

## **Diretriz para boas práticas de fiscalizações de engenharia alinhadas à indústria 4.0**

Guideline for good engineering inspection practices aligned to industry 4.0

**Flávia Holz Meirelles Pereira<sup>1</sup>**  
**José Barrozo de Souza<sup>2</sup>**

### **RESUMO**

Diante da inovação proposta pela Quarta Revolução Industrial, torna-se fundamental repensar a forma de atuações das instituições públicas. O objetivo principal deste artigo foi analisar os atuais requisitos indicados pelo Marco de Medição de Desempenho dos Tribunais de Contas do Brasil, no âmbito dos resultados das fiscalizações de engenharia, com foco na Indústria 4.0. Como procedimentos metodológicos, foram realizadas análises quantitativas e qualitativas das evidências que foram apresentadas para a atribuição da nota indicada na avaliação, disponibilizadas pelo Tribunal de Contas do Estado do Espírito Santo. Ao final, com base nos pilares e princípios da Indústria 4.0, no Programa de Qualidade e Agilidade dos Tribunais de Contas e no respectivo Marco de Medição de Desempenho, foi possível elaborar uma proposta de diretriz para seleção de “boas práticas” inovativas.

**Palavras-chave:** gestão pública; Indústria 4.0; Programa de Qualidade e Agilidade dos Tribunais de Contas; MMD-TC.

---

1 Mestre em Gestão Pública pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), com especialização em Direito Administrativo pela Pontifícia Católica de Minas Gerais (Puc Minas) e em Gestão de Negócios da Construção Civil pela Faculdade do Centro Leste (UCL). Graduada em Engenharia Civil pela UFES e em Ciências Políticas pelo Centro Universitário Internacional Uniter. Auditora de controle externo do Tribunal de Contas do Estado do Espírito Santo (TCE-ES), atualmente na função de secretária de controle externo de fiscalizações. E-mail: flavia.holz@tcees.tc.br

2 Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Paulista (UNIP), mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Especialização em Engenharia de Produção – Gestão Industrial: Conhecimento e Inovação pela UTFPR. Professor voluntário pela UFES e pelo Instituto Federal do Espírito Santo (IFES). E-mail: barrozo.pggp.ufes@gmail.com

## ABSTRACT

In view of the innovation proposed by the Fourth Industrial Revolution, it is essential to rethink the way public institutions act. The main objective of this paper was to analyze the current requirements indicated by the Performance Measurement Framework of the Brazilian Courts of Auditors, within the scope of the results of engineering inspections, with a focus on Industry 4.0. As methodological procedures, quantitative and qualitative analyses were carried out of the evidence that was presented for the attribution of the score indicated in the evaluation, made available by the Court of Auditors of the State of Espírito Santo. In the end, based on the pillars and principles of Industry 4.0, on the Quality and Agility Program of the Courts of Account and on the respective Performance Measurement Framework, it was possible to prepare a proposal for a guideline for the selection of innovative “good practices”.

**Keywords:** public management; Industry 4.0; Quality and Agility Program for the Courts of Auditors; MMD-TC.

Recebido: 13-12-2021

Aprovado: 28-03-2022

## 1 INTRODUÇÃO

A história da humanidade tem sido marcada pelas chamadas revoluções industriais, decorrentes das inovações ocasionadas pelo aperfeiçoamento das tecnologias no processo produtivo, que impactam diversos aspectos da sociedade e alteram a concepção de mundo.

A indústria 4.0, também denominada Quarta Revolução Industrial, nasceu de forma planejada (DRATH, 2014) na Alemanha, por ação conjunta de representantes empresariais, políticos e acadêmicos (HERMANN *et al.*, 2015). Seu conceito representa um desafio de atuação para as instituições (MÜLLER; DÄSCHLE, 2018) e incita o repensar dos modelos de negócios atuais.

Diante da inovação que a Quarta Revolução Industrial representa, também se torna fundamental levar essa reflexão às instituições públicas que vêm empreendendo esforços de acompanhar e se apropriar das inovações, tanto gerenciais quanto operacionais, que surgem no mercado privado, tal como se adaptar às demandas atuais, oferecendo serviços on-line eficientes e eficazes, com uso de tecnologias de ponta (MERGEL *et al.*, 2019) e também com implementação contínua da eficiência e qualidade, fornecendo serviços sem interrupção, com menor prazo e mais transparentes (LINDGREN *et al.*, 2019, *apud* LAYNE; LEE, 2001).

Especificamente em termos de tribunais de contas, o Programa Qualidade e Agilidade dos Tribunais de Contas (QATC), instituído pela Associação dos Membros dos Tribunais de Contas do Brasil (Atricon), apresenta-se como um mecanismo de promoção da inovação, já que não se limita apenas em promover a uniformidade nas ações de controle externo, mas também impulsiona o aprimoramento da qualidade e da celeridade das auditorias e dos julgamentos nas cortes de contas (ATRICON, 2017).

Neste estudo, como o programa envolve várias áreas, foi realizado um recorte das atividades de fiscalização na área de engenharia. A partir dessa premissa, chegou-se à seguinte pergunta: como analisar os requisitos indicados no MMD-TC, no âmbito dos resultados das fiscalizações de engenharia, com foco no alinhamento com os princípios da Indústria 4.0?

Como resposta, este artigo traz uma proposta de diretriz para seleção de boas práticas inovativas de engenharia alinhadas aos princípios e pilares da Indústria 4.0, a partir de seu objetivo central, que é analisar os atuais requisitos indicados pelo Marco de Medição de Desempenho dos Tribunais de Contas do Brasil (MMD-TC), no âmbito dos resultados das fiscalizações de engenharia, com foco na Indústria 4.0.

A pesquisa se justifica pela necessidade de incentivar aos tribunais de contas ações cada vez mais efetivas e inovadoras, que é o que se espera de órgãos públicos eficazes.

Nesse sentido, a abordagem se apresenta como uma inovação ao adaptar o conceito de medição da inovação, nos termos do Manual de Oslo, com as diretrizes da recente Declaração de Moscou (INTOSAI, 2019), a qual constitui importante instrumento de orientação dos tribunais de contas rumo ao futuro, alinhadas aos princípios da Indústria 4.0.

## 2 A INDÚSTRIA 4.0

As ideias que deram origem à Quarta Revolução Industrial foram concebidas na Alemanha, em 2011, a partir de um movimento organizado por políticos, empresários e estudiosos, com o intuito de agregar maior competitividade à indústria alemã. Essa revolução chama a atenção desde a sua concepção, por ter sido planejada em vez de constatada posteriormente como as demais (DRATH, 2014).

É a mais recente revolução, vinculada à história da humanidade, que anteriormente já vivenciou outras três revoluções.

A Primeira Revolução Industrial, data do final do século XVIII e marca a substituição de artesãos por máquinas a vapor (NETO; PEREIRA; DROZDA; SANTOS, 2018). A Segunda, a partir do século XIX, foi impulsionada pelo surgimento das linhas de montagem e eletricidade (SCHWAB, 2016). Já a Terceira, nos anos 1970, consolidou-se sob os holofotes da tecnologia com foco na robotização e automação dos processos (KAGERMANN *et al.*, 2013).

Os termos “Indústria 4.0”, “*intelligent factory*”, “*factory of the future*” e “*smart factory*” representam a visão de fábrica no futuro (BAYGIN *et al.*, 2016) ou de uma fábrica que produz insumos inteligentes, em equipamentos inteligentes, em sistemas de distribuição inteligentes (HUBA; KOZAK, 2016). Seu conceito envolve sistemas personalizados e eficientes, bem como produtos que controlam seu próprio processo de manufatura (LASI *et al.*, 2014). Entretanto, não existe uma definição amplamente aceita para o termo Indústria 4.0 (DRATH, 2014).

A Indústria 4.0 é recente, ainda mais quando focamos no setor público. De todo modo, já é possível afirmar que estamos “no início de uma revolução que está mudando fundamentalmente a forma como vivemos, trabalhamos e nos relacionamos um com o outro” (SCHWAB, 2016, p. 1). Essa nova tendência de tecnologia abrange desde a robótica até a inteligência artificial, o *big data*, a Internet das Coisas (IoT) e uma infinidade de dados a serem explorados (DI MARIA *et al.*, 2018).

## 2.1 PILARES E PRINCÍPIOS DA INDÚSTRIA 4.0

Os pilares da Indústria 4.0 transformarão a forma de produção, otimizando o fluxo por meio de atuação integrada, automatizada e otimizada. Isso leva a uma eficiência maior quanto às relações tradicionais entre fornecedores, fabricantes e clientes, e entre humanos e máquinas (Rüßmann *et al.*, 2015). O Quadro 1, a seguir, elenca esses pilares:

Quadro 1 – Pilares da Indústria 4.0

Pilares da Indústria 4.0	Big data e análise ou coleta e avaliação de muitas fontes de dados de muitas fontes diferentes.
	Robôs autônomos ou uso de robôs em tarefas mais precisas e inteligentes.
	Simulação em testes em dados em tempo real para apresentar um modelo virtual do mundo físico.
	Integração horizontal e vertical de sistemas ou integração de comunicação e cooperação ao longo de processos padronizados, tanto de forma horizontal quanto vertical.
	Internet das Coisas ou rede mundial de objetos interconectados e uniformes, que permite a conexão com o ambiente, a resposta imediata se algo mudar e a onipresença de fornecer localização, condições físicas ou atmosféricas do objeto.
	Segurança cibernética e sistemas físicos cibernéticos ou comunicações seguras e confiáveis.
	Nuvem ou plataforma em TI baseada em nuvem.
	Manufatura aditiva ou processos para proporcionar maior agilidade e menores custos, com maior possibilidade de individualização e atendimento das expectativas do cliente.
	Realidade aumentada ou variedades de informações em tempo real usadas para tomadas de decisão e procedimentos de trabalho.

Fonte: adaptado de Rüßmann *et al.* (2015), Landherr *et al.* (2016) e Schuh (2014).

Já os princípios da Indústria 4.0 regem a forma como se dão os processos de trabalho. O mundo se aproximou e a nova arquitetura de dados interpôs imensos espaços. Atualmente, as pessoas e seu ambiente podem se comunicar constantemente. Isso levou a um alto padrão de conforto e eficiência de segurança, além de mudar a sociedade (Mafokwane *et al.*, 2019).

A maioria dos processos de trabalho é coordenada por fluxos de dados. Todo o ciclo de vida de um produto é moldado por processos automatizados e altamente em rede. O conceito de produção, entrega e serviço é guiado digitalmente e compartilha todas as informações do processo (Mafokwane *et al.*, 2019).

No Quadro 2, a seguir, são apresentados os princípios básicos da Indústria 4.0 aplicados a serviços:

Quadro 2 – Princípios básicos da Indústria 4.0 em uma organização

Princípios da Indústria 4.0	<u>Interoperabilidade</u> ou a capacidade do CPS, de pessoas e de todos os outros componentes das fábricas inteligentes de se comunicarem usando redes dedicadas.
	<u>Virtualização</u> ou substituição de protótipos físicos por <i>designs</i> , meios e processos de produção virtual. O comissionamento real é, então, realizado dentro de um único procedimento integrado, envolvendo o fabricante e o fornecedor.
	<u>Orientação de serviço</u> , que consiste no desenvolvimento de <i>softwares</i> customizados direcionados aos serviços da Indústria 4.0. Para isso, é utilizada a internet dos serviços, que integra os usuários e as máquinas com programas adaptáveis a cada necessidade. Esses softwares são literalmente feitos sob medida. O resultado é uma flexibilidade maior e melhor usabilidade dessas soluções integradas.
	<u>Integração horizontal</u> , estendendo-se dos sistemas que recebem e confirmam um pedido, passando pela seção de manufatura, até o despacho do produto acabado e o suporte ao seu ciclo de pós-produção. Esta etapa inclui a possibilidade de otimizar os processos de fabricação em toda a cadeia de valor.
	<u>Integração vertical</u> , desde o nível mais baixo de controle automático de processos físicos caracterizados por demandas de tempo crítico, passando pela gestão do setor de manufatura, até a alocação dos recursos da empresa por meio de sistemas ERP, com constantes de tempo na ordem de dias ou semanas.

Fonte: adaptado de Kaczmarczyk *et al.* (2018).

Assim, a observância desses pilares e princípios se torna fundamental para garantir avanços efetivos organizacionais rumo às ideias apresentadas pela Indústria 4.0.

## 2.2 A INDÚSTRIA 4.0 E O SETOR PÚBLICO

A relação da Indústria 4.0 com o setor público, por vezes explanada como governo digital, governo inteligente ou governo 4.0, ganha magnitude, na medida em que a atuação das instituições públicas tende a se voltar para o resultado, alinhada a um modelo de administração pública gerencial e compatível às noções de democracia e *accountability*. Tal modelo se baseia em outros modelos, como o da Nova Gestão Pública, proposta por Osborne e Gaebler (1995), e o do Novo Serviço Público, proposto por Denhardt e Denhardt (2007), em constante evolução, com fundamento na Nova Governança Pública (PEREIRA *et al.*, 2016).

Em 2014, a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico – OCDE tomou a iniciativa de elaborar documento internacional com recomendações para um governo digital moderno e inovador, entre as quais a implementação de estratégias digitais mais transparentes, cultura baseada em dados, segurança digital, fortalecimento da cooperação internacional para este fim e adequação regulamentar para permitir as inovações (OCDE, 2014).

Janowski (2019) destaca que o conceito de governo digital está em contínua evolução. Por esse motivo, pode ser analisado sob diversos aspectos ou perspectivas, inclusive acerca do cuidado necessário em se investigar as consequências efetivas dos serviços públicos digitais na vida dos cidadãos, levando em conta como os dados dos cidadãos devem ser gerados e usados, sob o ponto de vista ético (LINDGREN *et al.*, 2019).

Melati e Janissek-Muniz (2020) apresentam conceitos para governo inteligente vinculados, sobretudo, à agilidade e à eficiência, com uso da tecnologia da informação e comunicação, por meio do uso de dados, cultura voltada à inteligência, implementação efetiva de tecnologias (como *big data*), decisão com base em evidências, compartilhamento de informações interorganizacionais, bem como melhoria e agilidade dos processos.

Na mesma linha, o governo 4.0 é referenciado como um novo tipo de gestão pública decorrente do impacto da Quarta Revolução Industrial ou Revolução Digital (STEFANO *et al.*, 2019).

No entanto, o sucesso dessa revolução depende da aceitação do usuário. Segundo pesquisa realizada em Taiwan, está intimamente ligada à utilidade percebida, à facilidade de uso, à confiança, à interatividade, à influência externa, à influência interpessoal, à autoeficácia e às condições facilitadoras de uso (MEIJER; BEKKERS, 2019).

Nesse sentido, Scupola e Zanfei (2019) destacam que os empreendedores institucionais, aqueles atores responsáveis por tomadas das decisões em sistemas de TI, desempenham um papel central na promulgação da tecnologia e, por isso, devem ser motivados a considerar o empreendedorismo institucional de maneira mais abrangente, a fim de alcançar mudanças transformacionais significativas e bem-sucedidas.

É nesse viés que programas como o QATC podem servir de propulsores para o envolvimento e a motivação adequada para implementações de soluções inovadoras de controle externo alinhadas à Indústria 4.0.

### **3 PROGRAMA DE QUALIDADE E AGILIDADE DOS TRIBUNAIS DE CONTAS – QATC**

De acordo com a Atricon (2017), o Programa de Qualidade e Agilidade dos Tribunais de Contas – QATC teve origem por iniciativa da Associação dos Membros dos Tribunais de Contas do Brasil, em 2013, e englobou um conjunto de diretrizes para subsidiar processos de melhoria nos tribunais de contas, estabelecendo parâmetros para avaliações de desempenho desses órgãos convergentes, segundo os requisitos internacionalmente estabelecidos pela *International Organisation of Supreme Audit Institutions* – INTOSAI.

Atualmente, as informações vinculadas ao programa ficam disponíveis no site: <http://qatc.Atricon.org.br/>.

Atricon (2017) destaca, ainda, que o QATC é composto pelos seguintes projetos:

- a) Diretrizes para o aprimoramento dos Tribunais de Contas do Brasil; e
- b) Marco de Medição de Desempenho dos Tribunais de Contas do Brasil (MMD-TC).

A avaliação dos Tribunais de Contas em todo Brasil é feita por meio do MMD-TC, que se compõe de um questionário, enriquecido pela abordagem metodológica *Supreme Audit Institutions – Performance Measurement Framework* – SAI PMF, da INTOSAI, que é o principal meio de avaliação dos Tribunais de Contas do Brasil, englobando as diretrizes das NBASP, da Atricon e as ISSAIs (QATC, 2019).

A metodologia recebeu a certificação ISO 17021, em 2019, da Fundação Vanzolini (ATRICON, 2019d); entidade brasileira integrada à *The International Certification Network (IQNet)*.

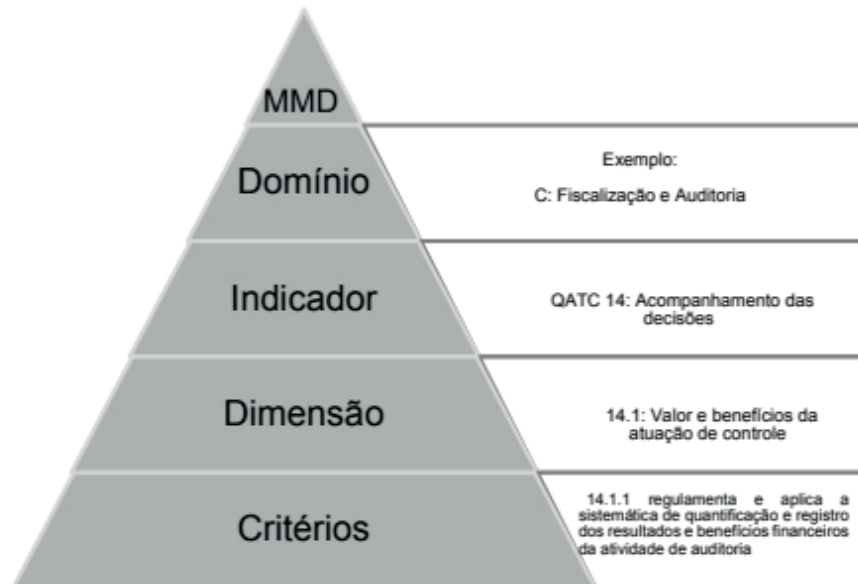
A ISO 17021, intitulada “Avaliação de conformidade – requisitos para organismos que fornecem auditoria e certificação de sistemas de gestão”, traz os princípios e os requisitos para a competência necessária a um organismo que fornece auditoria e certificação dos tipos de sistemas de gestão (ABNT, 2020).

De acordo com a Atricon (2017), a periodicidade da avaliação é bienal, sendo voluntária a participação dos tribunais e sem o objetivo de utilizar os resultados para um ranqueamento ou qualquer comparação entre os participantes.

O MMD-TC não somente retrata medições fixas de desempenho, mas evolui e se adéqua às novas necessidades e formas de atuação, o que revela a estreita relação com processos de inovação no setor público. Tanto é assim, que, atualmente, as suas resoluções estão em processo de revisão, tendo sido criada nova comissão para a Coordenação Geral do Marco de Medição de Desempenho dos Tribunais de Contas do Brasil, para o biênio 2020/2021, por meio da Portaria 02/2020 (ATRICON, 2020).

A estrutura geral do MMD-TC é representada pela Figura 1, a seguir:

Figura 1 – Estrutura do MMD-TC



Fonte: ATRICON (2019b, p. 12).

Tendo por base essas informações consolidadas, a última versão da avaliação, realizada em 2019, foi composta de seis domínios de conhecimento e 25 critérios de avaliação. Ainda, conforme Atricon (2014), os resultados provenientes da medição variam entre os níveis 0 a 4, sendo:

- Nível 0: atividade não estabelecida ou que não funciona;
- Nível 1: nível de base;
- Nível 2: nível de desenvolvimento;
- Nível 3: nível estabelecido (satisfatório);
- Nível 4: nível gerenciado (de excelência).

O estabelecimento da nota é feito por meio da conferência do atendimento aos critérios, utilizando-se de especificação e quantidade necessárias de evidências predefinidas, a partir de resoluções e planilhas com os critérios de pontuação, disponíveis no site do QATC/Atricon. Especificamente quanto à avaliação inerente a obras e serviços de engenharia, no

MMD-TC (ciclo 2019), representado pelo indicador QATC 16, as orientações específicas constam no *site* da Atricon<sup>3</sup>.

Além da avaliação em si, o programa também busca destacar boas práticas que resultaram em melhores desempenhos ou diferenciais em relação ao normalmente realizado, divulgadas no *site* da Atricon (QATC, 2019).

A seleção das boas práticas é feita pela Comissão de Controle de Qualidade (ATRICON, 2019b, p. 37), em reunião de fechamento sobre os resultados alcançados. Consta nas orientações gerais dadas para as comissões:

Durante a visita de garantia de qualidade, é possível que a comissão identifique/sugira boas práticas não apresentadas pelo TC avaliado. Nesse caso, caberá ao TC avaliar a sugestão e, se for o caso, apresentar documento conforme Modelo MMD-TC 06/2019, para fins de registro. Uma boa prática consiste em técnica(s) identificada(s) e experimentada(s) como eficiente(s) e eficaz(es) em seu contexto de implantação, para a realização de determinada tarefa, atividade ou procedimento ou, ainda, em uma perspectiva mais ampla, para a realização de um conjunto destes, visando o alcance de um objetivo comum, incremento na efetividade da atuação dos Tribunais de Contas. As boas práticas validadas pelas equipes de Garantia da Qualidade serão submetidas à avaliação técnica, homologação e consolidação pela Comissão de Coordenação Geral do MMD-TC, bem como divulgadas no *hotsite* do MMD-TC – qatc. Atricon.org.br. (ATRICON, 2019e, p. 4)

Também de acordo com Lima e Castro (2018), as boas práticas se destacam pela:

atualização quanto às novas tecnologias disponíveis para o controle externo; o compartilhamento de novas ferramentas de controle externo e gestão; o aprendizado com economia de recursos financeiros e otimização de tempo; e uma maior integração entre as instituições de controle e entre seus profissionais e membros.

---

<sup>3</sup> Orientações Específicas sobre Indicadores – QATC 16, disponível em: [http://qatc. Atricon.org.br/wp-content/uploads/2015/04/QATC-16-\\_14\\_08\\_19.pdf](http://qatc. Atricon.org.br/wp-content/uploads/2015/04/QATC-16-_14_08_19.pdf). Acesso em: 9 fev. 2021.

Mas temos a expectativa de que, a médio prazo, as sementes de boas práticas plantadas no solo fértil do Centro-Oeste brasileiro frutificarão em significativo incremento na qualidade e na efetividade das ações de fiscalização desenvolvidas pelos órgãos de controle externo de nosso país, visando a boa gestão dos recursos públicos e contribuindo para o aprimoramento das administrações federal, estaduais, distrital e municipais.

A revolução das boas práticas no exercício do controle externo no Brasil está sendo feita por centenas, senão milhares de pessoas. Esperamos que, com a leitura desse livro, esse movimento se amplie e multiplique com maior velocidade. Um controle externo mais efetivo, tempestivo e de qualidade é mais que necessário, é indispensável e urgente para o aprimoramento das políticas públicas e o fortalecimento da nossa democracia. (LIMA; CASTRO, 2018, p. 12-13)

Essas exposições revelam o que se busca obter ao selecionar uma “boa prática” nas ações de controle externo. O incremento na ação de algo inovador, seja pelo ineditismo, seja pelo incremento de eficiência no controle em relação às ações normalmente praticadas, mostra-se condizente com os princípios da Indústria 4.0.

#### **4 DIRETRIZES PARA ANÁLISE DOS ATUAIS REQUISITOS DO MARCO DE MEDIÇÃO DE DESEMPENHO DE ENGENHARIA DOS TRIBUNAIS DE CONTAS DO BRASIL (MMD-TC) ALINHADAS AOS PRINCÍPIOS DA INDÚSTRIA 4.0**

O desafio do estudo foi o de analisar a presença dos aspectos de inovação da Indústria 4.0 nos resultados obtidos a partir dos requisitos do MMD-TC aplicados às fiscalizações de engenharia. Daí, a necessidade de fugir da subjetividade e, ao mesmo tempo, implementar uma análise métrica diferente com a qual geralmente nos deparamos, firmada a partir de pesquisas realizadas para um público-alvo sobre a percepção de inovação.

Iniciativas para medição da inovação podem ser observadas no país, tal como a *International Organization for Standardization* (ISO), que, por

meio da ISO 56002:2019, trata da introdução de conceitos para medição de gestão da inovação.

Bloch e Bugge (2013) voltaram suas pesquisas para a área pública, usando como base o Manual de Oslo para realização do estudo piloto denominado Mepin (Medindo a inovação do setor público em países nórdicos), que teve o condão de fornecer várias ideias sobre como se dá o entendimento acerca da inovação no setor público, pautando-se em pesquisa com questionários usados nos cinco países contemplados.

O Tribunal de Contas da União (BRASIL, 2019), também na forma de pesquisa, propôs-se a captar diferentes percepções sobre soluções inovadoras.

No entanto, a ideia aqui não foi realizar uma pesquisa de campo para percepção quanto à inovação, mas sim analisar os requisitos do MM-D-TC, tendo por foco os princípios da Indústria 4.0, com base em diretrizes adequadas.

Taques *et al.*, (2020) descrevem várias inovações vinculadas a manufatura e serviços, relacionadas a quatro aspectos: produto, processo, marketing e organizacional.

Os conceitos apresentados por Taques *et al.* (2020) são os mesmos indicados pelo Manual de Oslo até sua terceira edição. Importa destacar que o Manual de Oslo, publicado pela primeira vez em 1992, cuja quarta edição foi lançada em 2018, é referência internacional para coletar e usar dados sobre inovação, de acordo com a OCDE.

Sua quarta edição vem com a proposta de medir a inovação independente do grau de desenvolvimento do país, tendo como meta universalizar as medidas de inovação. Por conta disso, em sua quarta edição, reduz os quatro tipos de inovações, indicados por Taques *et al.* (2020), para dois principais tipos: inovações de produto e inovações nos processos de negócios, sem deixar de operar bem com as categorias anteriormente expostas, cujas definições estão assim delineadas:

Uma inovação de produto é um produto ou serviço novo ou aprimorado que difere significativamente dos bens ou serviços anteriores da empresa e que foram introduzidos no mercado.

Uma inovação de processo de negócios é um processo de negócios novo ou aprimorado para uma ou mais funções de negócios que diferem significativamente dos processos de negócios anteriores e que foram colocado em uso pela empresa. (OCDE, 2018, p. 20-21)

O Manual de Oslo fornece as diretrizes para a realização de pesquisas sobre inovação, que destaca a dificuldade de se comparar, internacionalmente, atividades da Administração Pública (OCDE, 2018).

Com relação às ações dos tribunais de contas para o futuro, importante iniciativa foi destacada no XXIII Congresso Internacional das Entidades Fiscalizadoras Superiores – EFS (INTOSAI, 2019), ocasião em que os membros da Organização Internacional de Entidades Fiscalizadoras Superiores – INTOSAI), entidade responsável por emitir normativos internacionais relativos às entidades fiscalizadoras existentes nos vários países do mundo, proclamaram dez diretrizes para auditoria (fiscalização) pública, entre elas, as relacionadas a aspectos e princípios da Indústria 4.0, quais sejam:

4. As EFS poderiam promover a cultura da disponibilização e abertura dos dados, dos códigos fonte e dos algoritmos.

5. As EFS poderiam objetivar um melhor uso de análise de dados em auditorias, incluindo estratégias de adaptação como o planejamento para tais auditorias, o desenvolvimento de equipes experientes em análise de dados, e a introdução de novas técnicas na prática de auditoria (fiscalização) pública.

6. As EFS podem fomentar uma mentalidade experimental para reforçar a inovação e o desenvolvimento.

[...]

8. As EFS são encorajadas a formar os auditores do futuro capazes de: trabalhar com análise de dados, ferramentas de inteligência artificial e avançados métodos de análise qualitativa; reforçar a capacidade de inovação; atuar como parceiros estratégicos; compartilhar conhecimento e gerar previsões.

As diretrizes 4, 5, 6 e 8 destacam bem a importância da inovação e também da Quarta Revolução Industrial nas EFS, entre elas, os tribunais de contas, que são as respectivas entidades no Brasil.

Voltando o foco para as fiscalizações de engenharia e o procedimento interno dos tribunais para tornar essas fiscalizações alinhadas aos princípios da Indústria 4.0, cabem aos itens 5, 6 e 8 mais destaques. O Quadro 3, na sequência, apresenta as principais declarações emitidas em relação ao que se espera desses itens, que constaram anexas ao documento elaborado.

Quadro 3 – Principais declarações vinculadas às diretrizes 5, 6 e 8 da Declaração de Moscou (INTOSAI, 2019)

Diretriz	Principais declarações
<p>5. As EFS poderiam obter um melhor uso de análise de dados em auditorias, incluindo estratégias de adaptação, como o planejamento para tais auditorias, o desenvolvimento de equipes experientes em análise de dados, e a introdução de novas técnicas na prática de auditoria (fiscalização) pública.</p>	<p>O uso de análise de dados nas EFS é uma inovação necessária, que transforma os dados em uma fonte de recursos para a promoção da eficiência, prestação de contas, eficácia e transparência da administração pública.</p> <p>A posição singular das EFS dentro do setor público permite-lhes captar uma grande quantidade de dados das entidades fiscalizadas. O emprego de técnicas de análise de “big data” ao longo do processo de fiscalização permite às EFS:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sintetizar dados obtidos de diferentes departamentos, setores, níveis de governo e regiões, o que permite a síntese dos dados obtidos para encontrar soluções para problemas do governo com um todo.</li> <li>• Combinar abordagens de coleta de dados (captação própria, externa, ambas) para prover uma atualização regular dos dados e permitir um acompanhamento em tempo real de problemas críticos ou de áreas de maior risco.</li> </ul> <p>As EFS podem se beneficiar da execução de pesquisas analíticas de “big data” na fase preliminar das auditorias (fiscalizações). Isso encurtará o tempo de trabalho em campo e permitirá um acompanhamento e um monitoramento regulares.</p> <p>As EFS podem se beneficiar da replicação de estudos científicos e fortalecer seu trabalho metodológico interno para aplicar correta e apropriadamente os métodos de pesquisa científica. As EFS podem, ainda, relacionar-se com instituições acadêmicas para conduzir pesquisas científicas em conjunto.</p> <p>Por meio do estreitamento da cooperação entre as EFS e organizações internacionais relevantes, a INTOSAI pode listar experiências e conhecimento de utilização de “big data” em auditorias (fiscalizações), desenvolver orientações e relatórios de pesquisa relevantes, e encorajar as EFS a construir suas próprias capacidades em utilização de “big data” em auditorias (fiscalizações).</p>

Quadro 3 – Principais declarações vinculadas às diretrizes 5, 6 e 8 da Declaração de Moscou (INTOSAI, 2019) (continuação)

Diretriz	Principais declarações
<p>6. As EFS podem fomentar uma mentalidade experimental para reforçar a inovação e o desenvolvimento.</p>	<p>Para liderar pelo exemplo, as EFS podem fortalecer suas capacidades inovativas e experimentais, isto é, incluindo fases de aprendizado, teste e avaliação em algumas partes do seu trabalho. Abordagens experimentais nas EFS poderiam acelerar o aprendizado e o desenvolvimento de capacidades ao, sistematicamente, estabelecer e testar hipóteses, e identificar lacunas de conhecimento.</p> <p>As EFS poderiam apoiar um uso mais eficiente do conhecimento baseado em experiências na sociedade e uma incorporação mais generalizada da experimentação em programas, estratégias e políticas governamentais.</p> <p>A experimentação nas políticas públicas objetiva encontrar maneiras inovadoras para entregar os resultados. Para enfrentar questões complexas e entregar melhores resultados, as EFS podem apoiar abordagens experimentais. Descobrir o que funciona e não funciona nas políticas públicas permite compreender a eficácia das intervenções.</p>
<p>8. As EFS são encorajadas a formar os auditores do futuro capazes de: trabalhar com análise de dados, ferramentas de inteligência artificial e avançados métodos de análise qualitativa; reforçar a capacidade de inovação; atuar como parceiros estratégicos; compartilhar conhecimento e gerar previsões.</p>	<p>Garantir a profissionalização do seu pessoal é um objetivo-chave. As competências e as habilidades dos auditores são o maior ativo das EFS.</p> <p>As mudanças no ambiente de fiscalização e nas expectativas das partes interessadas moldam os requisitos novos e existentes para o conjunto de habilidades (necessárias) aos auditores das EFS:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mentalidade estratégica: análise de viabilidade, pensamento orientado por hipóteses, identificação de relações causais, orientação por metas, previsão, planejamento estratégico, pensamento sistêmico, priorização;</li> <li>• Habilidades de análise de dados: trabalho com conjuntos e bases de dados, visualização de dados, apresentação de dados complexos;</li> <li>• Habilidades sociais: comunicação eficaz, inteligência emocional, construção e manutenção da confiança baseada no profissionalismo, liderança, habilidades para construir consensos.</li> </ul> <p>Para fortalecer o potencial analítico, as EFS podem estabelecer unidades de análise de problemas específicos (por exemplo, compreensão de risco e gerenciamento de risco, avaliação de programas, entre outros).</p>

Fonte: adaptado de Declaração de Moscou (INTOSAI, 2019).

Assim, os princípios da Indústria 4.0 e as diretrizes apontadas nas pesquisas indicadas no Quadro 3, tendo por base os conceitos orientativos do Manual de Oslo, foram utilizados para balizar a autora na avaliação dos resultados indicados pelo MMD-TC.

Para medir o uso de análise de dados em auditorias, considerando as principais declarações indicadas no Quadro 3, perguntas afins foram elaboradas e aplicadas tendo por pano de fundo os conceitos da OCDE (2018) quanto à inovação do trabalho representar diferença significativa,

tanto em termos de produto quanto processo, em relação aos anteriores. Essas perguntas constam no Apêndice A.

## 5 MÉTODOS E PROCEDIMENTOS

A realização da pesquisa ocorreu conforme exposto no Quadro 4, que representa a matriz de pesquisa proposta por Choguill (2005):

Quadro 4 – Matriz da pesquisa

Objetivos	Hipóteses	Método de análise	Conclusões
Expor os pilares e princípios da Indústria 4.0	- Obter os pilares e princípios da Indústria 4.0	Revisão sistemática referente à Indústria 4.0	Listar os pilares e princípios da Indústria 4.0
Indicar os requisitos de medição do AQTC e descrever os aplicados à área de engenharia	- Obter os requisitos aplicados à área de engenharia	Análise documental do Programa QATC e dos resultados provenientes do MMD-TC	Obter os requisitos aplicados à área de engenharia
Descrever as formas de fiscalizações de engenharia em um TC	- Obter os tipos de fiscalização a partir da legislação desses órgãos	Análise documental dos regimentos e leis desses órgãos	Obter os tipos de fiscalização a partir da legislação desses órgãos
Analisar requisitos indicados pelo Marco de Medição de Desempenho dos Tribunais de Contas do Brasil (MMD-TC), no âmbito dos resultados das fiscalizações de engenharia, alinhados com os princípios propostos pela Indústria 4.0	- Os requisitos do MMD-TC não contemplam os princípios propostos pela Indústria 4.0 - Os requisitos do MMD-TC contemplam os princípios propostos pela Indústria 4.0 - Os requisitos do MMD-TC contemplam parcialmente os princípios propostos pela Indústria 4.0	- Análise dos atuais requisitos para o alinhamento, com base nas diretrizes elencadas, por meio de perguntas. - Subsídio às conclusões obtidas com a percepção de profissionais que aplicam o MMD-TC.	Considerações sobre a análise e proposta de produto técnico

Fonte: elaboração própria (2021).

A abordagem da pesquisa foi tanto quantitativa quanto qualitativa. De acordo com Prodanov e Freitas (2013), a pesquisa qualitativa decorre do vínculo entre o mundo objetivo e o subjetivo, em que não é possível a tradução numérica da informação. Para essa abordagem, foram utilizadas as evidências documentais apresentadas para a atribuição da nota resultado, tais como peças técnicas elaboradas pelos auditores dos tribunais, capacitações, manuais, entre outras, disponibilizadas pelo órgão.

Já a pesquisa quantitativa abarcou aquilo que pode ser quantificável, traduzindo em números informações de forma a classificá-las e analisá-las (PRODANOV; FREITAS, 2013). Como dados quantitativos também foram utilizados, os resultados numéricos obtidos em cada quesito de medição do MMD-TC estão vinculados à área de engenharia, disponível na base de dados do TCE-ES.

Assim, a abordagem quantitativa ocorreu no tratamento estatístico dos resultados obtidos nos vários pontos avaliados que envolveram os trabalhos de fiscalização na área de engenharia, enquanto a abordagem qualitativa teve foco na relação entre a evidência documental e a nota atribuída.

Em relação ao nível de conhecimento, considera-se como estudo de caso, que, segundo Prodanov e Freitas (2013), envolve coletar e analisar informações de forma aprofundada sobre um ou poucos objetos. Já no que tange às suas variáveis e aos fins desejados, a pesquisa foi do tipo bibliográfica, que teve por base material já elaborado, documental, cujos materiais analisados não chegaram a receber tratamento analítico e por levantamento quando do estudo aprofundado de um ou poucos objetos (PRODANOV; FREITAS, 2013).

Realizou-se, ainda, uma revisão bibliográfica narrativa para possibilitar a vinculação dos pilares e princípios da Indústria 4.0 com a análise dos dados apurados no TCE-ES.

No que diz respeito à postura da pesquisadora, considera-se uma pesquisa participante, já que as atividades profissionais da pesquisadora, em parte, utilizam a busca a bons resultados do MMD-TC. O sujeito rela-

cionado é o TCE-ES, sendo a amostra a avaliação para o ano de 2019, e os instrumentos de coleta de dados, tanto o levantamento documental quanto o bibliográfico.

Como fonte de dados quantitativos, foram utilizados os resultados obtidos pelo TCE-ES no MMD-TC, ou seja, as notas atribuídas a cada quesito. Para a obtenção e a análise de dados, a pesquisadora utilizou as informações e as documentações a que teve acesso, consideradas como parte da fonte de dados qualitativas, analisando as evidências que foram apresentadas como base para a atribuição da nota indicada no MMD-TC, em sua avaliação mais recente, que ocorreu em 2019, envolvendo os quesitos de fiscalização e auditorias de obras e serviços de engenharia.

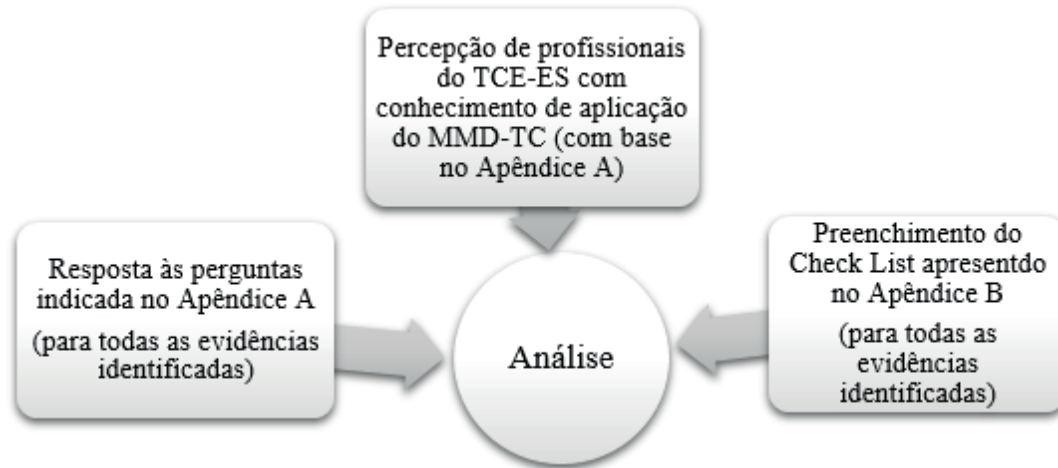
O resultado sintético e analítico da última avaliação do MMD-TC, referente ao TCE-ES, foi disponibilizado à pesquisadora. Esses resultados são numéricos, o que possibilitou uma análise quantitativa, bem como os documentos são comprobatórios do atendimento ou não de quesitos, o que possibilitou uma análise qualitativa.

As evidências utilizadas para cada critério de avaliação atendido no MMD-TC, indicador QATC 16 (Fiscalização e Auditoria de Obras e Serviços de Engenharia), foram analisadas a partir das perguntas formuladas no Apêndice A, construído com base nas diretrizes expostas no item 4, cujas respostas foram do tipo “Sim”, “Não” ou “NA” (não aplicável, quando a pergunta não guardar relação com a evidência).

As conclusões obtidas a partir da análise, exposta no parágrafo anterior, foram subsidiadas, ainda, por duas profissionais do TCE-ES, que detêm conhecimento da aplicação do MMD-TC, convidadas para expor suas percepções quanto à aplicação da medição.

Por fim, o aprofundamento da análise usou como apoio o checklist, construído a partir das diretrizes expostas nos itens 2.1 e 4, disponível no Apêndice B. A Figura 2 apresenta, de forma simplificada, como ocorreu a análise.

Figura 2 – Forma de realização da análise



Fonte: elaboração própria (2021).

## 6 ANÁLISE E DISCUSSÃO DE DADOS

A instituição cujos dados foram utilizados nesta pesquisa foi o Tribunal de Contas do Estado do Espírito Santo – TCE-ES, que disponibilizou todos os dados da última avaliação.

Também, a consolidação dos resultados do último marco de medição de desempenho (MMD-TC), realizado em 2019, está disponibilizado no site da Atricon, em forma de registro de apresentação (ATRICON, 2019a), que ocorreu no I Congresso Internacional dos Tribunais de Contas, em 13 de novembro de 2019.

Todos os 34 tribunais de contas, incluindo a União e o extinto TCM do Ceará foram avaliados nesse último ciclo. O TCE-ES obteve resultado superior quando comparado com a média nacional, equivalente à meta indicada no Plano Estratégico da Atricon para 2023 (ATRICON, 2019c). Dessa forma, a análise dos seus resultados, sob o ponto de vista da inovação, apresentou-se como uma boa referência para a realização da análise apresentada no presente trabalho.

Considerando as evidências utilizadas para cada critério de avaliação atendido, com base nas perguntas indicadas na tabela mostrada pelo Apê-

dice A, cujas respostas foram do tipo “Sim”, “Não” ou “NA” (não aplicável, quando a pergunta não guardar relação com a evidência), foi realizada a análise qualitativa dos atuais requisitos da medição de desempenho de engenharia para os tribunais de contas, alinhada com os princípios da Indústria 4.0, com foco no que representa cada evidência em 2019, ano de realização do MMD-TC. Tal análise foi subsidiada pela percepção de profissionais do TCE-ES que detêm conhecimento da aplicação do MMD-TC.

A partir das respostas às perguntas elaboradas, também foram observados se estão presentes os pilares e princípios da Indústria 4.0 envolvidos no processo, indicados nos Quadros 1 e 2, na forma do *checklist* disponível no Apêndice B.

Ao todo, foram utilizados 22 trabalhos para servir de evidências aos 27 critérios englobados pela dimensão do QATC 16 – Fiscalização e Auditoria de Obras e Serviços de Engenharia.

Entre os dados disponibilizados pelo TCE-ES para a presente pesquisa, encontra-se o documento denominado “Resultados da Avaliação do TCE-ES com base no Marco de Medição de Desempenho dos Tribunais de Contas 2019”, no qual constam como “boas práticas” identificadas: 1. Sistema Integrado de Ouvidoria Conta para Gente (QATC 04); 2. É da Sua Conta (QATC 04); 3. Mestres do TCE (QATC 04); 4. e-TCEES – Protocolo via internet (QATC 04) e; 5. Cidades Controle Social (QATC 04).

Discorrendo de forma analítica sobre cada um dos critérios e respectivas evidências, observa-se, com relação ao critério 16.1.1, que tem por foco a capacitação das equipes, que não foram identificadas relação entre o conteúdo apresentado com o desenvolvimento de competências estratégicas e de análise de dados para as evidências utilizadas. As capacitações apontadas voltaram-se para melhoria de atuação em assuntos rotineiros enfrentados pelos servidores, não refletindo inovação em fiscalização com implementação de análise de dados ou uso de tecnologia avançada em apoio à auditoria, tal como robôs autônomos.

Quanto ao critério 16.1.2, voltado para a existência de manual ou de orientações para auxiliar o planejamento da auditoria, das sete perguntas elaboradas as três primeiras não eram compatíveis para avaliação, sendo considerada uma abordagem inovativa o sistema e-TCEES, usado como evidência ao critério. Das três evidências utilizadas, em uma delas é possível observar características inovadoras. Trata-se do sistema e-TCEES. Com relação ao que existia antes de sua implementação e em relação a outros órgãos, é possível afirmar que o sistema possui características inovadoras. Nesse sentido, sem adentrar no grau de maturidade em relação aos princípios e pilares da Indústria 4.0, mas tal como já observado por Souza *et al.* (2020), estes estão presentes na estrutura do sistema do Tribunal de Contas do Espírito Santo.

A exposição dos autores é coerente com o que se verificou no presente trabalho, com relação ao sistema integrado do Tribunal. Inclusive, esta foi a única evidência assinalada no checklist (Apêndice B), entre as demais utilizadas, como possuindo elementos alinhados aos pilares e princípios da Indústria 4.0. Ainda com relação ao critério 16.1.2, não foram observados pilares, como os robôs autônomos, simulação, nem princípios, como virtualização e orientação de serviço.

Quanto ao critério 16.1.3, sobre sistema de recebimento de informações de obras e serviços de engenharia, e ao critério 16.1.4, relacionado a equipamentos e softwares para fiscalizações de engenharia, não foram observadas características da Indústria 4.0 ou ainda contendo inovações quando comparadas a anos anteriores.

Já o não atendimento ao MMD-TC pelos critérios 16.1.5 e 16.1.6 demonstra alinhamento a um dos pilares da Indústria 4.0, especificamente voltado à big data e análise de dados, que à época do exame ainda não estavam bem caracterizados nas evidências apresentadas.

Nos critérios 16.2.1 a 16.4.6, as evidências utilizadas foram peças técnicas relacionadas a um processo de controle externo. Ao todo, foram

utilizados 14 processos. Em algumas fiscalizações, foram identificados aspectos, como a competência estratégica da equipe e até mesmo relativas à análise de dados. No entanto, nenhum deles pôde ser considerado uma referência inovativa, seja no órgão, seja perante as demais instituições, não tendo sido indicados como “boa prática” pela comissão designada por essa parte da avaliação.

A partir das respostas com base no modelo apresentado no Apêndice A, é possível chegar aos seguintes dados:

Tabela 1 – Resultados quanto ao atendimento das diretrizes 5, 6 e 8 da Declaração de Moscou, em referência a Obras e Serviços de Engenharia (QATC 16)

Critério(s)	16.1.1	16.1.2	16.1.3	16.1.4	16.2.1 a 16.4.6	TOTAL	
Quantidade de perguntas não avaliadas (NA)	15	9	1	5	0	30	19%
Quantidade de respostas positivas (SIM)	0	1	1	0	25	27	18%
Quantidade de respostas negativas (NÃO)	6	11	5	2	73	97	63%
						154	100%

Fonte: elaboração própria (2021).

Conforme se observa na Tabela 1, apenas em 18% dos itens avaliados vinculados à Engenharia foram observados resultados na linha das diretrizes da Declaração de Moscou (INTOSAI, 2019). Das 22 evidências (trabalhos), 16 apresentaram uma ou mais respostas positivas e, destas, 11 responderam “sim” a uma única pergunta. Tal resultado numérico denota a necessidade de melhoria observada a partir dos resultados atuais relacionados à fiscalização de engenharia no que se refere à Indústria 4.0, em especial sob o olhar das diretrizes da Declaração de Moscou (INTOSAI, 2019), não sendo possível afirmar que há algum tipo de alinhamento, salvo algumas exceções, do que se apura por meio do MMD-TC e o que se espera alcançar com a implementação da Quarta Revolução Industrial em nosso cotidiano profissional.

Já com relação ao preenchimento do *checklist* do Apêndice B, apenas uma entre as 22 evidências apresentou características da Indústria 4.0, o que representa 4,5% do total das evidências. Quanto ao total assinalado, este representou apenas 2% da quantidade total de células passíveis de marcação.

Corroborando com esse entendimento o registro das percepções de profissionais com conhecimento da aplicação do MMD-TC, em não predominar como orientação na análise de atendimento aos critérios do MMD-TC, no âmbito dos resultados das fiscalizações de engenharia (QATC 16), o fato de a evidência se tratar ou não de um processo de inovação.

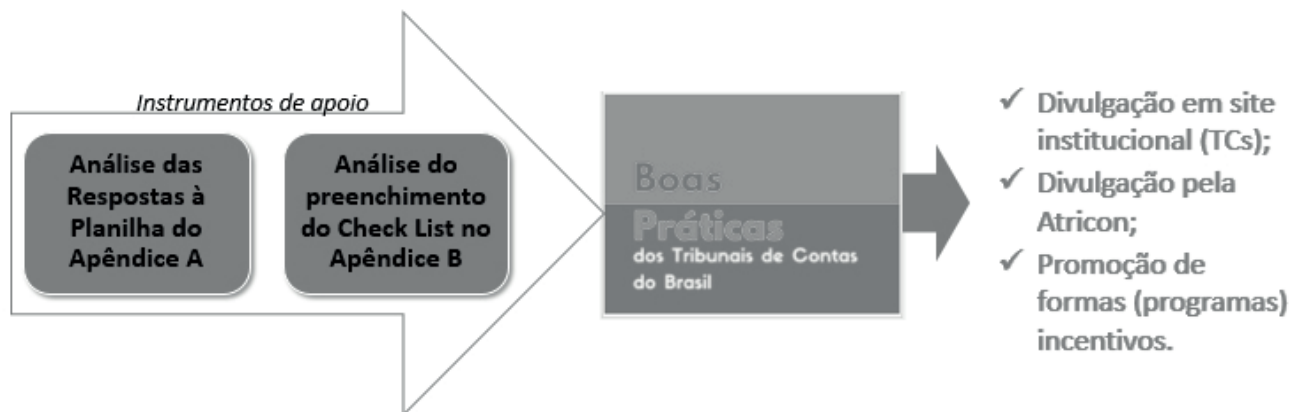
Observa-se, nas orientações específicas para o indicador QATC 16<sup>4</sup>, que, apesar de, em alguns critérios, o seu atendimento pressupor certa medida de inovação alinhada à Indústria 4.0, este não é o foco central do programa no processo de avaliação, em especial pela oportunidade de se utilizar tal mecanismo em alinhar ações de controle externo das mais diversas regiões do país, por vezes, com realidades bem distintas.

Assim, verificou-se que o tema inovação não está inserido em toda a estrutura geral de medição, quando do atendimento aos critérios relacionados a fiscalizações e auditoria de obras e serviços de engenharia, mas sim como um incremento ao programa, condizente com a seleção das evidências denominadas “boas práticas”, cuja forma de realização da análise adotada no presente estudo (o preenchimento e a análise dos modelos indicados pelos apêndices como diretriz para avaliação qualitativa e quantitativa da ação) pode servir como base para a classificação da ação como boa prática inovativa a partir do atendimento de, pelo menos, um critério e sendo uma ação considerada inédita ou incremental quanto à efetividade em comparação à sua predecessora. Acompanhe a Figura 3, que sintetiza a diretriz proposta:

---

4 Orientações Específicas sobre Indicadores – QATC 16. Disponível em: [http://qatc.atricon.org.br/wp-content/uploads/2015/04/QATC-16-\\_14\\_08\\_19.pdf](http://qatc.atricon.org.br/wp-content/uploads/2015/04/QATC-16-_14_08_19.pdf). Acesso em: 9 fev. 2021.

Figura 3 – Apresentação sintetizada da proposta



Fonte: adaptada do *site* da Atricon (2020).

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente artigo teve por objetivo principal analisar os requisitos de desempenho indicados pelo Marco de Medição de Desempenho dos Tribunais de Contas do Brasil (MMD-TC) no âmbito dos resultados das fiscalizações de engenharia, com base nos princípios da Indústria 4.0.

Para tanto, foram resgatados os princípios e os pilares propostos pela Indústria 4.0, indicados os requisitos do MMD-TC do Programa QATC e descritos aqueles aplicados à área de engenharia, bem como também descritas as fiscalizações de engenharia de um tribunal de contas.

Além disso, foram estabelecidas diretrizes para viabilizar a adequada análise dos atuais requisitos do MMD-TC, no âmbito dos resultados das fiscalizações de engenharia, alinhada aos princípios propostos pela Indústria 4.0, aplicados na pesquisa.

No entanto, sendo o Brasil um país de amplitude continental, com grande variedade social, econômica e cultural, observou-se que a abordagem adotada pelo MMD-TC foi a de garantir uma avaliação que auxilie os tribunais em suas mudanças, sem causar grandes impactos negativos nos órgãos.

Por conta disso, o MMD-TC se mostra como a principal ferramenta no processo de melhoria e contínuo aperfeiçoamento dos tribunais de contas (ATRICON, 2019c), aplicado de forma aderente à ISO 17021, que avalia os requisitos para organismos que fornecem auditoria e certificação de sistemas de gestão, cujos critérios evoluem continuamente.

No entanto, não se viu, no método para atribuição das notas, no âmbito dos resultados das fiscalizações de engenharia, foco central na inovação alinhada aos princípios da Indústria 4.0, até mesmo pela finalidade em se avaliar uma gama variada de temas, considerando as diferenças regionais e culturais onde se situam os tribunais de contas estaduais e municipais.

Essa variedade de finalidades pode ser observada, de uma forma geral, e é indicada no Manual de Procedimentos do MMD-TC, versão 1.0, que elenca como benefícios de sua aplicação: implementação das diretrizes da Atricon, das NBASP e das ISSAIs; a demonstração do progresso, valor e benefícios para a sociedade; a medição do desempenho interno; e a obtenção para apoio para iniciativas de desenvolvimento e de capacidades.

Por outro lado, por conta da amplitude da avaliação, é possível identificar ações inovadoras entre aquelas que atenderam aos critérios do MMD-TC, apresentadas na etapa da avaliação voltada para a seleção de “boas práticas” e, conseqüentemente, a divulgação entre os tribunais se apresenta como a melhor opção para inserir diretrizes de análise como as propostas no presente trabalho.

A contribuição do presente artigo se revela como meio de incentivar ações de inovação, no âmbito dos resultados das fiscalizações de engenharia, por meio do MMD-TC, com a utilização dos modelos dos Apêndices A e B para identificar “boas práticas” vinculadas aos princípios da Indústria 4.0 e alinhadas à Declaração de Moscou (INTOSAI, 2019).

Da mesma forma, analisar os requisitos indicados pelo Marco de Medição de Desempenho dos Tribunais de Contas do Brasil (MMD-TC), no âmbito dos resultados das fiscalizações de engenharia, com base nos

princípios propostos pela Indústria 4.0, mostra-se um propulsor para destacar a importância da Indústria 4.0 no cenário público que envolve os Tribunais de Contas.

Como sugestão para futuros trabalhos, propõe-se a realização de um diagnóstico completo de como se situa esse instrumento de avaliação em termos dos princípios da Indústria 4.0, além da implementação de pontos adicionais de análise que se refiram, especificamente, ao governo 4.0.

## REFERÊNCIAS

ABNT. **Avaliação da conformidade** Requisitos para organismos que fornecem auditoria e certificação de sistemas de gestão. Disponível em: <https://qualidadeonline.wordpress.com/2021/12/01/a-conformidade-dos-organismos-de-auditoria-e-certificacao-de-sistemas-de-gestao/#:~:text=A%20NBR%20ISO%20FIEC%2017021,compet%C3%Aancia%20adicionais%20para%20o%20pessoal> . Acesso em: 20 abr. 2022.

ATRICON. **Marco de Medição do Desempenho dos Tribunais de Contas MMD-TC**. Brasília: Atricon, 2014. Disponível em: <http://www.atricon.org.br/mmd-tc/>. Acesso em: 17 mar. 2021.

ATRICON. **Qualidade e agilidade dos Tribunais de Contas: diretrizes e marco de medição de desempenho**. Brasília: Atricon, 2017. Disponível em: [http://www.atricon.org.br/wp-content/uploads/2017/11/PDF\\_LIVRO\\_2017-ATRICON.pdf](http://www.atricon.org.br/wp-content/uploads/2017/11/PDF_LIVRO_2017-ATRICON.pdf). Acesso em: 10 abr. 2020.

ATRICON. **Portaria Atricon nº 02, de 28 de maio de 2020**. Institui a Comissão de Coordenação Geral do Marco de Medição de Desempenho dos Tribunais de Contas do Brasil – MMD-TC para o biênio 2020/2021. Disponível em: <http://www.atricon.org.br/wp-content/uploads/2020/05/Portaria-Atricon-02-2020-1.pdf>. Acesso em: 7 set. 2020.

**ATRICON. Avaliação dos Tribunais de Contas MMD-TC 2019.** 2019a. Disponível em: <https://www.Atricon.org.br/wp-content/uploads/2019/11/apresenta%C3%A7%C3%A3o-MMD-TC-ciclo-2019-XXX-Congresso-da-Atricon-I-Congresso-Internacional-dos-TCs-13-11-2019-prezi.pdf>. Acesso em: 14 jan. 2021.

**ATRICON. Manual de Procedimentos do MMD-TC.** 2019b. Versão 1.0, de 15/03/2019. Disponível em: <http://qatc.Atricon.org.br/wp-content/uploads/2019/03/2.-Manual-de-Procedimentos-MMD-TC-v.1.pdf>. Acesso em: 13 fev. 2021.

**ATRICON. Resultado da avaliação do TCE-ES com base no Marco de Medição de desempenho dos Tribunais de Contas.** 2019c. Brasília, Distrito Federal (Dados disponibilizados pelo órgão para a presente pesquisa).

**ATRICON. Resultados do ciclo 2019 do MMD-TC são apresentados.** 2019d. Disponível em: <https://atrimon.org.br/resultados-do-ciclo-2019-do-mmd-tc-sao-apresentados-no-i-citc/>. Acesso em: 20 abr. 2022.

BAYGIN, M.; YETIS, H.; KARAKOSE, M.; AKIN, E. Effect analysis of Industry 4.0 to higher education. 15TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION TECHNOLOGY BASED HIGHER EDUCATION AND TRAINING (ITHET), 2016.

BLOCH, C.; BUGGE, M. M. **Public sector innovation: from theory to measurement.** [S. l.]: Elsevier B. V, 2013.

**BOAS PRÁTICAS. Boas práticas dos Tribunais de Contas no Brasil.** Disponível em: <https://boaspraticas.atrimon.org.br/>. Acesso em: 30 ago. 2020.

BRASIL. Tribunal de Contas da União. **Relatório de Pesquisa: contratação de soluções inovadoras pela Administração Pública**. [Brasília]: TCU, 2019.

CHOGUILL, C. The research design matrix: a tool for development planning research studies. **Habitat International**, [s. l.], v. 29, n. 4, p. 615-626, 2005.

DENHARDT, J. V.; DENHARDT, R. B. **The New Public Service: serving, not steering**. Expanded edition. Nova York: M. E. Sharpe, 2003.

DIMARIA, E.; BETTIOL, M.; CAPESTRO, M.; FURLAN, A. Do Industry 4.0 technologies lead to more (and better) knowledge? **Proceedings of the European Conference on Knowledge Management**, 2018. v. 1.

DRATH, R. Industrie 4.0: eine Einführung. **Open Automation**, [s. l.], p. 2-7, 2014.

HERMANN, M.; PENTEK, T.; OTTO, B. Design principles for Industrie 4.0 scenarios: s literature review. **Technische Universität Dortmund**, [s. l.], p. 11-13, 2015.

HUBA, M.; KOZAK, S. K. From E-learning to Industry 4:0. 2016 INTERNATIONAL CONFERENCE ON EMERGING E LEARNING TECHNOLOGIES AND APPLICATIONS (ICETA), 2016.

INTOSAI. Declaração de Moscou. XXIII CONGRESSO INTERNACIONAL DAS ENTIDADES FISCALIZADORAS SUPERIORES – INCOSAI, 2019. Acessível em: [https://irbcontas.org.br/wp-content/uploads/2020/04/Declara%C3%A7%C3%A3o\\_de\\_Moscou\\_2019\\_-\\_tradu%C3%A7%C3%A3o\\_livre.pdf](https://irbcontas.org.br/wp-content/uploads/2020/04/Declara%C3%A7%C3%A3o_de_Moscou_2019_-_tradu%C3%A7%C3%A3o_livre.pdf). Acesso em: 25 jan. 2021.

JANOWSKI, T. Digital government evolution: from transformation to contextualization. **Government Information Quarterly**, [s. l.], v. 32, n. 3, p. 221,236, 2015.

KACZMARCZYK, V.; BASTÁN, O.; BRADÁC, Z.; ARM, J. An Industry 4.0 testbed (self-acting barman): principles and design. **IFAC Papers OnLine**, [s. l.], v. 51, n. 6, p. 263-270. 2018.

KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. **Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0**. Final report of the Industrie 4.0 Working Group. [S. l.]: Acatech – German Academy of Science and Engineering, 2013.

LANDHERR, M.; SCHNEIDER, U.; BAUERNHANSL, T. The application center Industrie 4.0 Industry-driven manufacturing, research and development, *Procedia CIRP*. **Elsevier B**, [s. l.], v. 57, p. 26-31, 2016.

LASI, H.; FETTKE, P.; KEMPER, H. G. *et al.* Industrie 4.0. **Wirtschaftsinformatik**, [s. l.], p. 261-264, ago. 2014.

LIMA, L. H.; CASTRO, R. B. **Aprender, compartilhar e multiplicar: síntese das apresentações do 1º laboratório de boas práticas do controle externo**. Cuiabá: PubliContas, 2018. Disponível em: [http://www.Atricon.org.br/wp-content/uploads/2018/12/e-book\\_aprender\\_compartilhar\\_multiplicar.pdf](http://www.Atricon.org.br/wp-content/uploads/2018/12/e-book_aprender_compartilhar_multiplicar.pdf). p. 59/60. Acesso em: 20 jul. 2020.

LINDGREN, I.; MADSEN, C. O.; HOFMANN, S.; MELIN, U. Close encounters of the digital kind: a research agenda for the digitalization of public services. **Government Information Quarterly**, [s. l.], v. 36, n. 3, p. 427-436, jul. 2019.

Mafokwane, S. Z.; Kallonb, D. V. V.; Nkosib, M.; Chiromob, F. Design of a tri-adjustable automated heavy-duty handling system based on Industry 4.0 principles. **Procedia Manufacturing**, [s. l.], v. 35, p. 187-196, 2019.

MEIJER, A.; BEKKERS, V. A metatheory of e-government: creating some order in a fragmented research field. **Government Information Quarterly**, [s. l.], v. 32, n. 2, maio 2015.

MELATI, C.; JANISSEK-MUNIZ, R. Governo inteligente: análise de dimensões sob a perspectiva de gestores públicos. **Revista de Administração Pública – RAP**, Rio de Janeiro, v. 54, n. 3, p. 400-415, maio/jun. 2020. Disponível em: <https://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rap/article/view/81259/77605>. Acesso em: 28 out. 2021.

MERGEL, I.; EDELMANN, N.; HAUG, N. Defining digital transformation: results from expert interviews. **Government Information Quarterly**, [s. l.], v. 36, n. 4, out. 2019.

MULLER, J. M.; DASCHLE, S. Business model innovation of Industry 4.0 solution providers towards customer process innovation. **Processes**, [s. l.], v. 6, n. 12, 2018.

NETO, A. A.; PEREIRA, G. B.; DROZDA, F. O.; SANTOS, A. P. L. A busca de uma identidade para a Indústria 4.0. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 4, n. 4, p. 1379-1395, 2018.

OCDE/EUROPEAN UNION. **Manual de Oslo 2018**. [S. l.]: OCDE, 2018.

OCDE. **Recommendation of the Council on Digital Government Strategies 2014**. [S. l.]: OCDE, 2018.

OSBORNE, D.; GAEBLER, T. **Reinventando o governo**: como o espírito empreendedor está transformando o setor público. 7. ed. Brasília: MH Comunicação, 1995.

PEREIRA, F. N. *et al.* Nova gestão pública e nova governança pública: uma análise conceitual comparativa. **Revista Espacios**, [s. l.], v. 38, n. 7, 2017.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. de. **Metodologia do trabalho científico**: método e técnicas de pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

QATC. **Programa Qualidade e Agilidade dos Tribunais de Contas**. Disponível em: <http://qatc.atricon.org.br/pagina-exemplo/>. Acesso em: 26 out. 2019.

QATC. **MMD-TC edições anteriores**. Disponível em: <http://qatc.atricon.org.br/mmd-tc/mmd-tc-edicoes-anteriores/>. Acesso em: 30 ago. 2020.

RÜSSMANN, M.; LORENZ, M.; WALDNER, M.; ENGEL, P.; HARNISCH, M.; JUSTUS, J. Industry 4.0: the future of productivity and growth in manufacturing industries. BCG, 9 abr. 2015. Disponível em: [https://www.bcg.com/pt-br/publications/2015/engineered\\_products\\_project\\_business\\_industry\\_4\\_future\\_productivity\\_growth\\_manufacturing\\_industries](https://www.bcg.com/pt-br/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries). Acesso em: 30 mar. 2022.

SCHWAB, K. M. **A Quarta Revolução Industrial**. São Paulo: EDIPRO, 2016.

SCHUH, G.; POTENTE, T.; WESCH-POTENTE, C.; WEBER, A. R.; PROTE, J. P. Collaboration mechanisms to increase productivity in the context of Industrie 4.0, **Robust Manufacturing Conference (RoMaC 2014)**, *Procedia CIRP* 19, [s. l.], v. 19, p. 51-56, 2014.

SCUPOLA, A.; ZANFEI, A. Governance and innovation in public sector services: the case of the digital library. **Government Information Quarterly**, [s. l.], v. 33, n. 2, p. 237-249, 2016.

SOUZA, J. B.; PEREIRA, F. H. M.; ZOUAIN, S. P. V.; LAFETÁ, E. A. M. A Indústria 4.0 no setor público de países emergentes: avaliação em um estado brasileiro. *In*: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE GESTÃO PÚBLICA, INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE SINGEP, VIII., 2020. São Paulo. **Anais eletrônicos** [...]. Disponível em: [http://submissao.singep.org.br/8singep/anais/resumo?cod\\_trabalho=312](http://submissao.singep.org.br/8singep/anais/resumo?cod_trabalho=312). Acesso em: 9 fev. 2020.

STEFANO, F.; JANKAVSKI, A.; YOSHIDA, E. A hora e vez do governo 4.0. **Exame**, 27 jun. 2019. Disponível em: <https://exame.com/revista-exame/a-hora-e-vez-do-governo-4-0/>. Acesso em: 30 mar. 2022.

TAQUES, F. H.; LÓPEZ, M. G.; BASSO, L. F.; AREAL, N. Indicators used to measure service innovation and manufacturing innovation. **Journal of Innovation & Knowledge**, [s. l.], v. 6, p. 11-26, 2020.

## APÊNDICE A – MODELO DE PLANILHA UTILIZADO PARA ANÁLISE DAS EVIDÊNCIAS

Evidências (trabalho utilizado):			TrabalhoX (descrição)
Critério(s) de avaliação em que foi ou poderá ser utilizado como evidência?			16.1.1; ...
Big data/ Análise de dados	1	No planejamento (fase preliminar) utilizado no trabalho que serviu de evidência, foram realizadas pesquisas analíticas de “big data” (base de dados com volume significativo de dados como fonte de informação)?	
	2	Na fiscalização do trabalho que serviu de evidência, foi utilizada técnica de análise de dados (coleta de dados – captação própria, externa, ambas – para prover uma atualização regular dos dados e permitir um acompanhamento em tempo real de problemas críticos ou de áreas de maior risco)?	
	3	A metodologia aplicada no trabalho que serviu de evidência fez parte da replicação de estudos científicos ou de parcerias com instituições acadêmicas ou estudos de outras instituições?	
Evidência como Referencial de inovação	4	O trabalho que serviu como evidências é referenciado em congressos voltados aos TCs no Brasil ou ainda pela INTOSAI como experiência e conhecimento de utilização de “big data” em auditorias (fiscalizações)?	
	5	O trabalho que serviu como evidência foi considerado uma abordagem experimental inovativa para o órgão, seja em termos de produto, seja em termos de processo, quando comparado a trabalhos anteriores?	
Competência das equipes	6	No trabalho utilizado como evidência, é possível identificar a competência estratégica da equipe (entendendo-se estratégica como habilidade de análise de viabilidade, pensamento orientado por hipóteses, identificação de relações causais, orientação por metas, previsão, planejamento estratégico, pensamento sistêmico, priorização)?	
	7	No trabalho utilizado como evidência, é possível identificar a competência de análise de dados da equipe (trabalho com conjuntos e bases de dados, visualização de dados, apresentação de dados complexos, normalmente envolvendo grande volumes de dados)?	

Fonte: adaptado de Declaração de Moscou (INTOSAI, 2019).

## APÊNDICE B – CHECKLIST PARA IDENTIFICAÇÃO DOS PRINCÍPIOS E PILARES DA INDÚSTRIA 4.0 NAS EVIDÊNCIAS UTILIZADAS NO MMD-TC

Evidências (trabalho utilizado):	TrabalhoX (descrição)
Critério(s) de avaliação em que foi(foram) ou poderá(poderão) ser utilizado(s) como evidência?	16.1.1; ...
<u>Big data e análise</u> : coleta e avaliação de muitas fontes de dados de muitas fontes diferentes.	
<u>Robôs autônomos</u> : uso de robôs em tarefas mais precisas e inteligentes.	
<u>Simulação</u> : testes em dados, em tempo real, para apresentar um modelo virtual do mundo físico.	
<u>Integração horizontal e vertical</u> : integração de comunicação e cooperação ao longo de processos padronizados, tanto de forma horizontal quanto vertical.	
<u>Internet das Coisas</u> : rede mundial de objetos interconectados e uniformes, que permite a conexão com o ambiente, a resposta imediata se algo mudar e a onipresença de fornecer locação, condições físicas ou atmosféricas do objeto.	
<u>Segurança cibernética e sistemas físicos cibernéticos</u> : comunicações seguras e confiáveis.	
<u>Nuvem</u> : plataforma em TI baseada em nuvem.	
<u>Manufatura aditiva</u> : processos para proporcionar maior agilidade e menores custos, com maior possibilidade de individualização e atendimento das expectativas do cliente.	
<u>Realidade aumentada</u> : variedades de informações em tempo real usadas para tomadas de decisão e procedimentos de trabalho.	
<u>Interoperabilidade</u> : capacidade do CPS, pessoas e todos os outros componentes das fábricas inteligentes de se comunicarem usando redes dedicadas.	
<u>Virtualização</u> : substituição de protótipos físicos por designs, meios e processos de produção virtual. O comissionamento real é, então, realizado dentro de um único procedimento integrado, envolvendo o fabricante e o fornecedor.	
<u>Operação em tempo real</u> : pré-condição-chave para comunicação, tomada de decisão e controle em sistemas do mundo real.	
<u>Descentralização</u> : a tomada de decisão e o controle são realizados de forma autônoma e em paralelo dentro dos subsistemas individuais, que se comunicam por uma rede comum (IoT).	
<u>Concentração em serviços</u> : preferência natural por ações que sejam a oferta e a utilização de serviços-padrão (Arquitetura SOA).	

## APÊNDICE B – CHECKLIST PARA IDENTIFICAÇÃO DOS PRINCÍPIOS E PILARES DA INDÚSTRIA 4.0 NAS EVIDÊNCIAS UTILIZADAS NO MMD-TC (continuação)

<p><u>Modularidade</u>: reconfigurabilidade, em que os sistemas apresentam a máxima modularidade e capacidade de reconfiguração autônoma com base no reconhecimento automático das condições presentes.</p>	
<p><u>Orientação de serviço</u>: consiste no desenvolvimento de softwares customizados, direcionados aos serviços da Indústria 4.0. Para isso, é utilizada a internet dos serviços, que integra os usuários e as máquinas por meio de programas adaptáveis a cada necessidade. Esses softwares, são literalmente feitos sob medida. O resultado é uma flexibilidade maior e melhor usabilidade dessas soluções integradas.</p>	
<p><u>Integração horizontal</u>: estendendo-se dos sistemas que recebem e confirmam um pedido, passando pela seção de manufatura, até o despacho do produto acabado e o suporte ao seu ciclo de pós-produção. Essa etapa inclui a possibilidade de otimizar os processos de fabricação em toda a cadeia de valor.</p>	
<p><u>Integração vertical</u>: desde o nível mais baixo de controle automático de processos físicos, caracterizados por demandas de tempo crítico, passando pela gestão do setor de manufatura até a alocação dos recursos da empresa por meio de sistemas ERP, com constantes de tempo na ordem de dias ou semanas.</p>	

Fonte: adaptado de Rüßmann *et al.* (2015); Landherr *et al.* (2016); Schuh (2014); Kaczmarczyk *et al.* (2018).