

## 1 Introdução

Os avanços tecnológicos têm causado mudanças importantes na produtividade das empresas desde o surgimento da revolução industrial. Estes progressos resultam na aproximação do mundo físico com o mundo virtual (ciberespaço), na forma de sistemas ciberfísicos (*Cyber-Physical Systems* - CPS). Deste modo, é possível conectar recursos, informações, objetos e pessoas em rede, criando a Internet das Coisas (*Internet of Things* - IoT). De maneira análoga, a indústria também vem sentindo os efeitos dessa evolução tecnológica, caracterizada como o quarto estágio da industrialização, a chamada Indústria 4.0 (Kagermann et al., 2013). Neste novo ambiente, os sistemas e as máquinas são interconectados por meio de tecnologias digitais avançadas de Tecnologia de Informação (TI), tais como CPS, IoT, *Big Data* e *Cloud Computing* (CC) (Rubmann et al., 2015).

A digitalização está se tornando o modo operacional ao longo da cadeia de valor na indústria automotiva, na qual processos de automação avançada, inteligência artificial e a manufatura aditiva estão remodelando os processos tradicionais (Collie, 2019). Para manter a competitividade, as organizações precisam considerar essas novas tecnologias e ajustar também os processos existentes (Sjödin et al., 2018). Um aspecto importante a ser avaliado referente aos investimentos para a adoção de tecnologias 4.0 são os benefícios esperados, como a otimização, o controle e a flexibilização dos processos produtivos, monitorados em tempo real durante toda a cadeia de valor, resultando em maior competitividade através da produtividade, customização e qualidade dos produtos a custos menores (Kiel et al., 2017). Segundo Rubmann et al. (2015), essas tecnologias promovem o crescimento industrial, modificando o perfil da força de trabalho e alterando também a competitividade das empresas e regiões.

A adoção das tecnologias da Indústria 4.0 no setor automotivo no Brasil ainda se encontra em fase de maturidade e implementação. Segundo uma pesquisa realizada em 138 empresas do setor automotivo no Brasil em 2019, 65,7% das empresas admitiram que estão longe da transformação digital, sendo que apenas 37,3% estão fazendo algo para lidar com essa situação; 45% ainda não iniciaram ações e 16,8% ainda acreditam que a transformação digital não seja uma prioridade (Cesar, 2019). Esses dados confirmam que apesar das empresas deste setor entenderem a importância estratégica de se investir nessas tecnologias, em função da complexidade tecnológica e também das recentes dificuldades do cenário econômico brasileiro, essas não entendem ainda quais são os reais benefícios que podem ser alcançados, o que é necessário modificar em suas organizações para que se possa implementar estas tecnologias.

A pesquisa de Cesar (2019) corrobora o exposto por Sjödin et al. (2018), que em função da crescente diversidade e complexidade destas tecnologias 4.0 e, por consequência, da necessidade do envolvimento de várias áreas por se tratar de sistemas mais integrados, benefícios como melhor eficiência operacional, redução de custos e melhor qualidade do produto são diversos e difíceis de identificar, descrever, medir e quantificar. Em muitos casos, é difícil relacionar as melhorias de desempenho dos negócios à adoção destas tecnologias, pois geralmente resultam de uma combinação de tecnologia avançada e outras alterações nas formas de trabalho. Deste modo, as organizações não realizaram avaliações consistentes dos benefícios e nem reconhecem que a opção pelas tecnologias digitais exigirá a implementação de mudanças para que as eficiências possam ser maximizadas (Love & Matthews, 2019).

Love e Matthews (2019) apontam ainda que, pelo fato das tecnologias da Indústria 4.0 serem recentes, os seus benefícios ainda não foram investigados de maneira estruturada na literatura, assim como não parece haver evidências empíricas. Em função disso, a avaliação dos benefícios continua sendo um obstáculo, pois a complexidade dessas tecnologias e a ausência de boas práticas da indústria dificultam sua identificação. Assim, esta pesquisa utilizou uma das

ferramentas da abordagem teórica “Gestão de Benefícios” (GB), de Ward e Daniel (2012), a “Rede de Dependência de Benefícios”(RDB), para auxiliar na análise dos benefícios que podem ser alcançados em função da adoção de tecnologias 4.0 a partir de uma visão sistêmica.

Deste modo, este trabalho pretendeu responder à seguinte questão de pesquisa: Como as empresas do setor automotivo brasileiro podem alcançar benefícios com a adoção de tecnologias da Indústria 4.0? Esta pesquisa, de caráter exploratório, foi realizada através de um estudo de casos múltiplos em duas organizações do setor automotivo brasileiro.

## 2 Referencial teórico

### 2.1 Conceitos e tecnologias da Indústria 4.0

A Indústria 4.0, considerada a quarta revolução industrial é liderada pela manufatura inteligente e o seu conceito baseia-se na integração de tecnologias da informação e comunicação ou “*Information and Communication Technologies*” (ICTs), tecnologias industriais e depende, principalmente, da construção de sistemas ciber-físicos (CPS) para realizar uma fábrica digital e inteligente, orientada a informações, de modo personalizado e limpo (Zhou et al., 2016). Seu objetivo é construir um modelo de produção altamente flexível de produtos e serviços personalizados e digitais, com interações em tempo real entre pessoas, produtos e dispositivos durante o processo produtivo (Zhou et al., 2016).

Neste ambiente, estes sistemas abrangerão máquinas inteligentes e sistemas de produção capazes de trocar informações de forma autônoma, desencadeando ações e controlando cada uma de modo independente. Em essência, a Indústria 4.0 envolverá a integração técnica dos CPS na fabricação, logística e no uso da IoT nos processos industriais. Isto terá implicações na criação de valor, modelos de negócios, serviços de *downstream* e na organização do trabalho (Kagermann et al., 2013).

Algumas definições das principais tecnologias da Indústria 4.0 são descritas a seguir:

- “Os sistemas ciber-físicos, ou *Cyber-Physical Systems* (CPS), são integrações de computação com processos físicos. Computadores e redes embarcadas monitoram e controlam os processos físicos, geralmente com *loops* de *feedback* nos quais os processos físicos afetam os cálculos e vice-versa” (Lee, 2008, p.363).
- A Internet das coisas ou *Internet of Things* (IoT) refere-se à interconexão em rede de objetos de uso cotidiano, equipados com inteligência onipresente. A IoT aumentará a onipresença da Internet ao integrar todos os objetos em sistemas instalados, através uma rede de dispositivos que se comunica com seres humanos e com outros dispositivos (Xia et al., 2012).
- A Computação em Nuvem ou *Cloud Computing* (CC) é definida como “um modelo para permitir acesso onipresente, conveniente e de rede sob demanda a um conjunto compartilhado de recursos de computação configuráveis que podem ser rapidamente provisionados e liberados com mínimo esforço de gestão ou interação com o provedor de serviços” (Xu, 2012, p.75).
- O *Big Data* descreve uma grande quantidade de dados estruturados, semi e não estruturados, criados por fontes de dados. Para os dados em si, refere-se aos dados massivos que não puderam ser coletados, armazenados, analisados e computados por ferramentas de dados em um tempo tolerável. O *Big Data* também é interpretado como a capacidade de adquirir rapidamente o valor e as informações de grandes quantidades de dados (Qi & Tao, 2018).

- A Inteligência Artificial, ou *Artificial Intelligence* (AI) refere-se à capacidade das máquinas de compreender, pensar e aprender de forma semelhante aos seres humanos, indicando a possibilidade de utilizar computadores para simular a inteligência humana (Pan, 2016).

## 2.2 Gestão de Benefícios e Rede de Dependência de Benefícios

A abordagem Gestão de Benefícios (GB), inicialmente desenvolvida por Ward et al. (1996), é definida como sendo “o processo de organização e gerenciamento, de modo que os possíveis benefícios decorrentes do uso de sistemas de informação ou tecnologias de informação (SI/TI) sejam efetivamente realizados” (Ward & Daniel, 2012, p.8).

A GB é operacionalizada pelo relacionamento coerente entre elementos da Rede de Dependência de Benefícios (RDB), baseando-se na gerência de responsabilidades dos *stakeholders*, relevantes para as mudanças no trabalho. É importante determinar as mudanças necessárias para a entrega destes benefícios e como o desenvolvimento de SI/TI permitirá que elas ocorram. A RDB relaciona a funcionalidade dos SI/TI por meio de mudanças organizacionais e dos negócios aos benefícios identificados. Conforme as mudanças necessárias são identificadas, essa rede de mudanças e benefícios se desenvolverá, e a viabilidade de alcançar os benefícios será verificada (Ward & Daniel, 2012).

Segundo Ward e Daniel (2012), a RDB é composta de seis componentes: *drivers*, objetivos do investimento, benefícios do negócio, mudanças do negócio, *enabling changes* e *SI/TI enablers*.

Os “*drivers*” identificam as forças que atuam na organização, o que exige alterações a serem feitas na mesma, em relação ao modo de execução de seus negócios. Estes *drivers*, gerados pela alta direção da organização são estratégicos para o futuro da empresa como um todo.

A partir dos *drivers*, os objetivos de investimento são um conjunto de metas declaradas de forma clara, que definam o resultado para o projeto. Após a formulação dos objetivos, os benefícios podem ser identificados levando-se em conta o desempenho das melhorias que serão realizadas se cada um desses objetivos for alcançado (Ward & Daniel, 2012). Estes benefícios do negócio, atrelados a objetivos específicos de investimento, devem ser específicos para um indivíduo ou grupo de *stakeholders*. Após identificar os *drivers*, os objetivos do investimento e os benefícios do negócio (lado direito da RDB), é necessário identificar as mudanças nas formas que indivíduos trabalham, sendo estas mudanças necessárias para a realização dos benefícios potenciais identificados. Dois tipos distintos de mudanças precisam ser realizadas: mudanças nos negócios e processos alavancadores de mudanças (mencionadas como “*enabling changes*”).

As mudanças nos negócios são novas formas de trabalhar, podendo incluir diferentes tipos de mudanças como processos novos, novas funções, operação de novas equipes, novos formatos de governança, novas métricas, novas formas de avaliação e recompensa e novo gerenciamento de informações. Os *enabling changes*, por sua vez, são processos alavancadores para as mudanças necessárias e em geral incluem atividades como: treinamentos; mapeamento de processos; definição de novas funções; regras para a migração e desativação de sistemas legados; nova governança de informações e realocação de recursos.

Após identificar os principais negócios e as mudanças necessárias para que seja possível alcançar os benefícios, os *IS/IT enablers* são as tecnologias facilitadoras, necessárias e que precisam ser considerados no modelo RDB (Ward & Daniel, 2012). Caso estas IS/IT resultem na necessidade de atividades adicionais de *enabling changes*, estas devem ser adicionadas na RDB. As ligações explícitas mostradas na RDB permitem visualizar possíveis restrições de

capacidade, bem como identificar as implicações da nova funcionalidade e, portanto, melhores decisões a serem tomadas sobre a necessidade de investimento ou não de novos SI/TI (Peppard et al., 2008).

De uma forma geral, Peppard et al. (2008) comentam que essa ferramenta permite que os gerentes identifiquem e mapeiem todas as alterações necessárias de modo que os benefícios e resultados esperados sejam alcançados, mostrando com clareza como essa alteração será ativada pelas tecnologias digitais. A rede resultante mostra como os benefícios esperados serão entregues por meio de mudanças interligadas de tecnologia e de negócios.

### 2.3 Transformação digital e benefícios da adoção das tecnologias da Indústria 4.0 no setor automotivo

As organizações de modo geral têm enfrentado muitos desafios com relação a estratégias de transformação digital, impactando até setores que sempre dependeram de materiais de conteúdo físico, como é o caso das organizações automotivas. Trata-se de um desafio para a alta gestão, pois este setor é um tradicional fabricante de produtos físicos, onde os processos de desenvolvimento e as estruturas organizacionais são ajustadas e refletidas no produto final que atende uma necessidade humana, ou seja, o veículo, não pode ser digitalizado de forma plena (Piccinini et al., 2015).

As tecnologias da Indústria 4.0, segundo Martinez (2019), também trazem novos desafios para as organizações, dada a complexidade da implementação dessas novas tecnologias. Os seus impactos, especificamente na indústria automotiva, ainda são pequenos e não parece haver perspectivas claras para sua implementação e difusão nos próximos anos, ao menos no tocante à produção em massa (Pardi, 2019).

De acordo com pesquisas efetuadas na Alemanha sobre o impacto da Indústria 4.0 no setor automotivo, alguns benefícios são esperados: redução de custos de manufatura de 10% a 20%; ganhos de produtividade em termos monetários de 6% a 9%; incremento anual de 30 bilhões de Euros, gerando aumento no nível de emprego de 6% nos próximos 10 anos (Rubmann et al., 2015).

Segundo Arnold et al. (2016), devido à natureza do setor automotivo ser direcionada para a eficiência, tecnologias digitais como a IIoT (*Industrial Internet of Things*), já estavam sendo procuradas por apresentar potenciais para otimização de produto e processo, o que foi intensificado com o advento da Indústria 4.0.

A Tabela 1 apresenta as categorias de benefícios considerando as tecnologias da Indústria 4.0 no setor automotivo.

Tabela 1 - Benefícios das tecnologias da indústria 4.0 no setor automotivo

Benefício	Características principais	Autor(es)
Manufatura	Ferramentas de simulação avançadas, conhecidas como "Digital Twin" (DT) criando a fábrica digital, espelhando e convergindo com o mundo físico. Inovação na criação de valor como aumento da disponibilidade de dados, decisões mais rápidas, maior capacidade de reação e flexibilidade, aumento da eficiência e transparência das informações dos processos fabris Maior eficiência do processo, através da análise contínua de dados operacionais; Menor custo operacional, através da otimização do processo; Maior qualidade do produto, monitoramento em tempo real e uma abordagem preditiva; Maior segurança e sustentabilidade, redução da questão ambiental	Sjödin et al. (2018); Müller et al. (2018); Weyer et al. (2016)
Manufatura enxuta ("lean manufacturing")	Integração da Indústria 4.0 à produção enxuta e, além disso, aprimorando esta produção e reduzindo as redundâncias do processo, pela integração crescente das TIC e das CPS Ambiente CPS de entrega Just in time (JIT), baseado em tecnologias como CPS, Big Data e AI, reduzindo a necessidade de armazenagem	Mrugańska & Wyrwicka (2017); Wagner et al. (2017),
Flexibilidade, desenvolvimento e customização de produtos	Manufatura aditiva ou additive manufacturing (AM) como facilitador para a digitalização da manufatura, gerando um impacto na produtividade, reduzindo o trabalho manual e os desperdícios Processo de personalização em massa, com linhas de produção de motocicletas flexíveis, automatizadas e modernas, através de IoT, CPS, sensores inteligentes, gerenciamento e análise de dados.	Scholer & Müller (2017); Wang et al. (2017)
Manutenção preditiva	Machine learning (ML) inteligentes, utilizadas para prever falhas em equipamentos. Oculos de realidade aumentada (AR): apoio ao trabalhador na manutenção preditiva. Algumas melhorias são esperadas como: maior previsão de falhas, redução de paradas e eliminação do fator humano Sistemas de Manufatura Preditiva (SMP): melhora o desempenho do equipamento através de sensoramento inteligente, análise preditiva, prevenindo falhas do equipamento, visibilidade do processo geral de fabricação e a qualidade do produto.	Nikolic et al. (2017); Landgrebe et al. (2019);
Negócio	Tecnologias digitais para responder à crescente mudança no estilo de vida digital dos clientes, onde o próprio veículo pode mudar de símbolo de status para um dispositivo para experiências digitais. Com base nas tendências digitais de Big Data, CC e tecnologia móvel, os fabricantes de automóveis estão capacitados com novas possibilidades de oferecer soluções de mobilidade, conectividade e selfdriving, oferecendo benefícios que geram valor agregado através de serviços.	Hanelt et al. (2015); Dremel et al. (2017)
Ergonomia	Ergonomia virtual: consequência natural das tecnologias desenvolvidas na Indústria 4.0; oportunidade de segurança nos locais de trabalho para as empresas, projetando e reduzindo intervenções corretivas de forma drástica. Projetos centrados no ser humano nos locais de trabalho: redução de custos e tempo, melhoria do bem estar dos trabalhadores.	Caputo et al. (2018)
Tempo de resposta ao mercado	Novos produtos e soluções de serviço sendo mais orientados para o cliente, com maior transparência, bem como com tempos de resposta mais rápidos; aumento da conectividade entre as empresas: interação mais abrangente entre fornecedores e clientes. Refletido pelo maior envolvimento do cliente na engenharia e design do produto.	Arnold et al. (2016); Müller et al. (2018)

Fonte: elaborado pelos autores.

### 3 Metodologia e procedimentos de pesquisa

Esta pesquisa utilizou uma abordagem qualitativa e exploratória. Segundo Creswell (2013), a pesquisa qualitativa procura explorar e entender de uma forma mais profunda e flexível o significado que grupos ou indivíduos atribuem a um determinado problema. Este estudo procurou entender como os benefícios em decorrência da adoção de tecnologias da Indústria 4.0 podem ser alcançados e, para tanto, se valeu da abordagem teórica da Gestão de Benefícios com foco no modelo de "Rede de Dependência de Benefícios", proposta por Ward e Daniel. O método de investigação utilizado nesta pesquisa foi um estudo de caso múltiplo em duas organizações do setor automobilístico brasileiro, sendo uma de origem japonesa e a outra de origem alemã.

O método utilizado nesta pesquisa foi o estudo de caso, possibilitando que os pesquisadores se concentrem em um "caso" e mantenham uma perspectiva holística e do mundo real, como no estudo de processos organizacionais e gerenciais e de maturação das indústrias (Yin, 2015). Desta forma, com base na escolha de dois casos de organizações de origens diferentes para pesquisar o tema apresentado, acreditou-se poder criar uma visão distinta oriunda de duas culturas distintas e desta forma gerar contribuições mais abrangentes para a literatura.

A coleta de dados se deu por meio de múltiplas fontes: (1) entrevistas, (2) documentos secundários e (3) observação direta, no caso da pesquisa ocorrida com alguns entrevistados no local. As entrevistas ocorreram com integrantes das áreas envolvidas na adoção das tecnologias digitais; foram gravadas e conduzidas considerando um roteiro semi-estruturado previamente elaborado, conforme descrito no protocolo do estudo de caso. Sobre os documentos, pretendeu-se obter relatórios e apresentações sobre os *drivers*, os objetivos da organização pesquisada para se investir e adotar determinadas tecnologias 4.0, os benefícios identificados, os *enabling changes*, as tecnologias digitais que farão parte do investimento e as mudanças nos negócios necessárias para a adoção de determinada tecnologia 4.0.

Antes do início das entrevistas foram conduzidas duas entrevistas piloto, com um praticante e um acadêmico, para testar e aprimorar o roteiro de perguntas. Após estas simulações, as perguntas do roteiro foram ajustadas para obter maior aderência à questão de pesquisa. As entrevistas ocorreram no período de 31 de agosto de 2020 a 28 de outubro de 2020. Foram entrevistadas 8 pessoas da Toyota e 11 pessoas na Bosch, de acordo com os perfis a seguir:

Tabela 2: Dados dos entrevistados

Empresa	Entrevistado	Data da entrevista	Área	Cargo	Tempo na empresa
Toyota do Brasil	1	16/09/2020	Manutenção	Gerente	22 anos
Toyota do Brasil	2	05/09/2020	Compras	Gerente Geral	15 anos
Toyota do Brasil	3	01/09/2020	Industrial	Diretor	16 anos
Toyota do Brasil	4	15/10/2020	Planejamento corporativo	Chefe de seção	15 anos
Toyota do Brasil	5	22/10/2020	TI	Gerente Geral	13 anos
Toyota do Brasil	6	17/09/2020	Inovação e Indústria 4.0	Gerente	23 anos
Toyota do Brasil	7	31/08/2020	Inovação e Indústria 4.0	Diretor	30 anos
Toyota do Brasil	8	02/09/2020	Inovação Industrial	Gerente	22 anos

Empresa	Entrevistado	Data da entrevista	Área	Cargo	Tempo na empresa
Robert Bosch Brasil	1	16/10/2020	Logística	Especialista	13 anos
Robert Bosch Brasil	2	15/09/2020	Facilities	Engenheiro	8 anos
Robert Bosch Brasil	3	28/10/2020	Logística	Gerente	30 anos
Robert Bosch Brasil	4	04/09/2020	Indústria 4.0	Chefe de vendas	27 anos
Robert Bosch Brasil	5	01/10/2020	Indústria 4.0	Diretor Industrial	26 anos
Robert Bosch Brasil	6	23/09/2020	TI	Engenheiro	4 anos
Robert Bosch Brasil	7	19/10/2020	Manutenção	Chefe de manutenção	20 anos
Robert Bosch Brasil	8	04/09/2020	Facilities	Chefe de facilities	15 anos
Robert Bosch Brasil	9	10/09/2020	Indústria 4.0	Gestor de desenvolvimento	26 anos
Robert Bosch Brasil	10	14/09/2020	Inovação	Gestor de inovação	9 anos
Robert Bosch Brasil	11	16/09/2020	Indústria 4.0	Engenheiro de projeto	13 anos

Fonte: elaborado pelos autores.

Para fins de análise e interpretação de dados, as entrevistas foram transcritas, resultando em 96 páginas para o caso Toyota e 158 páginas para o caso Bosch. Os dados foram analisados conforme abordagem sugerida por Creswell (2013). Esta considera alguns passos sequenciais partindo da organização dos dados brutos obtidos na coleta (transcrições, anotações de campo, documentos, etc) até a interpretação do significado das informações trabalhadas. Foi utilizado o software Nvivo como apoio para a análise dos dados qualitativos.

## 4 Análise de resultados

### 4.1 Perfil das empresas e suas Redes de Dependência de Benefícios

Na tabela a seguir, é resumido o perfil das empresas pesquisadas.

Tabela 3 - Perfil das Empresas

Empresa	Toyota	Bosch
Fundação	1937 (no Brasil desde 1962)	1954 no Brasil
Funcionários	350.000 (mundo)	400.000 (8.000 no Brasil)
Faturamento	288 bilhões dólares (mundo)	77,7 bilhões euros (R\$5,2 bi no Brasil)
Unidades produtivas	50 (no Brasil 4 fábricas)	15 (Brasil)
Produtos	Veículos	Mobilidade, tecnologia industrial, bens de consumo
Objetivo e missão	Se tornar uma empresa de mobilidade	Melhorar para a vida das pessoas através da tecnologia
Pilares	Melhoria contínua, TPS ( <i>Toyota Production System</i> ), Kaizen	Soluções tecnológicas, inovadoras de conectividade
Investimentos Indústria 4.0	1 bilhão dólares em mobilidade (mundo)	500 milhões euros em conectividade (mundo)

Fonte: elaborado pelos autores.

Considerando o material coletado sobre o caso da empresa Toyota, para o elemento *Drivers*, a principal categoria mencionada foi “manter a competitividade no mercado” e “eficiência”, com 15 referências. No tocante aos objetivos, a principal categoria mencionada foi “ser competitivo” e “buscar melhoria contínua” com 8 referências. Com relação aos benefícios, a principal categoria mencionada foi “eficiência produtiva com redução de custo”, com 10 referências, seguida da categoria “melhores processos de tomada de decisão”. Sobre os *Change Enablers*, a principal categoria mencionada foi “mudar e refinar a cultura”, com 11 referências. A respeito da mudança no ambiente de negócios, a principal categoria mencionada foi “inovações e modelos de negócio de mobilidade”, com 6 referências. Por fim, no que diz respeito aos *IT enablers* (tecnologias 4.0), a principal categoria mencionada foi “Big Data” com 9 referências.

Já a empresa Bosch, para o elemento *Drivers*, a principal categoria foi “inovação”, com 7 referências. Com relação a objetivos, a principal categoria mencionada foi “ser líder em Indústria 4.0”. Sobre os benefícios, a principal categoria mencionada foi “maior eficiência produtiva com redução de custo”, com 7 referências. No tocante aos *Change Enablers*, a principal categoria mencionada foi “comunicação clara e engajamento” com 11 referências. Em relação à mudança no ambiente de negócios, a principal categoria mencionada foi “modelos de inovação de negócios”, com 7 referências. Por fim, com relação aos *IT enablers* (tecnologias 4.0), a principal categoria mencionada foi “AMR ou AGV com RFID (*Radio Frequency Identification*)”, com 9 referências, seguidas da categoria “AI ou *machine learning*”.

A tabela 4 resume as principais categorias por elemento das RDBs Toyota e Bosch.

Tabela 4: Categorias por elemento das RDBs Toyota e Bosch

Elementos RDB	Codificação trechos entrevistas Nvivo		Expressões		Principais categorias Bosch	Principais categorias Toyota	Quantidade	
	Bosch	Toyota	Bosch	Toyota			Bosch	Toyota
<i>Drivers</i>	32	31	28	27	inovação	manter a competitividade no mercado, eficiência	7	15
					competitividade	transformação do negócio	5	5
					redução de custo	evolução do TPS e lean manufacturing	4	4
					eficiência, produtividade	mudança na sociedade e na conjuntura	4	3
					meio ambiente		3	-
Objetivos	49	27	20	17	ser líder em Indústria 4.0	ser competitivo	9	8
					ser sustentável e preservar o meio ambiente	buscar melhoria contínua	4	8
					ser competitiva	agregar valor através da inovação	2	3
					buscar a excelência operacional	oferecer soluções de mobilidade para as pessoas	2	3
					buscar a digitalização e conectividade	integrar processos	2	2
Benefícios	75	54	27	31	maior eficiência produtiva com redução de custo	eficiência produtiva com redução de custo	7	10
					Melhor meio ambiente, imagem da empresa e as pessoas	melhores processos de tomada de decisão	6	7
					aumento de competitividade	atividades com maior valor agregado para colaboradores	4	4
					maior valor agregado para o cliente	acesso a informação em real time e de melhor qualidade	4	3
					informação em real time, melhor qualidade para tomada de decisão	maior satisfação dos clientes	2	3
					atividades de maior valor agregado para colaboradores		2	-
					novas tecnologias e produtos inovadores		2	-
Tecnologias (IS/IT) 4.0 facilitadoras	67	44	47	32	AMR/AGV	Big Data	9	9
					AI/ML	Cloud	8	7
					Big Data	AGV/RFID/AI	7	6
					Cloud	streams virtuais	5	4
					sensores	sensores	3	3
					IoT		3	3
<i>Change enablers</i>	158	76	56	53	comunicação clara e engajamento	mudar e refinar a cultura	11	11
					mudar o <i>mindset</i>	mudar a forma de pensar ( <i>mindset</i> )	10	10
					quebrar paradigmas, ambiente colaborativo sem resistência	quebrar paradigmas, repensar a forma de trabalho	10	10
					mudança de cultura	compartilhar conhecimento	9	9
					treinamento e capacitação	incubir e inovação	7	5
infraestrutura	engajar stakeholders	7	5					
Mudança ambiente negócios	47	17	24	19	modelos de inovação de negócios	inovações e modelos de negócio de mobilidade	7	6
					fornecedores	novo ambiente do negócio	6	6
					mercado	relacionar-se com startups	4	2
					cadeia de valor	nova forma de se relacionar com fornecedores	3	2
clientes, governo	<i>mindset</i> fornecedores	2	2					

Fonte: elaborado pelos autores.

#### 4.2 Comparativo entre os elementos Toyota e Bosch

Com relação aos *drivers*, a competitividade, através de eficiência, produtividade e redução de custos são comuns. No entanto, apesar da Toyota enxergar as mudanças na sociedade e na conjuntura como um *driver* externo que força ela a transformar seu negócio, em função da sua cultura muito forte, os processos tradicionais de TPS acabam sendo um *driver* interno muito forte e seu entendimento é que as tecnologias 4.0 serão uma continuidade para melhorar tais processos. A Bosch, por sua vez, enxerga a inovação como o principal *driver* para aumentar a competitividade e as tecnologias 4.0 são facilitadores que vão proporcionar eficiência, produtividade, redução de custo e preservar o meio ambiente.

Sobre os objetivos, em função da natureza do setor automotivo, as duas organizações buscam ser competitivas, porém a Toyota dá uma importância maior, com foco em eficiência e melhoria contínua. A Bosch destaca como objetivo maior se tornar líder e referência nas tecnologias 4.0. Além disso, a Toyota está no início de uma transformação na qual ela quer mudar seu modelo de negócios, enquanto a Bosch já se encontra num estágio mais avançado de transformação digital. Um outro objetivo da Bosch que reflete sua maturidade digital é desenvolver tecnologias que cumpram metas de sustentabilidade e eficiência energética.

No tocante aos benefícios, ambas as organizações são semelhantes, diferindo um pouco em ordem de importância. Ambas buscam o aumento de eficiência produtiva com redução de custo em suas operações. Além disso, ambas mencionam os benefícios de uma informação mais acessível, rápida e de melhor qualidade para tomada de decisões, mais enfatizado no caso da Toyota, pois na Bosch, esse benefício está implícito no de maior eficiência, sendo já observado na prática pelos colaboradores. A Bosch enfatiza mais o benefício para as pessoas e empresas, para o meio ambiente e para a sua própria imagem no mercado. A Toyota nesse caso, também cita o benefício da imagem e da satisfação dos clientes, porém com menor intensidade, visto que se encontra num estágio anterior com relação ao uso das tecnologias 4.0. Um outro benefício comum é o direcionamento dos colaboradores para atividades com maior valor agregado.

A respeito dos *change enablers*, estes são semelhantes, porém se encontram em estágios diferentes de implementação. Na Toyota, devido ao fato dela se encontrar no início dessa transformação, o principal aspecto apontado foi a necessidade de uma grande mudança da cultura da empresa, mudança de *mindset*, na forma de lidar com as tecnologias, repensar a forma de trabalho e quebrar paradigmas com relação ao uso das tecnologias 4.0, saindo da abordagem tradicional cuja filosofia é a melhoria contínua, TPS e *Lean Manufacturing*. Além da cultura, a Toyota mencionou a necessidade de reestruturar a sua organização de modo a criar uma governança de inovação e integrar os seus processos. A Bosch, apesar de também possuir a necessidade de mudança de *mindset*, já está disseminando a cultura da Indústria 4.0 há mais tempo, bem como programas e treinamentos de incentivo à inovação. O seu estágio de maturidade para a implementação de tecnologias 4.0 é mais avançado, sendo que o principal aspecto destacado é a necessidade de comunicar claramente dentro de toda a organização, ressaltando os benefícios que tais tecnologias poderão trazer para a empresa e minimizando desta forma as resistências às mudanças. No aspecto de infraestrutura, por estar mais tempo utilizando estas soluções, a Bosch está mais estruturada em governança de inovação e processos integrados.

Comparando as mudanças no ambiente de negócios, observa-se que a Toyota e a Bosch têm modelos de inovação de negócios em andamento, porém a Toyota se encontra num estágio anterior de maturidade comparado à Bosch. Enquanto o modelo de mobilidade da Toyota foi lançado recentemente no mercado para os clientes finais e este fato impossibilita uma avaliação

mais precisa da sua evolução, a Bosch já tem uma área específica que coleta *insights* internos e externos, procurando estar sempre inovando em soluções 4.0 internamente como também oferecendo essas soluções para o mercado. Do ponto de vista da cadeia de valor, parece estar mais claro para a Bosch quais são os pontos a serem melhorados do lado dos fornecedores, cuja necessidade de apoio e suporte são evidentes, principalmente os de pequeno porte. Já a Toyota tem buscado atuar junto aos fornecedores um nivelamento e novas formas de relacionamento para que a sua cadeia de valor funcione adequadamente diante dessa nova realidade digital.

Por fim, sobre os *IT enablers* (tecnologias 4.0), ambas as organizações mencionam tecnologias para prover a infraestrutura (sensores, *Big Data* e *Cloud*) e ambas mencionam tecnologias como AGVs e AMRs para movimentação de materiais dentro do seu ambiente fabril. A diferença está no fato da Bosch estar trabalhando com tecnologias mais voltadas para a análise de dados em seu ambiente produtivo, de modo a proporcionar informações inteligentes através de algoritmos, como é o caso de AI e ML. Ela está mais preocupada em trabalhar com a transparência e a qualidade da informação, ao passo que a Toyota ainda não chegou nesse nível, ou seja, a qualidade da informação parece ainda estar sendo extraída de análises humanas, ou seja, não há ainda uma inteligência artificial por trás. A Bosch também está desenvolvendo soluções de IoT, ao passo que a Toyota não chegou a mencionar essa tecnologia.

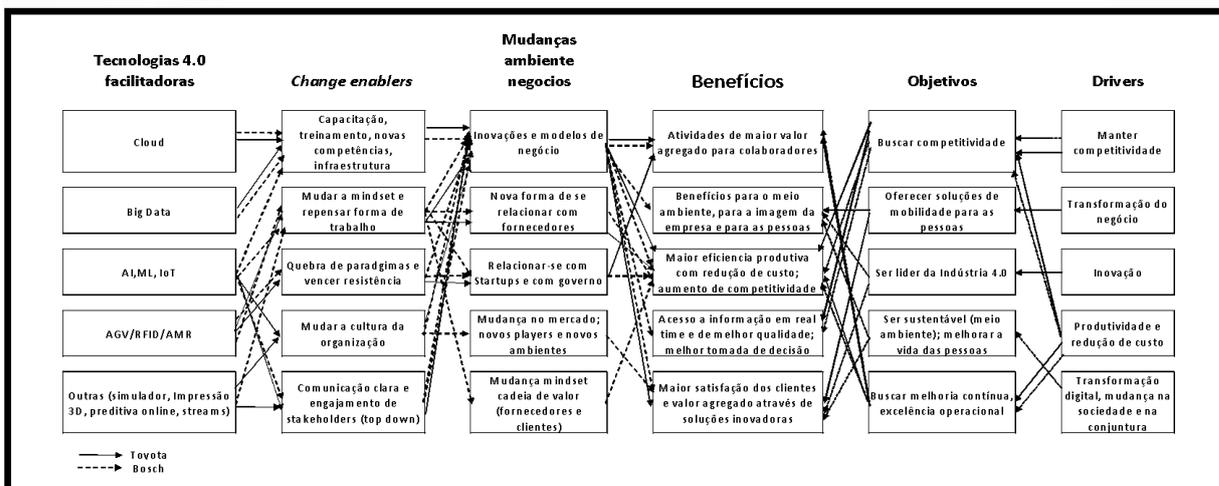
A Figura 1 mostra um quadro resumo da análise comparativa entre os principais aspectos dos elementos das RDBs da Toyota e da Bosch.

	<b>Bosch</b>	<b>Toyota</b>	<b>Análise comparativa</b>
<b>Drivers</b>	Inovação para aumentar competitividade	Manter a competitividade através da extensão do TPS	Competitividade é importante, porém a Bosch está orientada para inovação, enquanto a Toyota vê a Indústria 4.0 como
<b>Objetivos</b>	Ser líder na Indústria 4.0, como usuário e como fornecedor	Ser competitivo e transformar em indústria de mobilidade	Diferentes níveis de maturidade em relação à Indústria 4.0. Bosch: estágio mais avançado; Toyota: estágio inicial de transformação
<b>Benefícios</b>	Maior eficiência produtiva com redução de custo (em curso)	Maior eficiência produtiva com redução de custo (esperados)	Benefícios principais iguais, porém na Bosch já são percebidos enquanto na Toyota são esperados (diferentes estágios). Benefícios secundários diferentes. Bosch: benefícios externos (sociedade e pessoas); Toyota: benefícios internos (melhor qualidade da informação)
<b>Mudanças ambiente negócios</b>	Modelo de inovação de negócios e relação com cadeia de valor	Modelo de inovação de negócios de mobilidade	Bosch: mais avançada com relação a modelos de inovação ( <i>insights</i> internos e externos, além de incentivo à inovação). Como fornecedor de soluções 4.0, obtém necessidades e carências do mercado, tanto de clientes como fornecedores. Por outro lado, Toyota está iniciando modelo de mobilidade com o uso de soluções 4.0, mesmo estágio com relação aos seus fornecedores.
<b>Change enablers</b>	Comunicação clara e engajamento contínuo; ênfase nas mudanças, treinamento e novo <i>mindset</i> para quebra de paradigmas	Iniciar programas de mudança de cultura e governança, mudança de <i>mindset</i> , quebra de paradigmas e repensar forma de trabalho	Estágios diferentes. Bosch: disseminação da cultura 4.0, em fase de implementação novo <i>mindset</i> para vencer resistência dos colaboradores, enfatizando o papel da tecnologia como <i>enabler</i> . Toyota: início de programas de nova cultura de inovação, para transição e adaptação do TPS para Indústria 4.0
<b>Tecnologias 4.0 facilitadoras</b>	AMR, RFID, AI, ML, IoT, Big Data, Cloud	Big Data, Cloud, AGV, RFID, Streams	Big Data, Cloud e tecnologias de movimentação logística (AGV, AMR) mencionadas nas duas organizações, com intensidades diferentes. Diferença: a Bosch tem tecnologias implementadas de análise de dados na produção para gerar informações inteligentes através de algoritmos, como é o caso de AI, ML e outras, demonstrando seu nível de maturidade mais avançado que a Toyota.

**Figura 1: Análise comparativa das empresas**

Fonte: elaborado pelos autores.

Tendo como base os resultados encontrados para cada elemento da RDB dos casos estudados, foi possível elaborar a seguinte RDB consolidada, conforme Figura 2 a seguir.



**Figura 2: RDB consolidada**  
Fonte: elaborado pelos autores.

#### 4.3 Análise dos benefícios

Analisando todos os aspectos mencionados como benefícios e suas relações com os demais elementos da RDB, em primeiro lugar, olhando para dentro das organizações, e analisando a RDB tendo como elemento central o benefício, um primeiro grupo de benefícios mencionados de maneira expressiva nesta pesquisa empírica foram: “maior eficiência produtiva com redução de custo” relacionado ao “aumento de competitividade”. Verificando o que a RDB aponta do lado direito, estes benefícios são motivados pelo *drivers* “manter competitividade”, “produtividade e redução de custo”, desencadeando os objetivos “buscar competitividade”, “melhoria contínua e excelência operacional”. Do lado esquerdo, as tecnologias 4.0, *change enablers* e as mudanças no ambiente de negócios apontam para tecnologias que trabalham com a busca, mineração e geração de inteligência de dados, através de mudança da cultura e *mindset*, capacitação e treinamento, comunicação clara para quebrar os paradigmas e eliminar resistência de forma engajada em todos os níveis. Essas mudanças internas gerarão novos modelos de negócios para serem compartilhados com os *stakeholders* externos, que também estão sob efeito destas mudanças causadas pela digitalização da sociedade. Em outras palavras, para se alcançar o benefício mencionado, é necessário avaliar os dois lados da RDB de forma integrada.

Um segundo benefício ou grupo de benefícios mencionados são direcionados para as pessoas, sendo estas clientes ou colaboradores, como “maior satisfação dos clientes e valor agregado através de soluções inovadoras”, “atividades de maior valor agregado para colaboradores” e “benefícios para o meio ambiente, para a imagem da empresa e para as pessoas”, que podem ser alcançados com a adoção de tecnologias 4.0 nas organizações pesquisadas. Neste caso, os *drivers* do lado direito da RDB se referem aos *drivers* externos de transformação digital na sociedade e da conjuntura como um todo, transformação do negócio e inovação, desdobrando em objetivos como “ser líder em Indústria 4.0”, “oferecer soluções de mobilidade para as pessoas” e “ser sustentável com o meio ambiente e para as pessoas”. Observando o lado esquerdo da RDB, as tecnologias 4.0, os *change enablers* e as mudanças no ambiente de negócios, as tecnologias mencionadas como AI, IoT e ML buscam trabalhar os dados de modo inteligente, oferecendo soluções inovadoras para o mercado. Este pacote, juntamente com uma governança de inovação, mudança de *mindset*, mudança na forma de trabalho e, conseqüentemente, mudança de cultura das organizações, devem ser inseridos para alcançar os objetivos e benefícios em questão. Além disso, este conhecimento deve ser obtido

internamente através de programas de incentivo interno, mas também buscando relacionamento com *startups* para compartilhar novos conhecimentos.

Este mesmo raciocínio se aplica para atividades internas na organização, quando uma tecnologia pode desempenhar uma atividade repetitiva que não agrega valor, direcionando os colaboradores para atividades de maior valor agregado. Contudo, as mudanças necessárias citadas no parágrafo anterior também se aplicam nesse caso, enfatizando a questão de quebra de paradigma e eliminação da resistência dos colaboradores. Assim, como no primeiro grupo de benefícios, para se alcançar os benefícios mencionados neste segundo grupo, é necessário avaliar também os dois lados da RDB de forma integrada.

Com relação à benefícios relacionados à manufatura, os resultados encontrados nesta pesquisa no que diz respeito ao primeiro grupo de benefícios, apontados aqui como “maior eficiência produtiva com redução de custo” relacionado ao “aumento de competitividade”, corroboram o que o estudo de Sjödin et al. (2018) descreve onde a implementação destas tecnologias 4.0 de modo a tornar as fábricas inteligentes, podendo gerar benefícios importantes como: maior eficiência do processo, menor custo operacional e maior qualidade do produto através do monitoramento em tempo real.

Além disso, segundo estes mesmos autores, esta implementação gera também maior segurança e sustentabilidade nas fábricas que reduzem a questão ambiental, o que também é corroborado pelos resultados, onde no segundo grupo de benefícios esperados, os entrevistados esperam benefícios para o meio ambiente, para a imagem da empresa e para as pessoas.

A questão da maturidade que foi explicada na comparação entre os elementos da RDB, também é algo enfatizado por Sjödin et al. (2018), onde esses benefícios poderão ser atingidos, uma vez que alcance um alto nível de maturidade com relação à implementação dessas manufaturas inteligentes no setor automotivo.

Ainda sobre os benefícios da manufatura, o estudo de Arnold et al. (2016) corrobora Sjödin et al. (2018), enfatizando a aplicação de IIoT (*Industrial Internet of Things*) cujo principal benefício é a coleta, mineração e geração e análise de dados inteligentes para as máquinas, otimizando a produção e redução o tempo inativo das mesmas. Müller et al. (2018) complementam com seu estudo para pequenas e médias empresas do setor automotivo, ressaltando que a Indústria 4.0 impulsiona a inovação de criação de valor, pois leva a um aumento de disponibilidade de dados inteligentes e um aumento de transparência das informações dos processos fabris, entre outros. A transparência na informação é bem enfatizada pela Bosch como um dos grandes benefícios.

Os benefícios da manufatura enxuta, ou *Lean Manufacturing*, também podem ser alcançados se as tecnologias da Indústria 4.0 forem integradas ao conceito *Lean*, melhorando este processo de produção e reduzindo as redundâncias, conforme estudo de Mrugalska e Wyrwicka (2017). Este ponto é corroborado pela Toyota, onde deve haver uma transição entre *Lean* e Indústria 4.0. Este argumento é corroborado através de um estudo de caso realizado por Wagner et al. (2017) em uma empresa do setor automotivo, onde a partir de um ambiente de *Lean Manufacturing*, desenvolveu um processo com um ambiente CPS, baseado em dados online e tecnologias Big Data e AI. Esta integração resultou em otimização do processo operacional.

Com relação à benefícios relacionados à manutenção preditiva, segundo Langrebe et al. (2019), tecnologias como ML (*machine learning*) são utilizadas para prever falhas em equipamentos com a utilização de algoritmos, gerando valor agregado, facilitando a tomada de decisões com relação à atividades de manutenção de forma prévia, aumentando a vida útil dos equipamentos. Esta pesquisa empírica corrobora este argumento, enfatizando novamente a

questão do primeiro grupo de benefícios, “maior eficiência produtiva”, conforme relatado pela Bosch.

Com relação ao benefício para o negócio, os entrevistados relacionam este fator a benefícios para os clientes externos. “Maior satisfação dos clientes e valor agregado através de soluções inovadoras” foram destacadas pelas organizações pesquisadas. O estudo de Dremel et al. (2017) reforça este ponto, onde as montadoras utilizam tecnologias digitais para atender à mudança movida pelo novo estilo de vida digital dos clientes. Big Data, Cloud e tecnologia móvel possibilitam a oferta de soluções de mobilidade, oferecendo benefícios que geram valor agregado por serviços, conectando desta forma os desejos dos clientes. Estes estudos estão alinhados com as iniciativas das duas organizações pesquisadas. A Toyota lançou recentemente a “Kinto”, um aplicativo digital que possibilita o relacionamento direto da organização com os clientes, oferecendo serviços de aluguel de carros, compartilhamento, entre outros. A Bosch também está buscando inovação, oferecendo soluções 4.0 para o mercado e diversificando também para outros segmentos da indústria como o segmento agrícola.

A Tabela 5 resume essa discussão entre os resultados encontrados nesta pesquisa e a literatura considerada sobre benefícios no setor automotivo neste trabalho.

Tabela 5 – Comparação dos benefícios na pesquisa empírica e na literatura

Autores	Grupo	Benefício descrito na literatura	Benefício resultados pesquisa empírica - RDB consolidada
Sjödín et al. (2018)	Manufatura	Maior eficiência do processo, menor custo operacional e maior qualidade do produto através do monitoramento em tempo real.	Maior eficiência produtiva com redução de custo, aumento da competitividade, acesso a informação em real time
Sjödín et al. (2018)	Manufatura	Maior segurança e sustentabilidade nas fábricas que reduzem a questão ambiental	Benefícios para o meio ambiente, para a imagem da empresa e para as pessoas.
Arnold et al. (2016); Müller et al. (2018)	Manufatura	Otimizando a produção e redução do tempo inativo das máquinas; aumento de disponibilidade de dados, decisões mais rápidas, aumento de transparência das informações dos processos.	Acesso a informação em real time. "...para ter transparência...para que as pessoas possam atuar em problemas novos que não conheciam..."(entrevistado 5 Bosch)
Mrugalska e Wyrwicka (2017)	Manufatura enxuta	A Indústria 4.0 e o lean podem coexistir e apoiar um ao outro; a eliminação de desperdícios, podem ser melhorados se as tecnologias da Indústria 4.0 forem incorporadas de modo adequado.	Lean antes da tecnologias 4.0: "O Lean sempre foca primeiro no processo, para depois focar na máquina, e aí quando ele entra na máquina, a indústria 4.0 me ajuda...acho que é uma transição." (entrevistado 3 Toyota)
Wagner et al. (2017)	Manufatura enxuta	Processo lean em CPS, baseado em dados online e tecnologias Big Data e AI; otimização do processo operacional	Maior eficiência produtiva com redução de custo
Landgrebe et al. (2019)	Manutenção preditiva	Prevenção de falhas em equipamentos, gerando valor agregado, tomada de decisões, aumentando a vida útil dos equipamentos	Maior eficiência produtiva: "...manutenção preditiva no timing certo, de acordo com a vida útil da ferramenta. Dado online; então a velocidade de decisão ficou fácil; otimização do recurso" (entrevistado 7 Bosch)
Hanelt et al. (2015)	Negócio	Valor agregado por serviços, conectando desta forma os desejos dos clientes	Maior satisfação dos clientes e valor agregado através de soluções inovadoras
Dremel et al. (2017)	Negócio	Novos modelos de negócio como os serviços digitais e de mobilidade (Audi)	Toyota: "Kinto" - aplicativo para relacionamento com os clientes, oferecendo serviços de aluguel de carros, compartilhamento, entre outros. Bosch: buscando inovação, oferecendo soluções 4.0 para o mercado e para outros segmentos da indústria fora do automotivo, como Agro.

Fonte: elaborado pelos autores.

## 5 Considerações finais

Este trabalho buscou responder "Como as empresas do setor automotivo brasileiro podem alcançar benefícios com a adoção de tecnologias da Indústria 4.0? O modelo Rede de Dependência de Benefícios (RDB), que originalmente relaciona a funcionalidade dos SI/TI por meio de mudanças organizacionais e dos negócios aos benefícios identificados (Ward & Daniel, 2012), foi utilizado como ferramenta de apoio nesta análise, sendo que neste trabalho as SI/TI foram referidas como as tecnologias da Indústria 4.0 facilitadoras. O modelo RDB serviu para o propósito teórico de ser a ferramenta para realizar a análise de benefícios desta pesquisa empírica. Assim, um *framework* oriundo da análise dos benefícios foi gerado, podendo contribuir para futuros estudos acadêmicos, bem como para a prática das organizações.

Além disso, a utilização da RDB considerando as tecnologias da Indústria 4.0 podem contribuir no sentido de mostrar que a RDB também pode ser aplicada para outros tipos de

tecnologias, além das SI/TI tradicionalmente encontradas na literatura acadêmica. De acordo com a análise feita e os resultados obtidos, a RDB apresentou pontos que sugerem uma adaptação da RDB original quando se tratar de tecnologias 4.0. Os aspectos cultura, maturidade e *mindset*, por exemplo, foram bastante enfatizados e talvez possam ser incluídos de alguma forma, caracterizando uma RDB específica na abordagem das tecnologias da Indústria 4.0.

Os dados coletados nesta pesquisa empírica nas duas organizações possibilitaram a construção de RDBs que reproduzem o que as organizações esperam de benefícios quando adotam as tecnologias 4.0. Estas RDBs podem ser consideradas como um roteiro ou “*roadmap*” e possibilitam uma visão mais integrada e clara para os gestores, levando em consideração os elementos estratégicos desta iniciativa. Ou seja, quais são os objetivos que as organizações buscam baseados nos *drivers*. Com base nisso, entender o que é necessário mudar dentro das organizações, entendendo e comunicando de forma clara o papel das tecnologias 4.0 para apoiar essas mudanças, quando implementadas de forma que os benefícios esperados sejam alcançados. Deve ser avaliado de forma consistente e com um envolvimento de todos os *stakeholders* das organizações quando se investem em tecnologias 4.0.

Destaca-se a relação entre os elementos da RDB, o seu desdobramento lógico para se analisar como os benefícios podem ser atingidos, mas também as condições necessárias para o seu atingimento de maneira satisfatória. Ou seja, as organizações podem utilizar as RDBs como ferramenta de trabalho para analisar os benefícios de forma mais estruturada, o que é necessário avaliar considerando todo o conjunto, e não de uma forma isolada. Em particular, em função da Indústria 4.0 ser um fenômeno recente, alguns elementos são relevantes, como por exemplo, cultura, *mindset* e maturidade.

A pesquisa realizada apresenta algumas limitações. Esta pesquisa abordou duas organizações de um setor automotivo, não representando a prática do setor ou de outros. Outra questão importante de salientar é o fato que em função das tecnologias da Indústria 4.0 serem recentes, o entendimento dos benefícios se encontra em um estágio inicial em uma das organizações, podendo se tornar um fator limitante para avaliar e interpretar os dados coletados na pesquisa empírica realizada, ou não gerar as análises esperadas. Neste sentido, em função do nível de maturidade ser diferente nas duas organizações, não se pode concluir que a análise dos benefícios é única, pois uma das organizações ainda não analisou os benefícios por estar num estágio inicial, enquanto a outra organização está mais avançada, possuindo mais elementos para analisar os benefícios.

O trabalho realizado analisou como os benefícios podem ser alcançados em duas organizações, apontando o que é necessário mudar. Alguns fatores mencionados de modo significativo como cultura, *mindset*, maturidade, entre outros, podem ser alvo de pesquisas futuras para entender em maior profundidade a influência destes elementos para uma organização quando adotam novas tecnologias digitais como as da Indústria 4.0. Uma outra perspectiva que suscita estudos futuros é realizar pesquisas empíricas em organizações de outros setores, pois irá ampliar a visão de benefícios com a adoção de tecnologias da Indústria 4.0 e poderá contribuir para agregar conhecimento, possibilitando o cruzamento de visões de diversos setores, um agregando valor ao outro.

Por fim, à medida que a Indústria 4.0 for atingindo um grau de maturidade maior dentro das organizações, surgirão novos benefícios, e como consequência trabalhos acadêmicos a respeito. Entende-se também que daqui alguns anos, novas oportunidades e campos de pesquisa futuras irão surgir em função de novos *drivers* na sociedade que desdobrarão em novos objetivos organizacionais, novas tecnologias e novos benefícios a ser alcançados, bem como os desafios a serem superados por meio de novas mudanças a serem feitas.

## Referências

- Arnold, C., Kiel, D., & Voigt, K.-I. (2016). How the industrial internet of things changes business models in different manufacturing industries. *International Journal of Innovation Management*, 20(8). <https://doi.org/10.1142/S1363919616400156>
- Cesar (2019). Um olhar sobre a transformação digital no setor automotivo brasileiro. Recuperado de: <http://auto.transformacao.cesar.gov.br>
- Collie, B. (2019). *An Automotive Downturn Is Coming—It's Time to Prepare*. <https://www.bcg.com/de-de/publications/2019/automotive-downturn-coming-time-to-prepare.asp>
- Creswell, J. W. (2013). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* (Fourth Edi). SAGE Publications, Inc.
- Dremel, C., Wulf, J., Herterich, M. M., Waizmann, J.-C., & Brenner, W. (2017). How AUDI AG Established Big Data Analytics in Its Digital Transformation. *MIS Quarterly Executive*, 16(2).
- Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0: Final report of the Industrie 4.0 Working Group. *Forschungsunion: Berlin, Germany*.
- Kiel, D., Müller, J. M., Arnoldg, C., & Voigt, K.-I. (2017). Sustainable industrial value creation: Benefits and challenges of industry 4.0. *International Journal of Innovation Management*, 21(08), 1740015.
- Landgrebe, C., Supe, J., & Schaefer-Kehnert, M. (2019). The Automotive Industry Can Benefit from Predictive Analytics. *ATZproduction Worldwide*, 6(2), 40–43.
- Lee, E. A. (2008). Cyber physical systems: Design challenges. *Proceedings - 11th IEEE Symposium on Object/Component/Service-Oriented Real-Time Distributed Computing, ISORC 2008*, 363–369. <https://doi.org/10.1109/ISORC.2008.25>
- Love, P. E. D., & Matthews, J. (2019). The ‘how’ of benefits management for digital technology: From engineering to asset management. *Automation in Construction*, 107. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.102930>
- Martinez, F. (2019). Process excellence the key for digitalisation. *Business Process Management Journal*, 25(7), 1716–1733. <https://doi.org/10.1108/BPMJ-08-2018-0237>
- Mrugalska, B., & Wyrwicka, M. K. (2017). Towards lean production in industry 4.0. *Procedia Engineering*, 182, 466–473.
- Müller, J. M., Buliga, O., & Voigt, K.-I. (2018). Fortune favors the prepared: How SMEs approach business model innovations in Industry 4.0. *Technological Forecasting and Social Change*, 132, 2–17. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.12.019>
- Pan, Y. (2016). Heading toward Artificial Intelligence 2.0. *Engineering*, 2(4), 409–413. <https://doi.org/10.1016/J.ENG.2016.04.018>
- Pardi, T. (2019). Fourth industrial revolution concepts in the automotive sector: performativity, work and employment. *Journal of Industrial and Business Economics*, 46(3), 379–389. <https://doi.org/10.1007/s40812-019-00119-9>
- Peppard, J., Ward, J., & Daniel, E. (2008). Managing the Realization of Business Benefits from IT Investments. *MIS Quarterly Executive*, 6(1), 3.
- Piccinini, E., Hanelt, A., Gregory, R. W., & Kolbe, L. M. (2015). Transforming industrial business: The impact of digital transformation on automotive organizations. *2015 International Conference on Information Systems: Exploring the Information Frontier, ICIS 2015*.
- Qi, Q., & Tao, F. (2018). Digital Twin and Big Data Towards Smart Manufacturing and

Industry 4.0: 360 Degree Comparison. *IEEE Access*, 6, 3585–3593. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2793265>

Rubmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., & Harnisch, M. (2015). Industry 4.0. *Boston Consulting Group: Boston, MA, USA*.

Scholer, M., & Müller, I. R. (2017). Modular configuration and control concept for the implementation of human-robot-cooperation in the automotive assembly line. *IFAC-PapersOnLine*, 50(1), 5694–5699.

Schuh, G., Anderl, R., Gausemeier, J., ten Hompel, M., & Wahlster, W. (2017). Industrie 4.0 maturity index. *Managing the Digital Transformation of Companies*. Munich: Herbert Utz.

Sjödin, D. R., Parida, V., Leksell, M., & Petrovic, A. (2018). Smart Factory Implementation and Process Innovation: A Preliminary Maturity Model for Leveraging Digitalization in Manufacturing Moving to smart factories presents specific challenges that can be addressed through a structured approach focused on people, p. *Research Technology Management*, 61(5), 22–31. <https://doi.org/10.1080/08956308.2018.1471277>

Wagner, T., Herrmann, C., & Thiede, S. (2017). Industry 4.0 Impacts on Lean Production Systems. *Procedia CIRP*, 63, 125–131. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.02.041>

Wang, S., Zhang, C., Liu, C., Li, D., & Tang, H. (2017). Cloud-assisted interaction and negotiation of industrial robots for the smart factory. *Computers & Electrical Engineering*, 63, 66–78.

Ward, J, Taylor, P., & Bond, P. (1996). Evaluation and realisation of IS/IT benefits: An empirical study of current practice. *European Journal of Information Systems*, 4(4), 214–225. <https://doi.org/10.1057/ejis.1996.3>

Ward, John, & Daniel, E. (2012). *Benefits management: how to increase the business value of your IT projects*. John Wiley & Sons.

Weyer, S., Meyer, T., Ohmer, M., Gorecky, D., & Zühlke, D. (2016). Future modeling and simulation of CPS-based factories: an example from the automotive industry. *Ifac-Papersonline*, 49(31), 97–102.

Xia, F., Yang, L. T., Wang, L., & Vinel, A. (2012). Internet of things. *International Journal of Communication Systems*, 25(9), 1101–1102. <https://doi.org/10.1002/dac.2417>

Xu, X. (2012). From cloud computing to cloud manufacturing. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 28(1), 75–86. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2011.07.002>

Yin, R. K. (2015). *Case study research: design and methods* (5th ed.). Sage Publication.

Zhou, K., Liu, T., & Zhou, L. (2016). Industry 4.0: Towards future industrial opportunities and challenges. In Y. S. L. R. H. L. Tang Z. Du J. (Ed.), *2015 12th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery, FSKD 2015* (pp. 2147–2152). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/FSKD.2015.7382284>