que tínhamos na terceira revolução industrial e que conduziram as empresas ao sucesso, já não são mais garantias de que promoverão a competitividade da empresa na quarta revolução industrial que vivemos.

A velocidade de evolução da tecnologia de IT é considerada superior à evolução da tecnologia de OT pelo fato de estarem mais relacionadas às demandas dos consumidores (B2C), e as tecnologias OT normalmente atuam nas demandas das empresas (B2B). A convergência OT - IT possibilitará a aceleração do processo de atualização das tecnologias OT, podendo resultar em muitas oportunidades de inovação. Uma parada para manutenção na área industrial (OT) pode ser muito mais impactante para a organização, do que uma parada na área corporativa (IT), por exemplo.

Um dos impactos positivos já percebidos pela indústria, é a virtualização. Visa aumentar a agilidade, a flexibilidade e o dimensionamento das infraestruturas de OT herdadas da TI (IHMs baseada em Windows e Ethernet na sala e controle por exemplo), ao mesmo tempo, proporcionar uma economia significativa para a empresa. Alguns dos benefícios da virtualização, como a maior mobilidade das cargas de trabalho, o aumento do desempenho e da disponibilidade dos recursos ou a automação das operações, simplificam o gerenciamento da infraestrutura e permitem reduzir os custos de propriedade e operacionais. Os conhecidos custos Opex e de Capex.

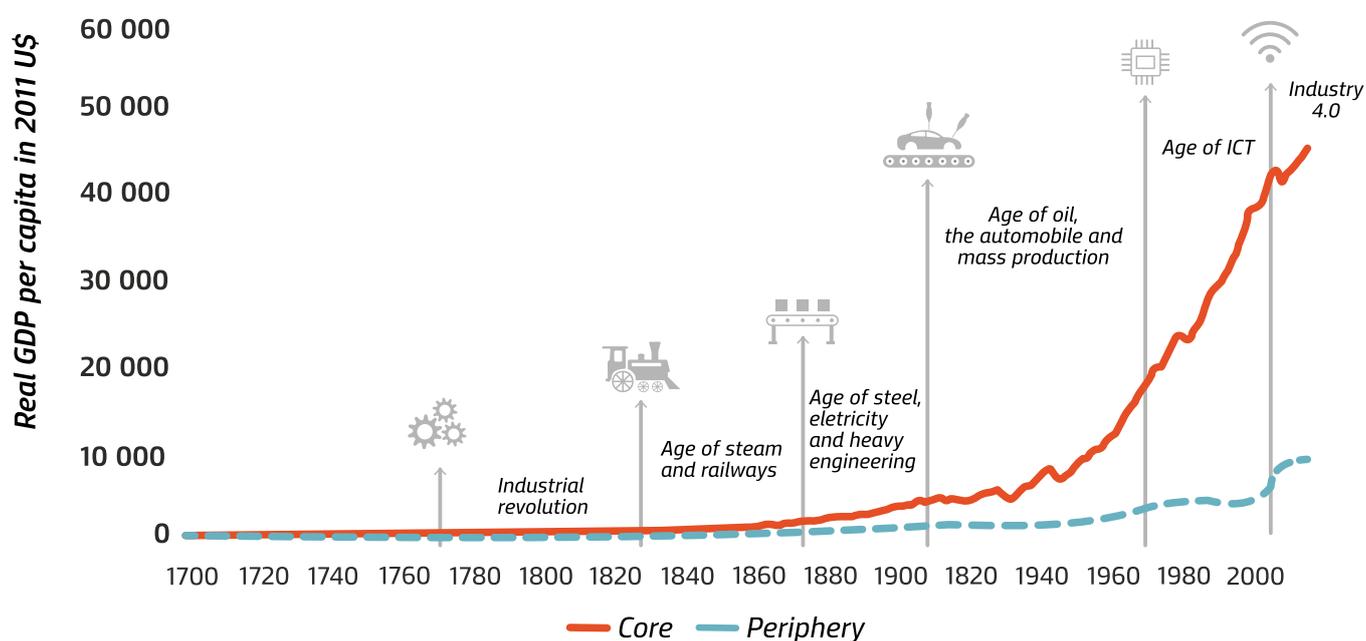
O Brasil ocupa a 51ª posição no Índice Global de Competitividade (IMD, 2021) e a 57ª posição no Índice Global de Inovação (WIPO, 2021), mesmo tendo mais recursos naturais, mais gente qualificada, mais recursos financeiros, e melhores condições climáticas e geográficas do que muitos países que estão na frente em ambos os *rankings*.

Melhorar a produtividade, a competitividade e a inovação, são as principais externalidades de uma estratégia de transformação digital, e isso impacta diretamente a posição dos países nesses *rankings* #IMD e #WIPO, daí o imperativo das empresas brasileiras e latino-americanas em executar a transformação digital para manter a sobrevivência do negócio.

Como podemos ver no gráfico a seguir da #UNCTAD, a distância entre os países desenvolvidos e os países emergentes e em desenvolvimento aumenta ainda mais com o avanço da quarta revolução industrial. Precisamos atuar rapidamente para que o Brasil e demais países latino-americanos sigam pela jornada de transformação digital e façam parte da quarta revolução industrial o quanto antes.

**Figura 5 – Impacto das ondas de mudança tecnológica nas nações**

### *The great divide, and waves of technological change*



Fonte: UNCTAD, Madisson Project Database, versão 2018, Bolt et al. (2018), Perez (2002) e Scwab (2013).

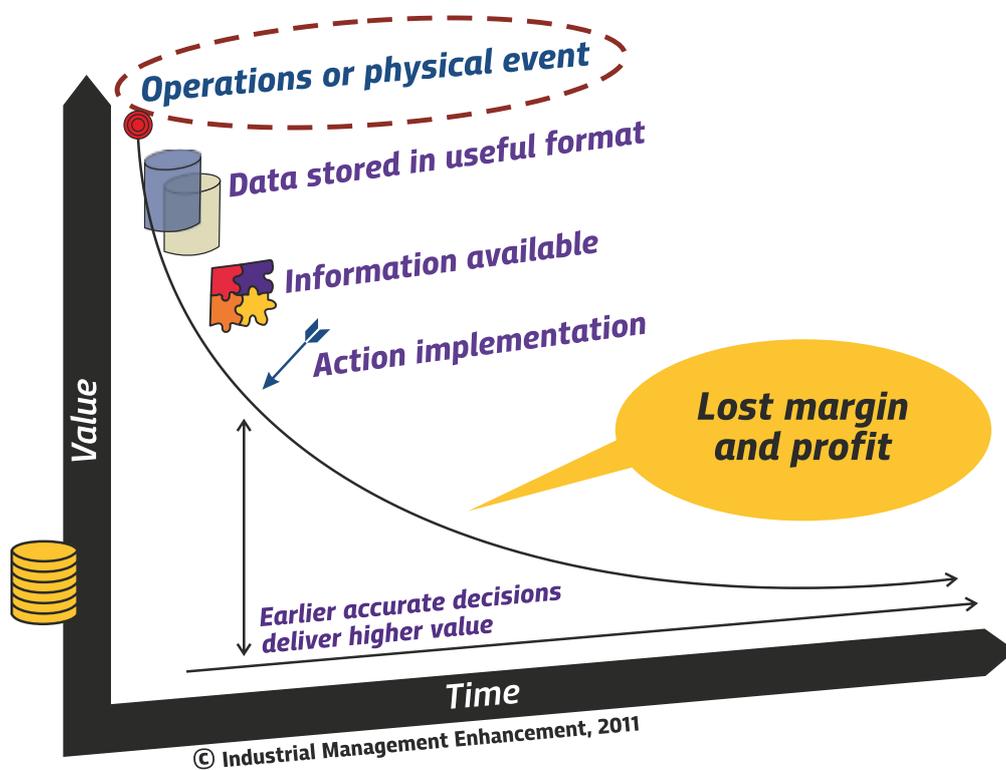
**Nota:** "Core" corresponde aos países da Europa Ocidental e Austrália, Canadá, Nova Zelândia e Estados Unidos, bem como ao Japão. "Periphery" corresponde aos demais países do mundo.

## 8 GERAÇÃO DE VALOR E VANTAGENS COMPETITIVAS

Empresas do setor de óleo e gás são fortemente orientadas por KPIs financeiros, resultado de um processo de expansão da indústria baseado em operações de fusões e aquisições ao longo dos anos. A necessidade de justificativa de ROI em projetos de transformação digital, muitas vezes representa a primeira barreira a ser superada.

A pressão do negócio dominante nas organizações faz com que as prioridades sejam sempre as regulares do dia a dia, e a transformação digital acaba ficando em segundo plano. Entretanto, atualmente a transformação digital está na agenda de todo CEO, CFO, *C-levels* e diretores das principais empresas e é um desafio fazer com que também esteja no radar de todos os funcionários.

Figura 6 – Curva de geração de valor



Fonte: Industrial Management Enhancement, 2011.

Uma quantidade significativa de valor inexplorado existe nas operações das organizações, seja na camada OT ou na IT. O valor recuperável é normalmente parte da margem e lucro perdidos com o aumento do custo ao longo do tempo e recursos desperdiçados, sendo que, invariavelmente, estes são limitados (equipamento, material e pessoal).

Os efeitos em cascata de eventos anormais tendem a ser minimizados pela engenharia dos sistemas de automação e controle convencionais, visando a uma ação corretiva das condições adversas. Quanto mais tempo um sistema leva para converter dados dos eventos físicos e operacionais em informações que permitam uma tomada de decisão, menos valor esta ação de resposta tardia traz para a empresa. A transformação digital possibilita respostas mais rápidas e melhores quando ocorre um evento, e isso gera valor e cria vantagens competitivas sustentáveis para toda organização.

# 9 A CONVERGÊNCIA OT-IT NO CONTEXTO DA TRANSFORMAÇÃO DIGITAL

## 9.1 Transformação digital: conceito fundamental

Transformação digital é um movimento da estratégia corporativa da organização, atuando simultaneamente nas três dimensões organizacionais de uma empresa de base industrial (*back, middle e front offices*) e nos três pilares fundamentais que sustentam a transformação digital (tecnologia, processos e cultura).

A transformação digital impacta a excelência operacional, potencializa novos modelos de negócios, cria novas fontes de receita e maneiras de se relacionar com os *stakeholders*, transformando a organização como um todo e preparando a empresa para suportar cenários futuros desafiadores. Os três pilares fundamentais da transformação digital são:

- » Tecnologia: adoção de tecnologias convencionais, emergentes da indústria 4.0 ou mesmo tecnologias disruptivas desenvolvidas por *startups* ou grandes empresas.
- » Processos: adoção de metodologias *lean* (*lean manufacturing* para a indústria e *lean office* para a área corporativa), visando à otimização dos processos, redução dos desperdícios e das restrições que impactam a produtividade. Preparar os processos para receberem automação massiva.
- » Cultura: preparação da cultura organizacional e da mentalidade dos funcionários para um ambiente de transformação estrutural, inovação aberta e hiperautomação. A transformação digital não acontece se os funcionários da empresa não estiverem preparados para essa jornada.

É importante destacarmos que digitalização é diferente de transformação digital, que por sua vez também é diferente do que conhecemos como indústria 4.0, muitas vezes confundido com o que conhecemos por quarta revolução industrial.

Ao contrário do que muitos pensam, a transformação digital não implica necessariamente em sucateamento da base instalada de sistemas e equipamentos. É possível usar a informação proveniente de sensores e sistemas existentes em uma estratégia de transformação digital.

## 9.2 Transformação digital: pilar da tecnologia

As tecnologias habilitadoras da transformação digital podem ser as tecnologias convencionais de sensores e sistemas que já têm sido adotadas pelas empresas tanto na área industrial como corporativa há alguns anos, as tecnologias utilizadas nos processos de digitalização das operações, as tecnologias emergentes da indústria 4.0, ou mesmo novas tecnologias disruptivas desenvolvidas por *startups* ou grandes empresas.

A digitalização acontece há alguns anos e é representada pela conversão de sinais gerados por sensores analógicos em sinais digitais ou mesmo atividades antes executadas manualmente em planilhas, que passaram a ser realizadas por computadores. Basicamente, tornam os mesmos processos antes existentes, em digitais somente. A digitalização é uma das características da indústria 3.0. O que ocorre atualmente, é que há um crescimento exponencial nesse processo de digitalização nas empresas devido à redução do custo dos sensores, facilidade de armazenamento de dados e da evolução da

eletrônica digital para processar esses dados, além das novas e poderosas ferramentas de *hardware* e *software* que estão disponíveis no mercado, a digitalização impacta a eficiência operacional dos departamentos das empresas.

As tecnologias emergentes da indústria 4.0 são aquelas que, juntas ou isoladas, proporcionam melhores desempenhos operacionais, comerciais, ou mesmo de segurança para as empresas, impactando sua produtividade. Dentre essas tecnologias, destacam-se o *robotic process automation* (RPA), *machine learning* (ML), *artificial intelligence* (AI), *cognitive intelligence*, *big data & analytics*, integração de sistemas (convergência OT-IT), *digital twin* (simulações), impressão 3D, IoT/IIoT, *cloud computing* (ERP *cloud*), drones e *cybersecurity* (OT + IT).

As tecnologias disruptivas são aquelas que ainda estão em desenvolvimento, seja por grandes empresas ou *startups*, que ainda não estão consolidadas no mercado, mas que podem, dependendo do contexto, acelerar o processo de transformação digital das organizações.

O que vai definir quais dessas tecnologias fazem sentido de ser implementadas ou não, são os objetivos estratégicos, o nível de maturidade digital da empresa, o orçamento disponível e a capacidade de execução da transformação digital, seja com recursos próprios ou consultores especializados.

### 9.3 Pilar tecnologia: automação

A hiperautomação, conceituada como a automação massiva da área industrial e corporativa, é uma realidade com a crescente adoção de sensores e sistemas por toda a organização, que tende a aumentar ainda mais nos próximos anos em função da redução do custo associado a essas tecnologias. Esse sensoriamento massivo gera um enorme volume de dados, que na maioria das organizações ainda não são usados estrategicamente, nem correlacionados e analisados a ponto de extrair algum valor adicional para o negócio.

O parque industrial brasileiro, normalmente, é caracterizado por uma variedade grande de equipamentos e sistemas de fornecedores distintos, pouco integrados entre si e que muitas vezes usam padrões distintos de comunicação e disponibilização de dados. Esse cenário acentua as práticas de compartilhamento manual de dados entre sistemas, por arquivos ou correios eletrônicos. Essas práticas acabam por reduzir a competitividade das organizações, por problemas de acurácia dos dados, consumo de tempo e mão de obra, podendo levar a perdas financeiras ou mesmo impactar processos de auditoria interna e externa, regras de conformidade e imagem da empresa.

Na área corporativa, o uso do ERP, e na área comercial, o uso de CRMs e plataformas de *e-commerce* são as ferramentas mais adotadas, entretanto, uma série de recursos tecnológicos podem ser aplicados para acelerar os processos e torná-los mais eficientes. RPA para atividades repetitivas, algoritmos de *machine learning* e *data analytics*, uso de dispositivos vestíveis com IoT (*wearable*), monitoramento de dados externos à organização e análise da presença digital da empresa nas redes sociais por exemplo, trazem *insights* que podem ser integrados numa convergência OT-IT.

A automação convencional e os sistemas legados já existentes na empresa, também são parte integrante de uma estratégia de transformação digital. Já operam nas organizações e, mediante tecnologias específicas, consegue-se extrair dados para serem analisados adequadamente.

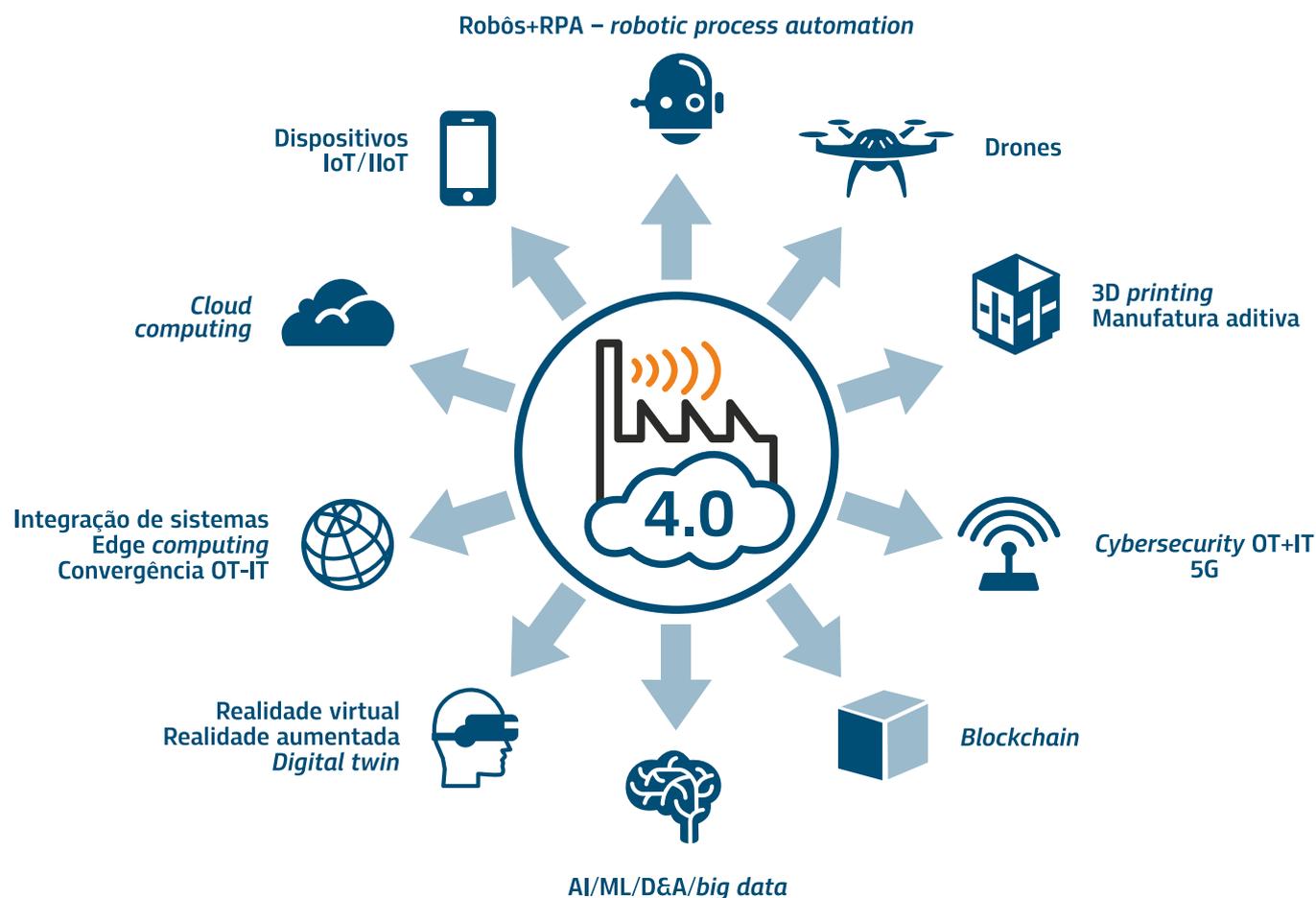
## 9.4 Pilar tecnologia: indústria 4.0

As tecnologias emergentes da indústria 4.0 são as que impactam diretamente a competitividade da organização.

São as tecnologias digitais que aceleram os resultados da empresa pelo aumento da eficiência operacional, gestão de ativos, eficiência energética, conectividade de dados, entre outros.

Novas possibilidades são criadas com o uso dessas tecnologias emergentes nas camadas OT e IT.

Figura 7 – Tecnologias emergentes da indústria 4.0



Fonte: Adaptado de IHM Stefanini.

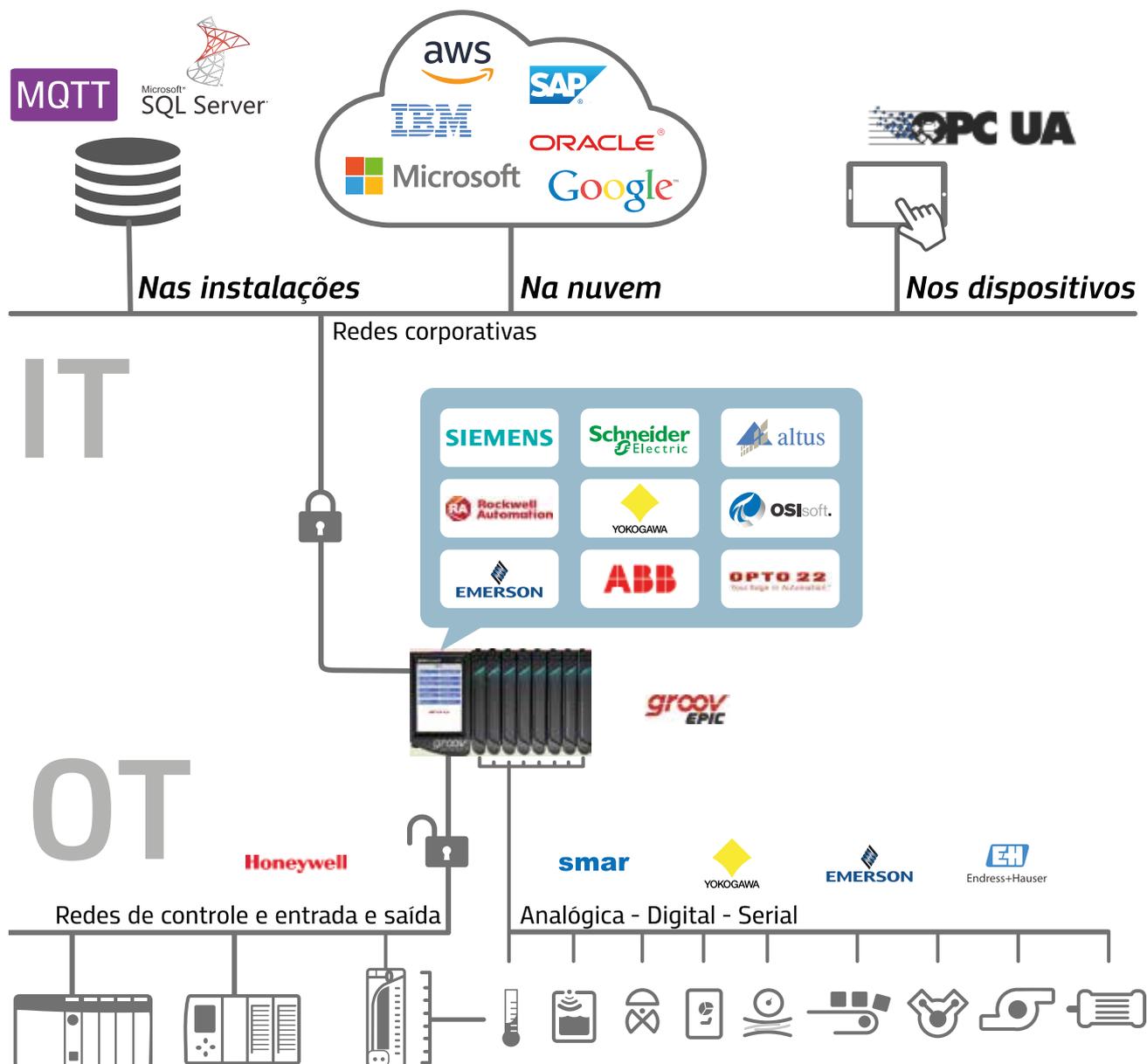
## 9.5 Pilar tecnologia: convergência OT-IT

De uma forma simplista, a convergência OT-IT representa disponibilizar os dados das plantas industriais e do corporativo no ambiente das nuvens, de forma que possam ser processados por diversos aplicativos de inteligência artificial, *machine learning* ou *data analytics*, ou mesmo, compartilhados entre usuários dos departamentos de toda a organização.

Os dados das plantas industriais, que navegam pelos PLCs, IHMs, sistemas supervisórios, DCSs, SCADAs, MES, PIMS e instrumentação de campo, estão no domínio das tecnologias operacionais (*operations technologies* – OT).

Os dados do corporativo, que navegam pelo ERP e seus módulos de CRM, SCM etc., estão no domínio das tecnologias da informação (*information technologies – IT*).

Figura 8 – Convergência OT-IT

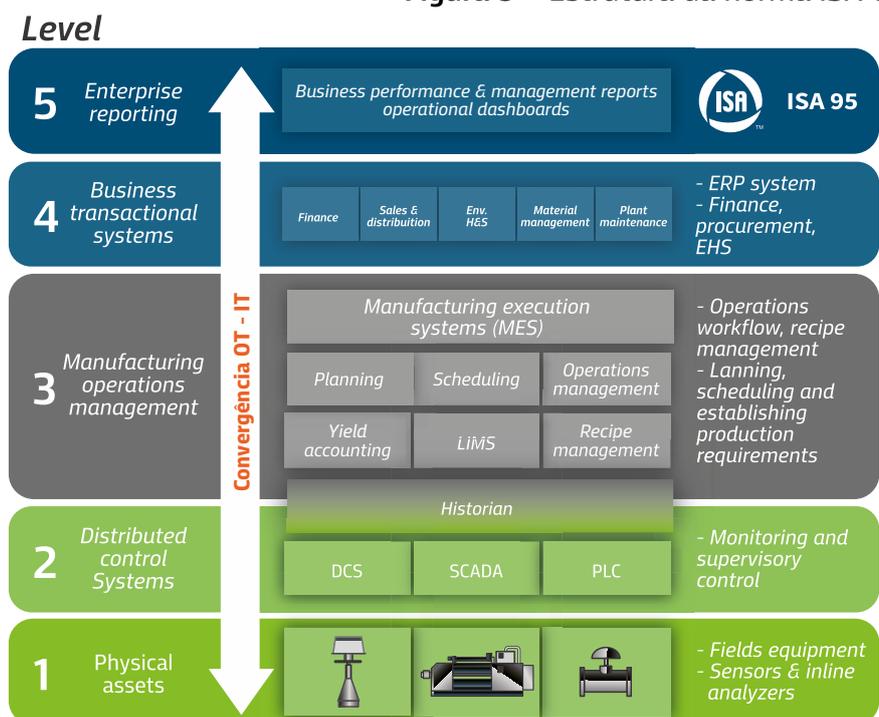


Fonte: Adaptado de OPTO 22.

Uma vez que os dados estão disponíveis nas nuvens, pode-se usar ferramentas para transformar esses dados em informações que geram valor para a organização, ajustando processos, prevenindo falhas de máquinas, predizendo situações adversas e compartilhando dados que permeiem pelas três dimensões organizacionais das empresas.

O MES/MOM, em conjunto com os sistemas historiadores PIMS, se tornam uma importante base de dados para o *data lake* e, portanto, fundamental para processo de convergência OT-IT que conduz à transformação digital.

Figura 9 – Estrutura da norma ISA-95



O MES/MOM, em conjunto com os sistemas historiadores PIMS, se torna uma importante base de dados para a *data lake* e, portanto, fundamental para o processo de convergência OT-IT que conduz à transformação digital.

Muitas empresas ainda operam sem essa integração de dados, o que se torna uma barreira para a execução da transformação digital.

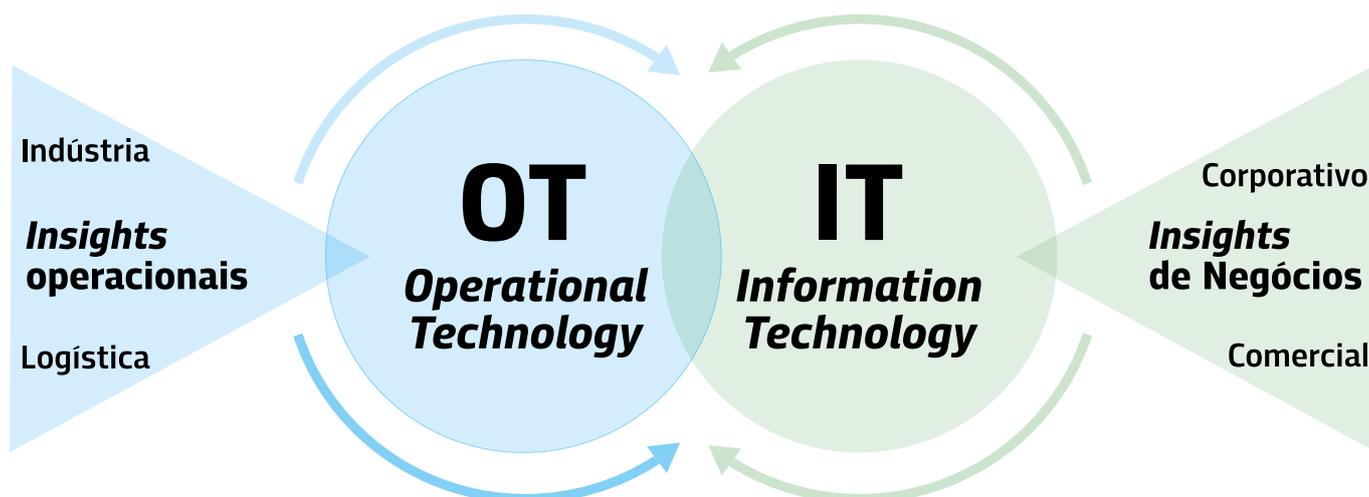
A estrutura da ISA-95 em camadas vem sendo revista para incorporar novas arquiteturas de rede dos sistemas em IIoT/IoT por meio da camada *EDGE computing*, OPC-UA, MQTT etc.

Fonte: Adaptado da norma ISA-95 (International Society of Automation).

Muitas empresas ainda operam sem essa integração de dados, o que se torna uma barreira para a execução da transformação digital.

A estrutura da ISA-95 em camadas vem sendo revista para incorporar novas arquiteturas de rede dos sistemas em IIoT/IoT pela camada *EDGE computing*, OPC-UA, MQTT, Namur, etc.

Figura 10 – Diferenças a considerar na convergência OT-IT

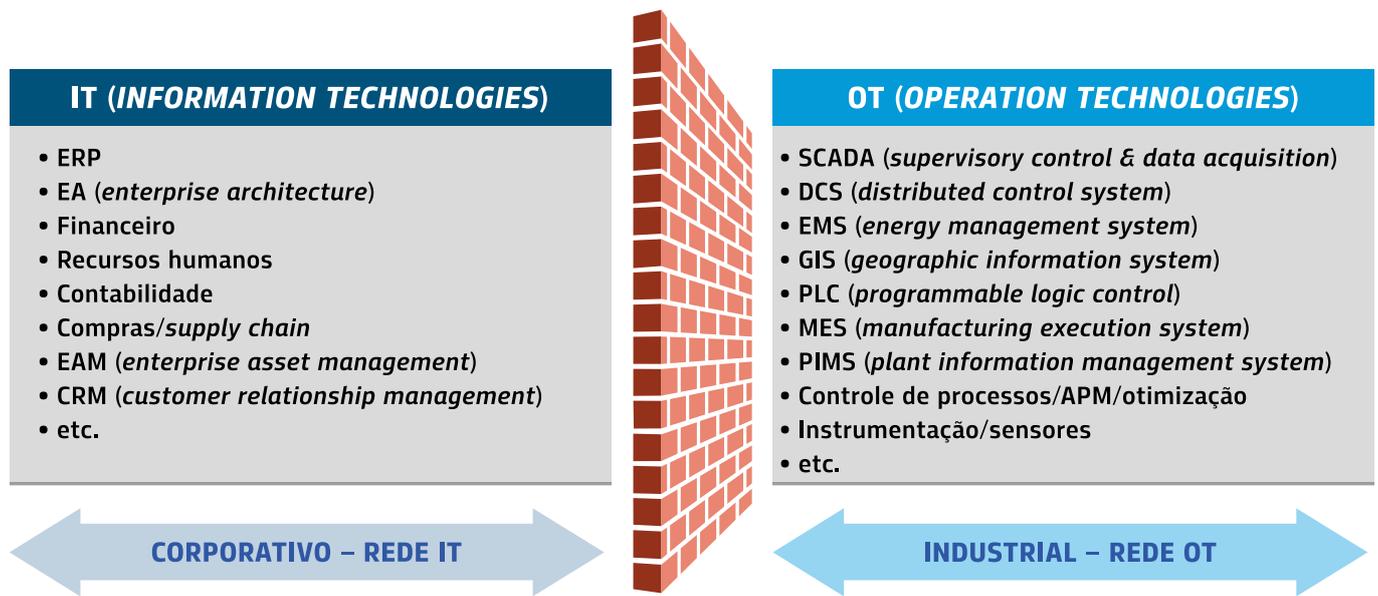


COO, gerente de produção, engenheiros, técnicos, operadores.	Principais atores.	CIO, ciência da computação, sistemas de info, <i>geeks</i> .
Disponibilidade operacional, gestão de ativos, evitar parada de produção.	Prioridade dos negócios.	Integridade de dados, confidencialidade, gestão da informação, LGPD.
Sistemas de controle, IIoT, sensores, atuadores, sistemas legados, SCADA, DCS, PLC, IHM, instrumentação etc.	Componentes.	<i>Enterprise architecture (EA)</i> ERP, CRM, <i>sales force</i> , SOA, Saas, Paas, <i>Cloud</i> etc.
Ambiente agressivo, área industrial.	Ambiente.	Ar-condicionado, escritório, <i>headquarter</i> .
Hierárquica.	Conectividade.	<i>Any-to-any</i> .
15 a 20 anos.	Ciclo de vida dos sistemas.	3 a 5 anos.
Muito alta.	Disponibilidade do sistema.	Baixa/média.
Supercrítico. Não pode parar.	Criticidade de tempo.	Crítico, tolerância de poucos dias parado.
Destruição de equipamentos. Vidas.	Consequências/danos.	Perda de dados, parada operacional.
Controle de acesso, <i>cybersecurity</i> OT.	Segurança.	<i>Cybersecurity</i> IT, proteção dos dados, LGPD.
Nunca parar, missão crítica.	Resposta aos ataques.	Quarentena, <i>shutdown</i> como mitigação.

Fonte: Adaptado de BOT Consulting.

## 9.5.1 Separações organizacionais e tecnológicas entre IT E OT

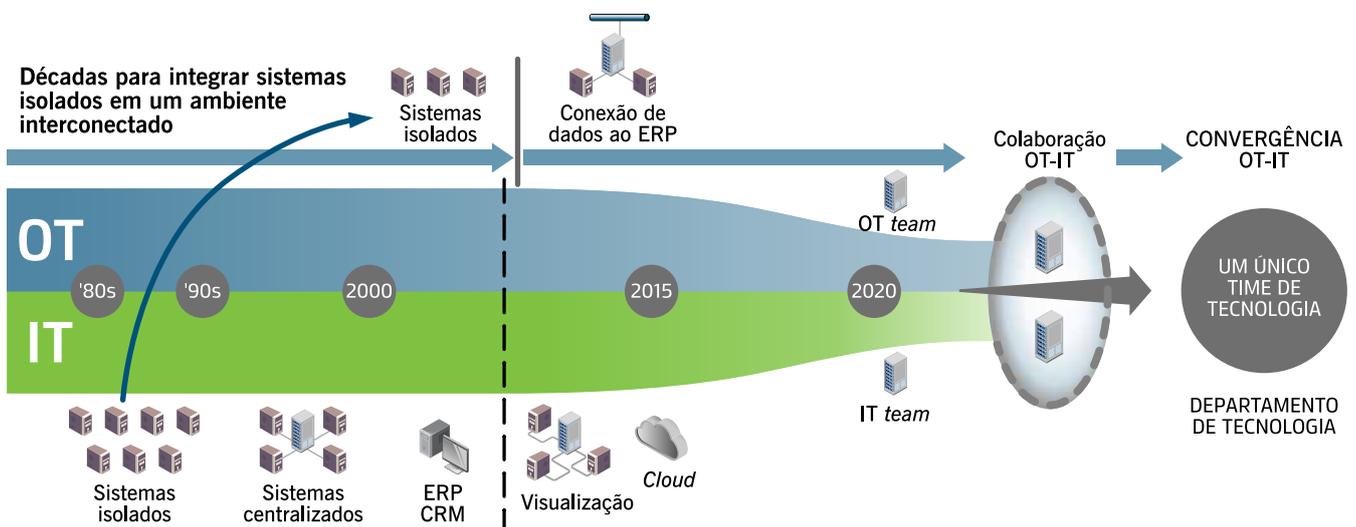
Figura 11 – De onde vêm os dados de IT e OT



Fonte: Adaptado de Gartner.

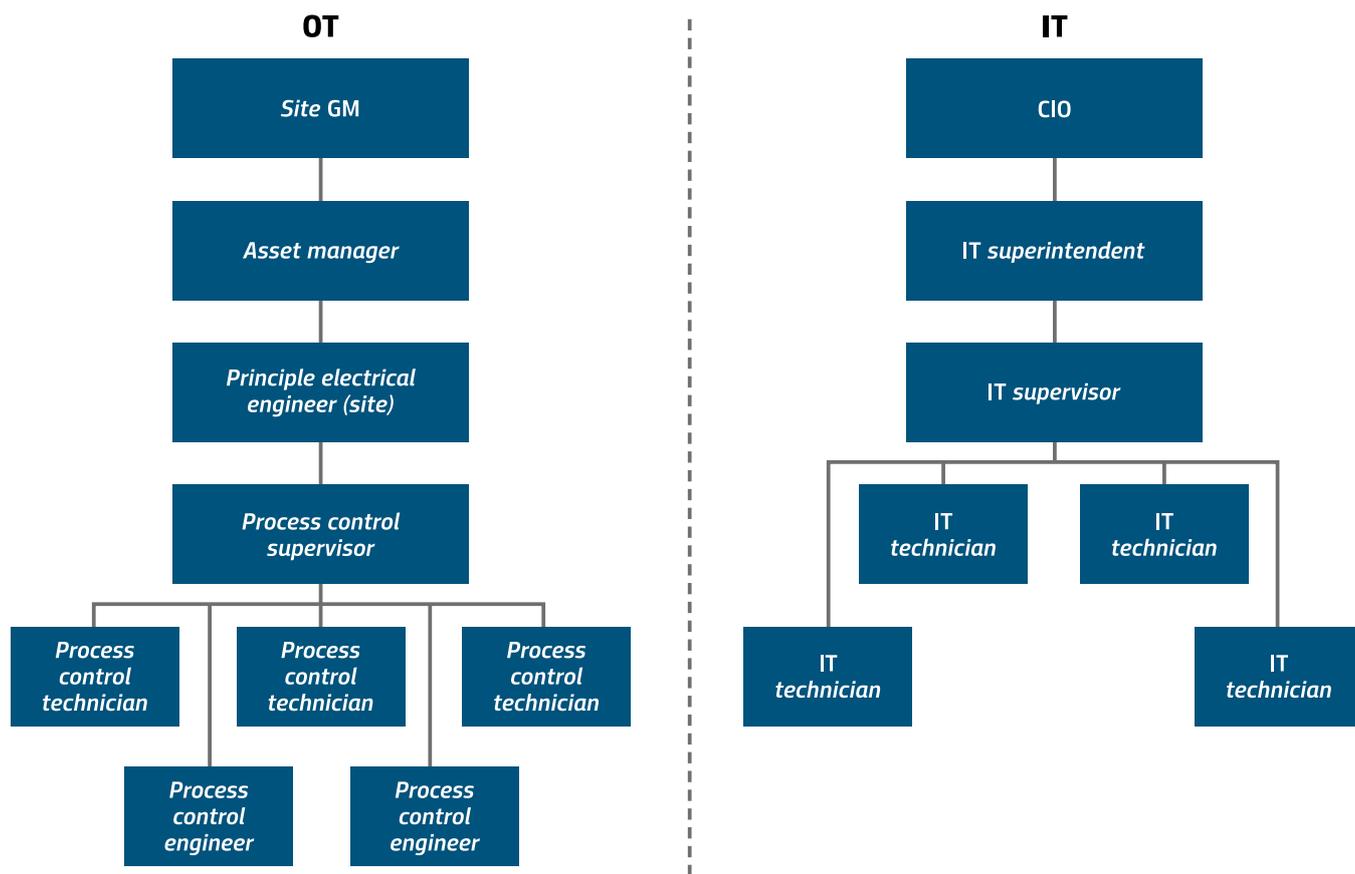
Historicamente separados, os departamentos de OT e IT estão convergindo nas estruturas organizacionais de empresas industriais com estratégia de transformação digital.

Figura 12 – Convergência organizacional OT e IT



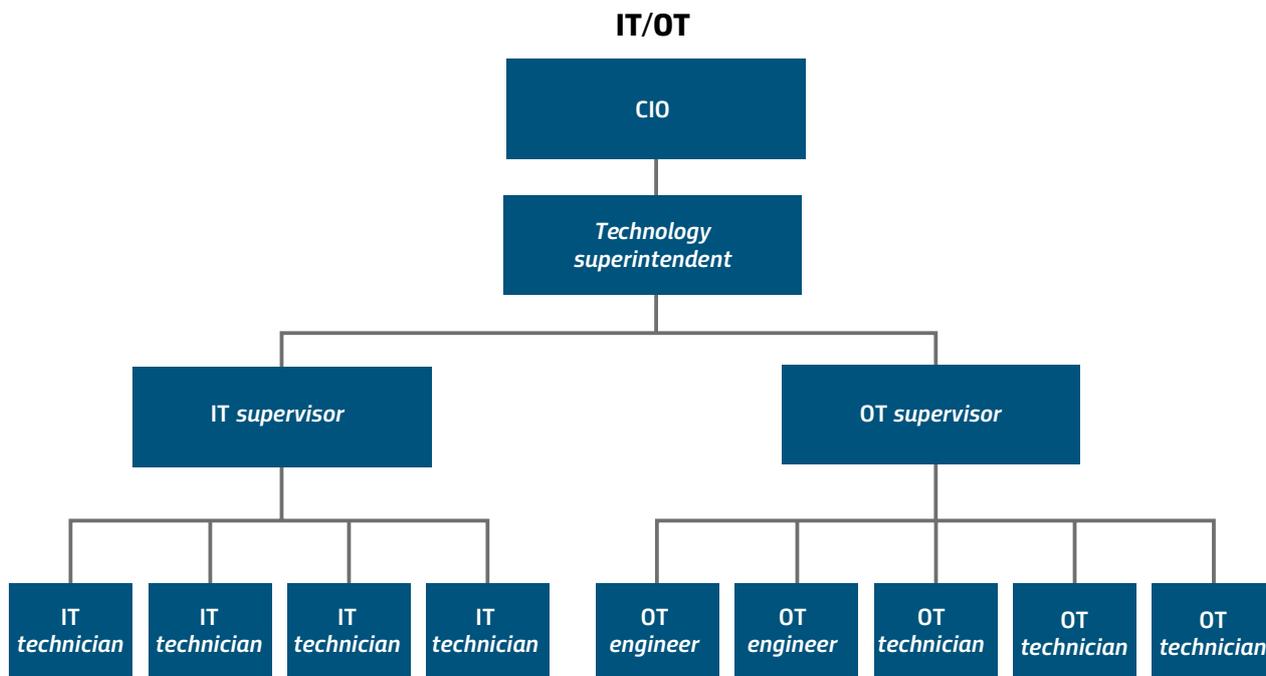
Fonte: Adaptado da apresentação da Vale de 2020, pelos autores.

Figura 13 – Organograma de uma empresa típica, com os departamentos de OT e IT separados



Fonte: Elaborado pelos autores.

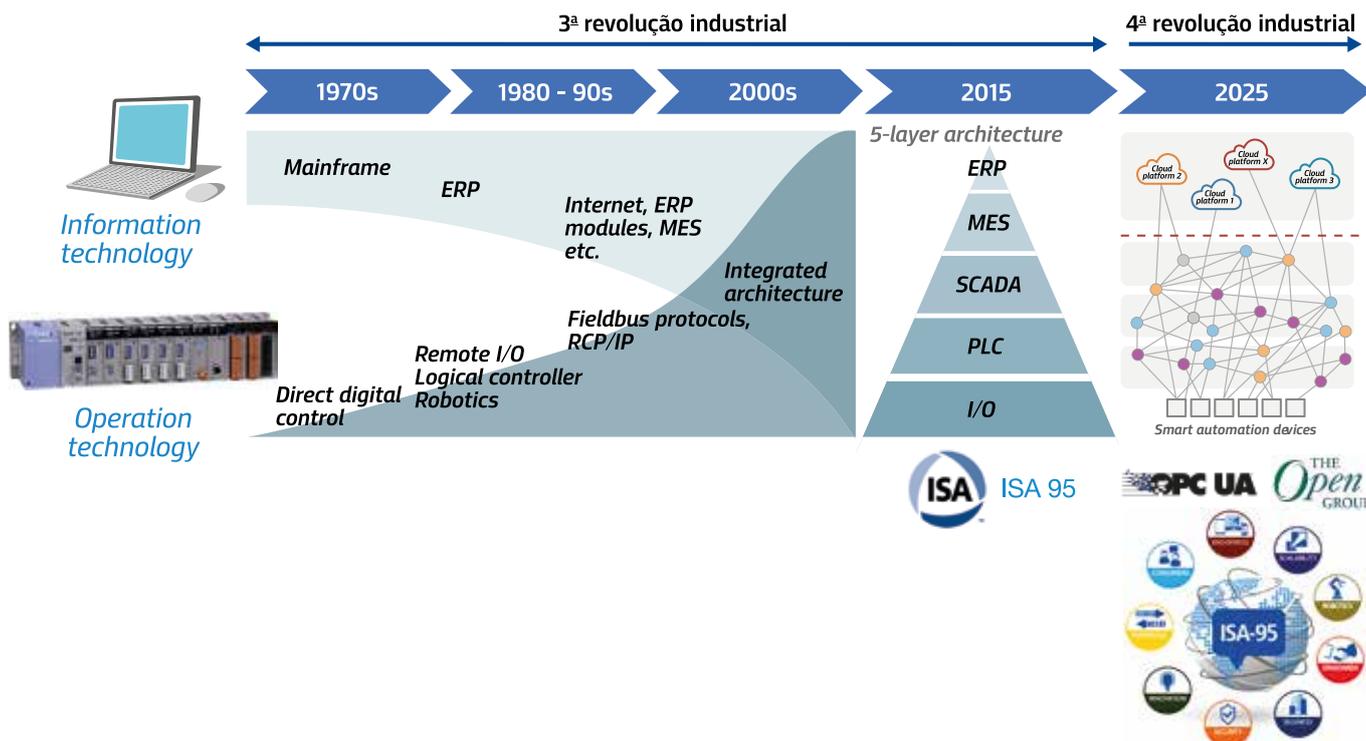
Figura 14 – Organograma de uma empresa típica, com os departamentos de OT e IT integrados



Fonte: Elaborado pelos autores.

Historicamente separadas, as arquiteturas de OT e IT convergem seus dados ao longo do tempo.

Figura 15 – Convergência das arquiteturas de OT e IT



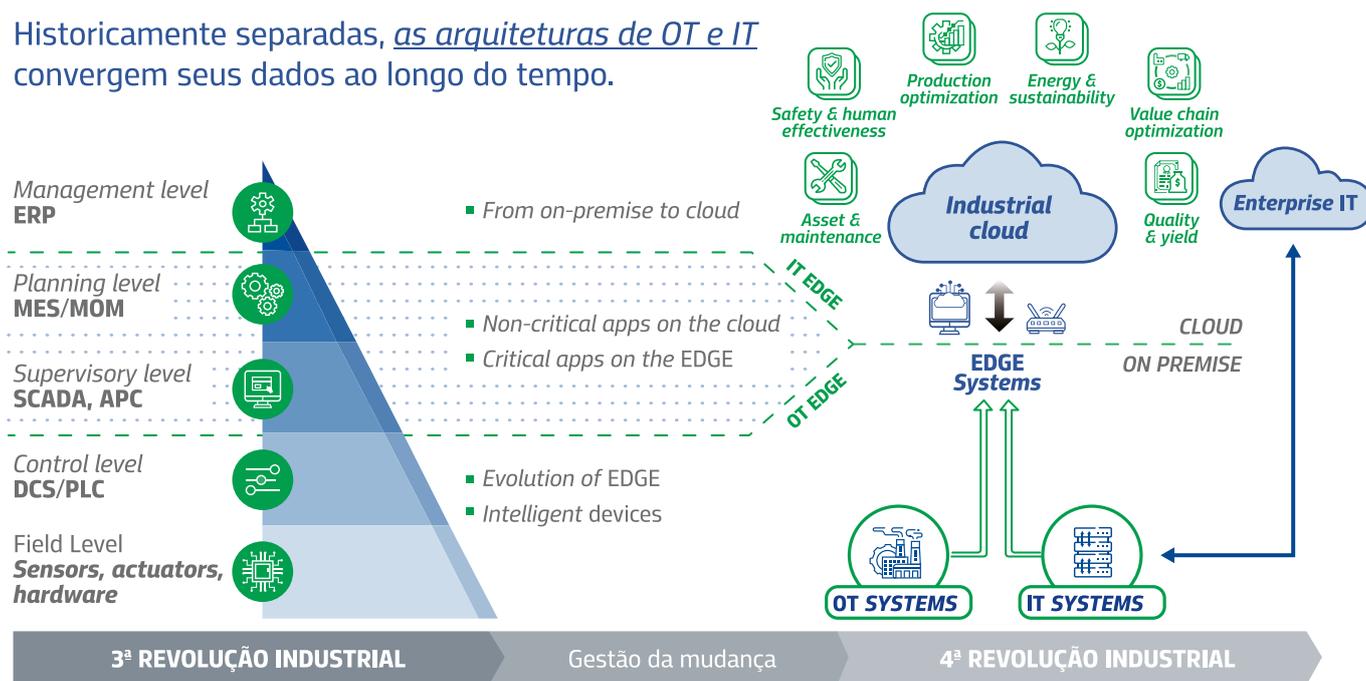
Fonte: Elaborado pelos autores com dados da International Society of Automation (ISA), Open Group e OPC-UA.

Notas: O ano de 2025 é uma referência somente. Algumas empresas já possuem arquitetura integrada.

As figuras abaixo indicam algumas arquiteturas típicas de sistemas convencionais e alguns exemplos de arquiteturas orientadas à utilização dos dados através da convergência OT-IT

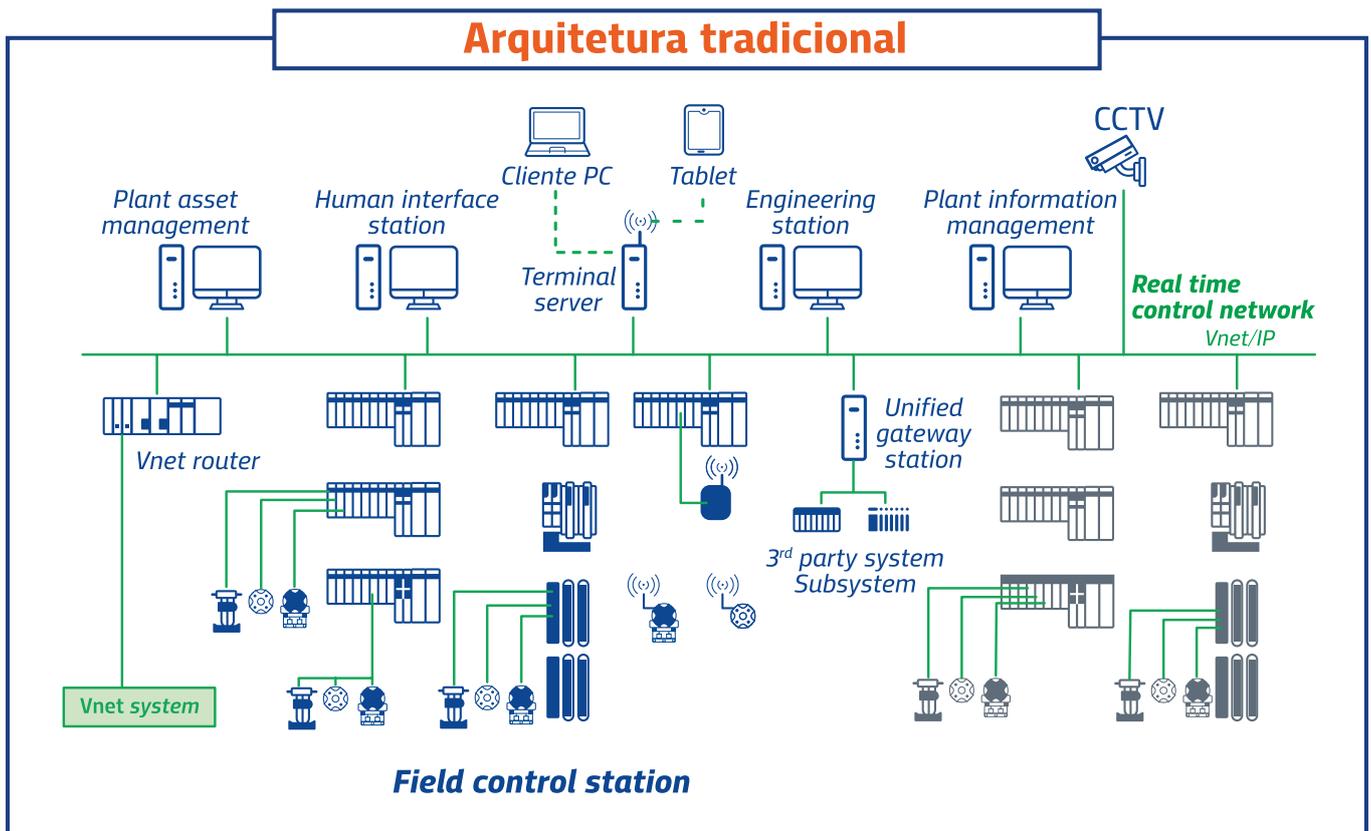
Figura 16 – Convergência OT-IT na camada EDGE computing

Historicamente separadas, as arquiteturas de OT e IT convergem seus dados ao longo do tempo.



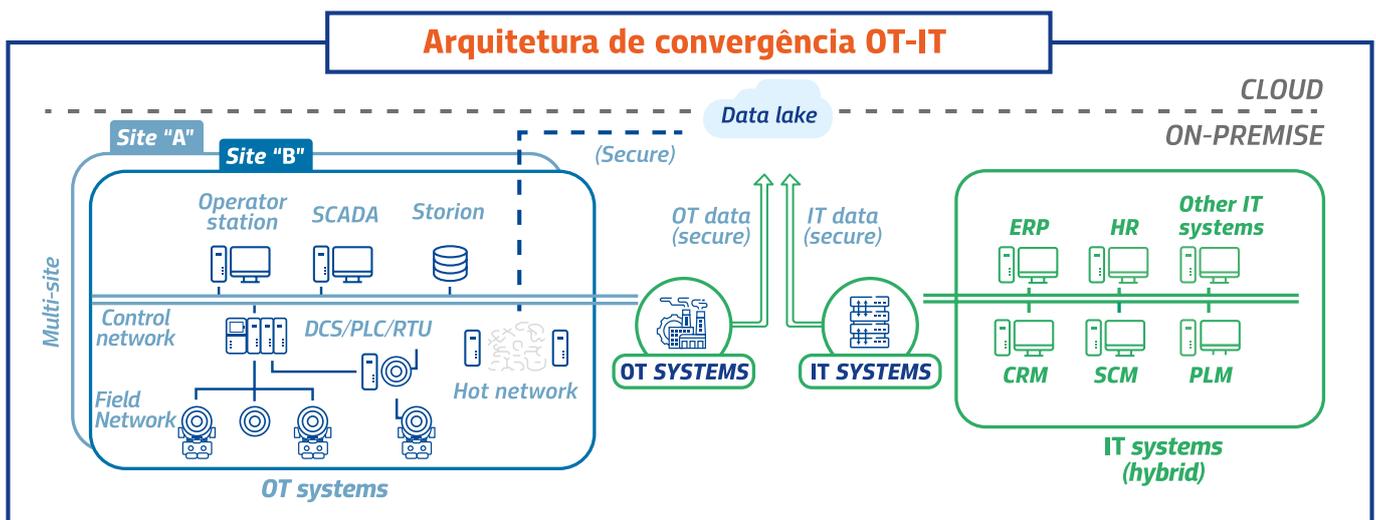
Fonte: Adaptado de Yokogama.

**Figura 17 – Arquitetura típica de sistemas de automação industrial utilizados na terceira revolução industrial**



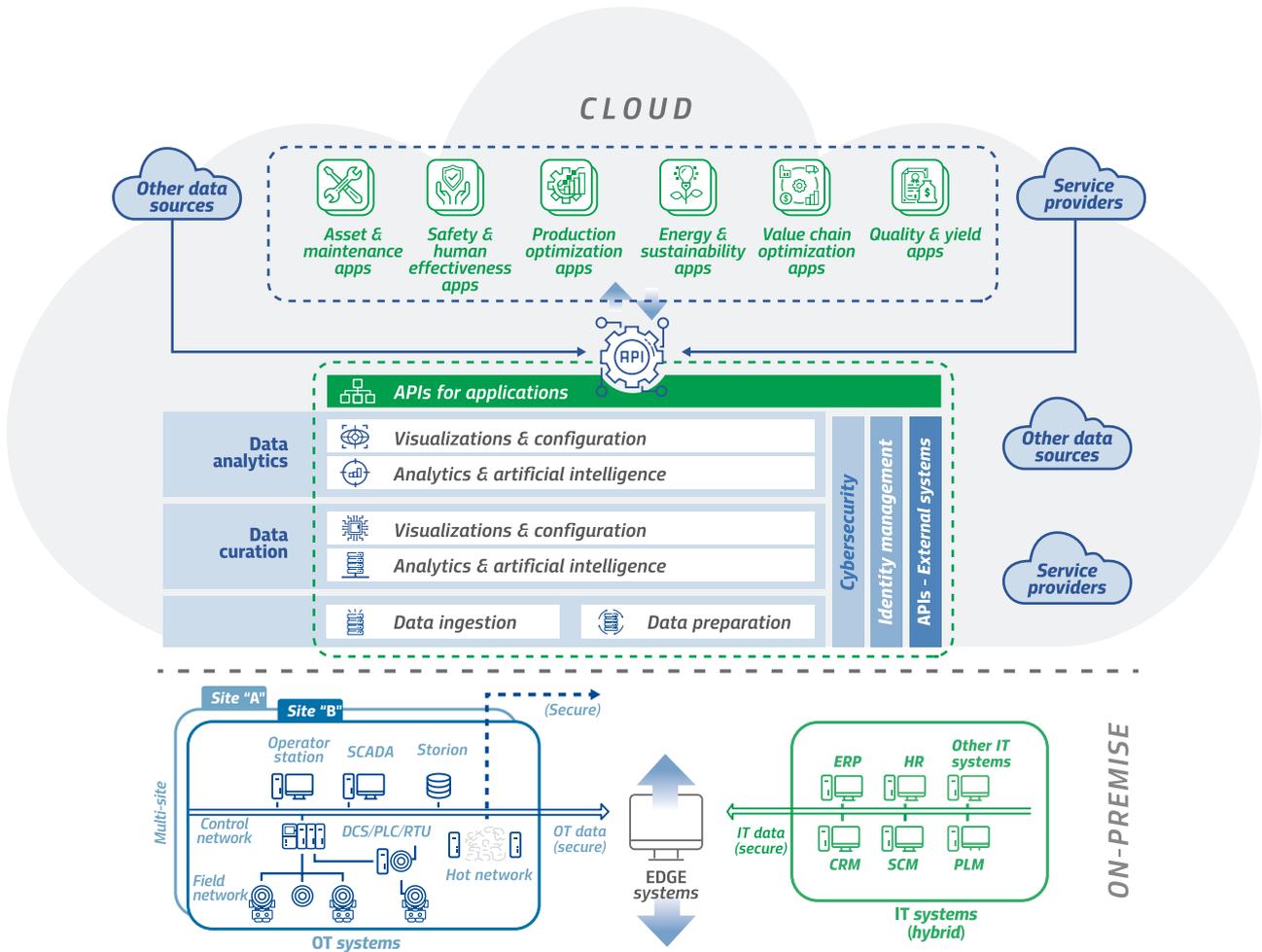
Fonte: Adaptado de Yokogama.

**Figura 18 – Arquitetura típica de sistemas de automação industrial convergindo com sistemas corporativos da quarta revolução industrial**



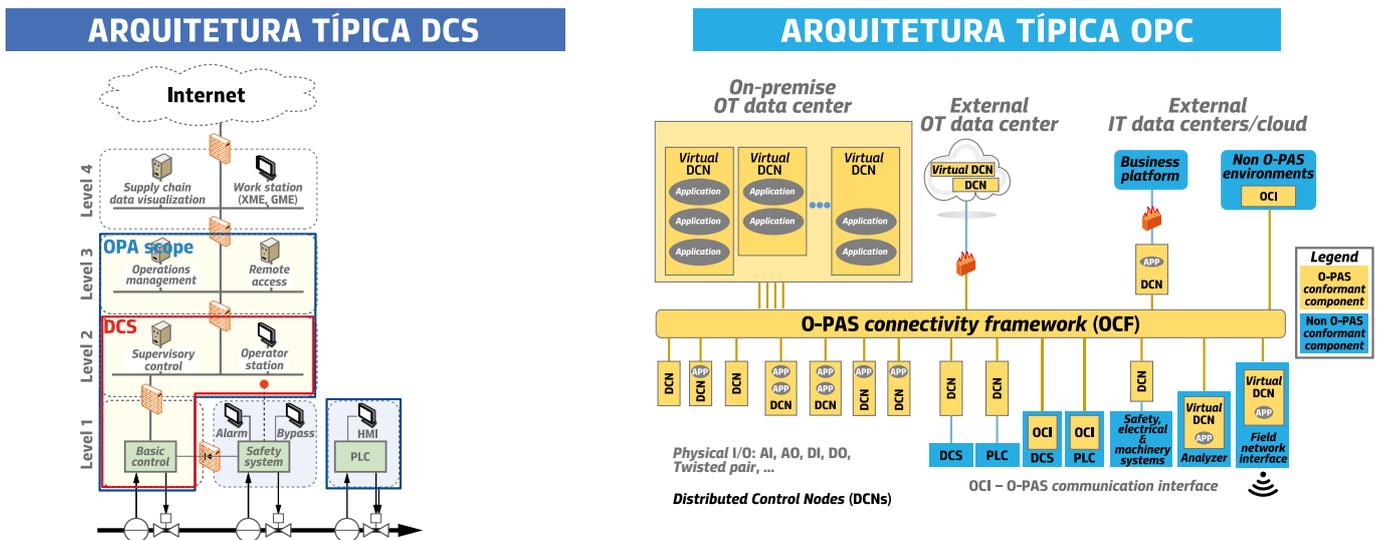
Fonte: Adaptado de Yokogama.

Figura 19 – Arquitetura típica com convergência OT-IT total



Fonte: Adaptado de Yokogama.

Figura 20 – Diferenças entre arquiteturas com sistemas proprietários e abertos



Fonte: Adaptado de The Open Group.

## 9.6 Transformação digital: pilar processos

Processos é outro importante pilar numa estratégia de transformação digital pois, caso estes não estejam bem analisados, definidos, validados e testados, as tecnologias emergentes irão executar os processos ineficientes de forma mais rápida e precisa, sendo ainda pior para as organizações, destruindo valor e gerando perdas financeiras. Tanto na área industrial como na área corporativa, os processos são vitais para que os resultados da convergência OT & IT sejam percebidos pela organização.

Metodologias *lean manufacturing* são a base para a eficiência operacional nos ativos industriais (OT). Metodologias *lean office* são a base para a eficiência operacional nos ativos corporativos (IT). Juntas, possibilitam um constante aperfeiçoamento das rotinas de toda a organização, visando eliminar ou minimizar gargalos operacionais, as perdas, retrabalhos e desperdícios dos processos produtivos.

Processos bem estruturados tanto na área industrial (OT) como na área corporativa (IT) ajudam as organizações a serem mais eficientes e mais competitivas. A experiência em processos por meio de *benchmarking* possibilita a adoção de soluções já testadas e validadas em sistemas corporativos (ERP) ou industriais (SCADA), potencializando a produtividade e impactando positivamente o EBITDA das empresas.

Atuar no pilar de processos em paralelo aos pilares da tecnologia e cultura ajudará na implementação das novas ferramentas e transmitirá aos funcionários a mensagem de que a empresa também está atuando para facilitar o dia a dia das suas atividades, podendo resultar em mais tempo para se dedicarem ao entendimento das novas tecnologias, obterem novas competências ou mesmo terem mais tempo livre para usar a criatividade a favor dos negócios da empresa por iniciativas de cocriação, inovação aberta ou intraempreendedorismo por exemplo.

Com a chegada da rede 5G, os ERPs migrando para ambiente nas nuvens e a imensa quantidade de dados disponibilizados tanto dos sistemas OT, quanto dos sistemas IT, a agilidade nos processos e na tomada de decisão nas organizações passará a ser uma realidade para as empresas que investirem numa estratégia de transformação digital.

## 9.7 Transformação digital: pilar cultura

Como já dizia uma frase atribuída a Peter (1993), "a cultura come a estratégia no café da manhã". A transformação digital somente será uma realidade quando as pessoas envolvidas em sua jornada estiverem com sua mentalidade, atitudes e comportamento alinhados com o objetivo estratégico da organização. Adaptar a cultura organizacional e a mentalidade (*mindset*) de todos da organização é um importante desafio da jornada pela transformação digital que precisa ser endereçado com muita propriedade.

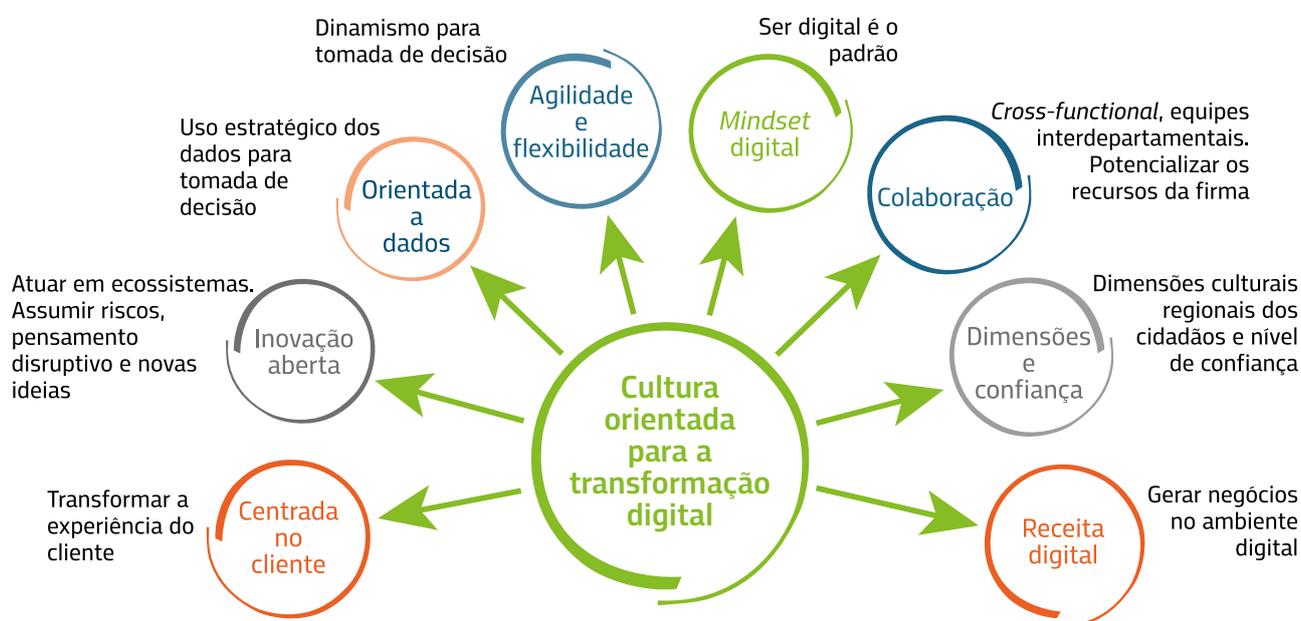
Diversas literaturas na área de gestão indicam que cultura é o sistema de valores e crenças compartilhadas entre os membros de uma organização. Quantidade de produto produzido, escala e preço não mais garantem a sobrevivência de uma empresa. Os intangíveis agregados, ou elementos de valor percebidos pelos clientes, seja pela lógica da qualidade, do serviço dominante ou da inovação, passaram a ser determinantes para o sucesso das organizações. Essa capacidade de entregar elementos de valor depende da velocidade e adaptabilidade que as empresas conseguem implementar em seus processos decisórios, o que está diretamente relacionado com a cultura organizacional.

Essa adaptabilidade requerida das organizações tornou-se ainda mais evidente e necessária na medida que a transformação digital impacta seus negócios e abala o *status quo*. Ser flexível, adaptável, ágil, entre outras características fundamentais, são propriedades que as organizações precisam desenvolver em suas culturas para obter vantagens desse momento de transição.

A cultura organizacional e o *mindset* precisarão estar adequados para que a adoção dessas tecnologias emergentes da indústria 4.0, digitalização e novos processos, tenham a efetividade esperada. Trabalhar as dimensões culturais que impactam o relacionamento entre os funcionários dos mais diversos departamentos e níveis hierárquicos, bem como a recepção dessas novas tecnologias em suas rotinas diárias, são partes fundamentais para o sucesso de uma estratégia de transformação digital. É natural do ser humano ter aversão ao desconhecido e muitas vezes, por autoproteção, acaba por ser contra a adoção de uma determinada tecnologia emergente, prejudicando a estratégia da empresa.

## 9.7.1 Cultura organizacional orientada para a transformação digital

Figura 21 – Dimensões culturais que impactam a execução da transformação digital



Fonte: Adaptado de Suvat *et al.*, 2017.

## 9.8 Transformação digital: estrutura organizacional

A estrutura organizacional representa um fator determinante na velocidade com que as estratégias de transformação digital são executadas.

Empresas com estrutura organizacional mecanicista, ou seja, baseada em hierarquia departamental, distância de poder e controle, normalmente possuem muita burocracia para superar a falta de confiança entre os colaboradores de diferentes níveis hierárquicos e acabam criando silos organizacionais que retardam a execução da transformação digital.

A maioria das empresas ainda possui esse tipo de estrutura organizacional, que é uma herança das metodologias sociais típicas da terceira revolução industrial.

A agilidade é uma das características que regem uma empresa orientada a dados e com estratégia corporativa de transformação digital. A estrutura organizacional precisa estar alinhada para fomentar esta agilidade e trazer os resultados esperados de forma mais rápida.

As organizações orgânicas possuem essa característica inerentes às empresas que já estão adaptadas para a quarta revolução industrial. São holocracias onde promovem essa agilidade com uma redução das barreiras hierárquicas, confiança mútua entre liderança e colaboradores, integração dos departamentos e distribuição do controle. Auto-gestão baseado na confiança e no exemplo.

A estrutura organizacional orgânica é típica em empresas nativas digitais ou empresas convencionais pesadas em ativos, mas que já estão executando a jornada pela transformação digital. Traz a agilidade necessária para acelerar as iniciativas de adoção de tecnologia, otimização dos processos e adaptação da cultura, acelerando a execução da transformação digital.

**Figura 22 – Dimensões culturais que impactam a execução da transformação digital**



Fonte: Adaptado de McKinsey.

## 9.9 Digital engineer: o engenheiro digital

O engenheiro digital é o profissional que trabalha na interseção da engenharia industrial OT e a IT, possuindo uma visão holística sobre tecnologia, agregando conceitos de gestão empresarial e negócios.

Na maioria das vezes, os engenheiros digitais são engenheiros industriais (de produção, mecânicos ou de automação majoritariamente) que adquirem especialização em áreas do conhecimento de TI e especialização na área de gestão e negócios.

É um cargo e uma função totalmente novos, um tipo de profissional que desempenhará um papel crítico na capacidade das empresas de executarem a transformação digital. Os engenheiros digitais estão na vanguarda da quarta revolução industrial e atuam como agentes de mudança para ajudar as organizações nessa jornada de transformação digital.

O *digital engineer* atua na camada estratégica da transformação digital. É diferente do *data engineer*, que, embora igualmente importante, atua mais na camada operacional e na execução dos projetos de gestão de dados.

Considera-se cinco fatores críticos de sucesso para a execução da transformação digital: fluxo de trabalho automatizado, suporte à tomada de decisão, qualificação da força de trabalho, mobilidade de dados e gerenciamento de mudanças. Se perguntarmos a um profissional com *mindset* de OT sobre suas necessidades mais críticas, as respostas provavelmente serão: (1) disponibilidade operacional, (2) confiabilidade dos sistemas, (3) segurança operacional e *cybersecurity*.

Entretanto, se fizermos a mesma pergunta para o profissional com *mindset* de IT, provavelmente as respostas sobre suas necessidades mais críticas seriam estas: (1) segurança cibernética, (2) confiabilidade dos sistemas, (3) disponibilidade operacional.

A fusão dessas visões e mentalidades num único perfil profissional, é a base do *digital engineer*.

# 10 FRAMEWORK DE EXECUÇÃO DA TRANSFORMAÇÃO DIGITAL

Este framework é orientativo para direcionar as fases que conduzem uma organização de base industrial em sua jornada de execução da transformação digital, cujo primeiro passo, é a convergência OT-IT.

## Fase 1

**Diagnósticos:** onde analisamos o nível de maturidade digital, da cultura organizacional e dos processos, identificamos as lacunas de competências, recursos e *mindset* para um ambiente de inovação aberta. O escopo da fase 1 deve considerar as três dimensões organizacionais (*back, middle e front offices*) preferencialmente.

## Fase 2

**Descobertas:** o resultado do diagnóstico passará pelos *subject matter experts* (SMEs) da própria empresa, preferencialmente com apoio de consultores especialistas em transformação digital para organizações de base industrial, e deve contar com *insights* de um ecossistema de inovação aberta. Esse grupo apresentará as descobertas de iniciativas que podem ser implementadas para executar a transformação digital, seguindo os três pilares: tecnologia, processos e cultura, e apresentado organizado em *back, middle e front offices*. Essas iniciativas serão apresentadas em um *workshop* para cocriação da matriz de prioridades, sendo baseada numa análise inicial de viabilidade técnica, econômica, valor gerado e alinhamento com a estratégia corporativa. O entregável será um documento contendo um *roadmap* de iniciativas estratégicas a serem implementadas, que conduzirão pela jornada de transformação digital. Os projetos classificados como prioritários poderão seguir para a fase de projetos (fase 3).

## Fase 3

**Projetos:** as iniciativas que foram identificadas como prioritárias no *workshop*, seguirão para essa fase de projetos, onde o detalhamento de tudo que precisará ser executado e a análise do *business case* de cada iniciativa serão apresentados. Esses projetos executivos possibilitarão a tomada de decisão para seguir adiante e executar o projeto ou revisá-lo, ou então, descartá-lo ou postergá-lo.

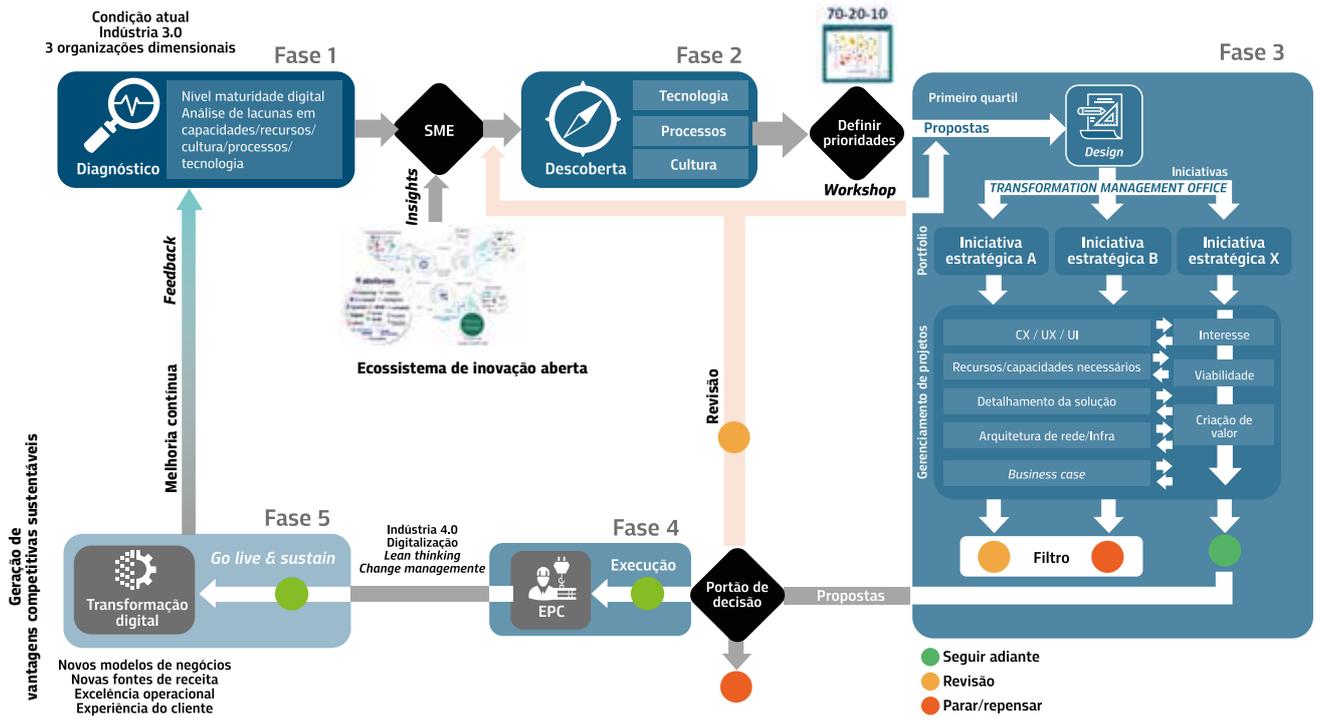
## Fase 4

**EPC:** os projetos que apresentarem *business case* atrativo (sinal verde), seguirão para a execução. Essa metodologia possibilita investimentos mais assertivos e foco no que efetivamente conduzirá para a transformação digital. Eles podem ser da adoção de alguma tecnologia emergente da indústria 4.0, convencional ou disruptiva, digitalização de operações, adoção de metodologias *lean* ou mesmo executar a transformação cultural (*change management*), por exemplo.

## Fase 5

**Sustentação:** os projetos que forem executados devem ter acompanhamento para que os resultados esperados da jornada pela transformação digital sejam alcançados e que se possa efetivamente gerar vantagens competitivas sustentáveis, criando novos modelos de negócios, novas fontes de receita, elevando a excelência operacional, melhor experiência do cliente e etc.

Figura 23 – Framework de transformação digital



Fonte: Adaptado de IHM Stefanini Group.

# 11 CONCLUSÃO

Vimos que a transformação digital traz desafios enormes para as organizações. Diferentemente do que muitos pensam, não basta investir massivamente em tecnologia.

O setor de óleo e gás sempre trabalhou na fronteira do conhecimento em sua área *core*, mas, ainda hoje, muitas empresas da cadeia de valor não utilizam a enorme quantidade de dados manipulados de forma estratégica para gerar valor para a organização e *stakeholders*.

Gerar vantagens competitivas sustentáveis com os dados, extrair mais valor dos ativos existentes, ser, pensar e agir de forma digital é uma tarefa mandatória para a sobrevivência e perpetuidade das organizações que pretendem continuar a ter sucesso na era da quarta revolução industrial.

Usar as mesmas tecnologias, processos, cultura e modelo de negócios que conduziram a empresa ao sucesso durante a era da terceira revolução industrial, não é uma garantia de que manterão esse sucesso daqui em diante durante a quarta revolução industrial.

Este relatório trouxe uma visão estratégica sobre como executar a transformação digital em uma organização de base industrial, destacando algumas provocações a que muitas empresas ainda não estão atentas, com o objetivo de fomentar as jornadas de transformação digital, onde o primeiro passo é a convergência OT-IT.

O grande objetivo deste relatório é motivar as empresas a seguirem nessa jornada de transformação digital, impactando positivamente a geração de riqueza e valor a toda a sociedade, impactando positivamente o EBITDA e a competitividade da empresa, refletindo, numa escala mais abrangente, na posição do país no índice global de competitividade e acelerando as agendas de *environmental, social & governance* (ESG).

# REFERÊNCIAS

## MATERIAIS CEDIDOS PELAS EMPRESAS PARTICIPANTES DO GT DE CONVERGÊNCIA OT-IT

DRUCKER, Peter. *Sociedade pós-capitalista*. São Paulo: Pioneira, 1993.

INSTITUTO BRASILEIRO DE PETRÓLEO E GÁS. Grupos de Trabalho da Comissão de Tecnologia e Inovação. Rio de Janeiro, *Portal das comunidades*, IBP, 2021. Disponível em: <https://www.ibp.org.br/comunidades>. Acesso em: 19 nov. 2021.

RIGBY, Darrell; ELK, Sarah; BEREZ, Steve. *Ágil do jeito certo: transformação sem caos*. São José dos Campos: Editora Benvirá, 2020.

VERDICT MEDIA. Inside the first fully automated offshore platform. Londres, *Offshore Technology*, 31 jan. 2020. Disponível em: <https://www.offshore-technology.com/features/inside-the-first-fully-automated-offshore-platform/>. Acesso em: 19 nov. 2021.

## **IBP – Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás**

### **Presidente**

Eberaldo de Almeida Neto

### **Diretora Executiva Corporativa**

Cristina Pinho (2019 - 2022)

Fernanda Delgado (2022 - atual)

### **Gerência de Comissões e Gestão do Conhecimento**

Lisandro Gaertner

### **Gerência de Tecnologia e Inovação**

Melissa Fernandez

### **Grupo de Trabalho de Convergência OT & IT**

Coordenador: Victor Venâncio

Vice Coordenador: Diogo Machado

## **Expediente:**

### **Gerente de Comunicação e Relacionamento com Associados**

Adriana Barbedo

### **Coordenação Editorial**

Priscila Zamponi

Demy Gonçalves

Nícolas Siebler

Hugo Sousa

### **Projeto Gráfico**

Trama Criações de Arte

### **Banco de Imagens**

IBP



Apoio:

MINISTÉRIO DA  
CIÊNCIA, TECNOLOGIA  
E INOVAÇÕES



**IBP – Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás**

Av. Almirante Barroso, 52 – 21º e 26º andares – RJ – Tel.: (21) 2112-9000

