

CAPACIDADES DINÂMICAS NA INDÚSTRIA 4.0

MARCO AURELIO FRAGOMENI
UNIVERSIDADE PAULISTA (UNIP)

CAPACIDADES DINÂMICAS NA INDÚSTRIA 4.0

1. INTRODUÇÃO

O fenômeno da competitividade no meio empresarial ganhou conotação própria e sentido restrito. Ainda hoje, os autores não são unânimes quanto ao seu significado, alguns o relacionam com o resultado da empresa (PORTER, 1985; HITT; LI; WORTHINGTON, 2005; CONTADOR, 2008; BESANKO et al, 2010), outros com a sua capacidade de gerar valor ao cliente (BARNEY, 1991; DYER; SINGH, 1998; BARNEY & HESTERLY, 2006).

De todo modo a competitividade deve ser entendida como um fenômeno complexo que envolve diversos atores sendo sua origem de domínio heterodoxo. Alguns autores vão orientar para as competências internas da organização (WERNERFELT, 1984; PETERAF, 1993; BARNEY, 1991; HAMEL e PRAHALAD, 1995), outros para posição de mercado da empresa (PORTER, 1985; HITT; LI; WORTHINGTON, 2005; BESANKO *et al.*, 2010), para uma visão combinada (ANSOFF, 1957; CONTADOR, 2008), e até mesmo para uma abordagem em que as próprias capacidades da empresa geram a transformação nos mercados em mudança (TEECE; PISANO; SHUEN, 1997; EISENHARDT; MARTIN, 2000).

Esse enfoque teórico de capacidades dinâmicas (TEECE; PISANO; SHUEN, 1997; EISENHARDT; MARTIN, 2000) considera que a competitividade não deve utilizar somente os processos estáticos de formulação de estratégias competitivas com ênfases nos fatores externos (PORTER, 1985) ou nos internos (BARNEY, 1991) das organizações. Propõe que a competição não é estática, mas dinâmica, já que seus fatores podem mudar ao longo do tempo.

Esse dinamismo desencadeado pelo avanço do fenômeno da globalização econômica e do expressivo aumento do comércio mundial, vem influenciando as empresas na obtenção de novas formas e processos que promovam a competitividade e, muitas vezes, a sobrevivência, nesse contexto altamente instável e transformador. No setor industrial esse cenário desafiador vem gerando uma competição mundial sem precedentes. Em 2011 foi lançado pelo governo alemão o projeto Indústria 4.0 (I4.0), sustentando a criação de um novo modelo de produção industrial baseado no uso de alta tecnologia permitindo o aumento da produtividade e o alcance de vantagens competitivas (RÜBMANN. M *et al*, 2015; ZHOU; LIU; ZHOU, 2015).

Esse novo sistema industrial inclui diversas tecnologias digitais reunindo, em tempo real, a produção e o ambiente de negócios digitalmente integrados (LEE *et al.*, 2015; WANG *et al.*, 2016). Alguns autores consideram a existência de nove tecnologias digitais típicas da I4.0: *internet of things, cloud computing, big data and analytics, simulation, augmented reality, additive manufacturing, system integration, autonomous robots* (SAUCEDO-MARTÍNEZ *et al.*, 2018; VAIDYA *et al.*, 2018), outros incluem *artificial intelligence* (TAO *et al.*, 2018) e sensores, *radio frequency identification - RFID* e *quick response code- QR* (FUSCO *et al.*, 2018; SACOMANO *et al.*, 2018). Muito embora o modelo de produção I4.0 promova maior competitividade para a indústria (RÜBMANN. M *et al*, 2015; ZHOU; LIU; ZHOU, 2015) existem ainda poucas pesquisas (RÜBMANN. M *et al*, 2015; ZHOU; LIU; ZHOU, 2015) não se sabendo ao certo a influência de cada tecnologia no desempenho industrial.

Assim o principal objetivo deste artigo teórico é destacar as tecnologias da indústria 4.0 com potencial de gerar Capacidades Dinâmicas (CDs) para corroborar o pensamento de alguns autores que consideram que a indústria 4.0 favorece a competitividade (RÜBMANN *et al.*, 2015; ZHOU; LIU; ZHOU, 2015; SAUCEDO-MARTÍNEZ *et al.*, 2018; BAL e ERKAN, 2019) particularmente nos ambientes dinâmicos (TEECE; PISANO; SHUEN, 1997; EISENHARDT; MARTIN, 2000). Para atingir esse objetivo faz-se necessário associar aquelas tecnologias típicas com os fatores da competitividade (GRÖBLER e GRÜBNER, 2006) e os macroprocessos industriais (DE LOUREIRO, 2020) disponíveis na literatura acadêmica. Como objetivo secundário propõe-se conhecer melhor a temática da indústria 4.0, considerada ainda como um fenômeno pouco entendido (SANTOS *et al.*, 2018).

Dessa forma o trabalho procura responder a seguinte questão de pesquisa: As tecnologias típicas da indústria 4.0 possuem características de CDs? Foi escolhida a perspectiva das Capacidades dinâmicas (CDs) já que alguns autores a consideram o ponto focal em qualquer análise estratégica (HATUM *et al.*,2010; PISANO,2017) e, ainda, permite conjugar adequadamente a competitividade com a estratégia em ambientes de rápidas transformações tecnológicas (LAAKSONEN e PELTONIEMI, 2018; RASHIDIRAD e SALIMIAN, 2020).

Este trabalho pretende contribuir com a gestão das empresas orientando o administrador na indicação das tecnologias existentes na fábrica que possuem capacidade de gerar vantagem competitiva na ótica das CDs já que trata-se de assunto de grande interesse da comunidade científica, e está organizado em quatro seções: introdução; fundamentação teórica; discussão e conclusão.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Estratégia Competitiva e perspectiva das Capacidades Dinâmicas (CDs)

A reação da organização, no tempo certo, às mudanças ambientais (BARRETO, 2010) é elemento fundamental para o sucesso da estratégia. Saber escolher a estratégia de uma empresa minimiza os riscos (BARNEY e HESTERLY, 2011) e possibilita desenvolver novos produtos e encontrar oportunidades de mercado (MILES e SMOW, 1978). A estratégia adequada compreende a organização dos recursos da empresa em resposta às mudanças do ambiente (TEECE, PISANO e SHUEN, 1997) e deve perseguir a obtenção de vantagem competitiva (RUMELT, 2011). Existem muitas definições para a estratégia, Rumelt (2011) entende como um conjunto coerente de análises e ações, já Helfat (1997) como um conjunto de competências e capacidades.

A Resource Based View (RBV) considera que empresas podem criar vantagem competitiva sustentável pelo conjunto de recursos estratégicos que são valiosos e raros, inimitáveis, difíceis de substituir e explorados pela organização (BARNEY e HESTERLY, 2006). A perspectiva das capacidades dinâmicas (TEECE; PISANO; SHUEN, 1997; EISENHARDT e MARTIN, 2000) evoluiu a partir da RBV (WERNERFELT, 1984; PETERAF, 1993; BARNEY, 1991, 2007) que não aborda a influência do dinamismo ambiental e a evolução da organização ao longo do tempo na competitividade de uma empresa (WANG e AHMED, 2007). Portanto as CDs estabelecem um novo paradigma ao propor um modelo estratégico que explica como a empresa pode obter e sustentar vantagem competitiva (TEECE e PISANO, 1994) em ambientes dinâmicos e em contínua mutação.

As abordagens de Teece, Pisano e Schuen (1997), Eisenhardt e Martin (2000), consideram as capacidades dinâmicas como processos existentes nas empresas que usam recursos para se adaptar ou mesmo criar mercados em mudança. Essa visão reúne o dinamismo do ambiente externo (HELFAT *et al.*, 2007) com os recursos estratégicos da empresa. Esses processos permitem a organização modificar, renovar, reconfigurar, transformar (TEECE, PISANO e SHUEN, 1997) ou mesmo eliminar (EISENHARDT e MARTIN, 2000) seus recursos, competências e capacidades funcionais, como resposta às mudanças do ambiente e, assim se adaptar, ajustar (HELFAT *et al.*, 2007) ou criar mudanças no ambiente (EISENHARDT e MARTIN, 2000).

A disposição de atuar nas capacidades organizacionais e nos recursos é a proposta das CDs como fonte real de vantagem competitiva (TEECE e PISANO, 1994; KODAMA 2006). Alguns autores consideram as CDs como potencial para executar determinadas atividades, e não as atividades que serão executadas (DOUGHERTY; BARNARD; DUNNE, 2004), outros como rotinas, mais do que os recursos em si (ZOLLO e WINTER, 2002). Também Liao, Kickul e Ma (2009) sugerem que a vantagem competitiva pode ser obtida pela capacidade da empresa constantemente redistribuir e renovar seus recursos ao responder a mudança ambiental (ZAIDI

e OTHMAN, 2011) e que na vertente tecnológica essa nova disposição de recursos deve submeter-se à estratégia da empresa (ZAIDI e OTHMAN, 2011).

As capacidades dinâmicas são, assim, as rotinas organizacionais e estratégicas, pelas quais as empresas obtêm novas configurações de recursos quando mercados (EISENHARDT e MARTIN, 2000) sofrem os impactos das mudanças tecnológicas levando a organização intencionalmente criar, estender ou modificar seus recursos base (HELFAT *et al.*, 2007). A combinação dos recursos que são difíceis de imitar podem levar à vantagem competitiva (AÇIKDILLI e AYHAN, 2013). Eisenhardt e Martin (2000), por sua vez, destacam que o valor das CDs para a vantagem competitiva repousa na configuração dos recursos que elas criam, e não nas capacidades em si (HELFAT *et al.*, 2007).

Teece, Pisano e Shuen (1997) apontam na direção de criar capacidades dinâmicas, que atuem tanto nos fatores exógenos como nos endógenos. Neste caso, a capacidade dinâmica pode ser entendida como a capacidade de renovação das competências pelas quais a empresa intencionalmente cria ou modifica sua base de recursos (HELFAT *et al.*, 2007).

Os processos existentes nas CDs: reconfiguração, alavancagem, aprendizagem e integração criativa, segundo Bowman e Ambrosini (2003), servem de guia para a empresa enfrentar as rápidas mudanças ambientais (TEECE e PISANO, 1994; TEECE; PISANO; SHUEN, 1997), ou até mesmo em ambientes de mudança moderada (EISENHARDT e MARTIN, 2000). Nessas situações os gestores seniores são fundamentais para o acomodamento ambiental (EISENHARDT e MARTIN, 2000; TRIPSAS e GAVETTI, 2000; ADNER e HELFAT, 2003; HELFAT *et al.*, 2007) uma vez que a alta gerência responde pelas decisões estratégicas e de investimentos tecnológicos da empresa.

O dinamismo ambiental causador da incerteza (DESS e BEARD, 1984), é percebido, muitas vezes, nas mudanças tecnológicas em curso devendo os gestores serem capazes de descobrir com alguma precisão para atuar eficazmente sobre essas ameaças e oportunidades decorrentes (HARRELD; O'REILLY III; TUSCHMAN, 2007). Nessa linha de pensamento também Teece (2012) reconhece a importância da transformação contínua dos recursos de uma empresa sendo estimulado o desenvolvimento das CDs que podem responder melhor ao dinamismo ambiental (ZAHRA; SAPIENZA; DAVIDSON, 2006). Alguns autores apontam para a existência de risco estratégico na interpretação inadequada do ambiente sendo que outros salientam que quando a percepção é pertinente e os recursos são atualizados ocorre vantagem competitiva para a empresa (AMBROSINI; BOWMAN; COLLIER, 2009).

Portanto, em ambiente relativamente estável, as capacidades e recursos da empresa são suficientes para manter a vantagem competitiva, tornando as capacidades dinâmicas pouco necessárias (LI e LIU, 2014), por outro lado, em ambientes turbulentos são necessários novos recursos e as CDs mostram-se eficazes para a melhoria da competitividade (KIM e ATUAHENE-GIMA, 2010; SCHILKE, 2014).

Segundo Zott (2003) a aprendizagem deve ser considerada como um atributo das CDs na implantação dos recursos para a obtenção da vantagem competitiva e também na implantação das novas capacidades operacionais da empresa (ZOLLO e WINTER, 2002). Por ser um conceito dinâmico das CDs (TEECE, 2007; CHEN e LEE, 2008; AMBROSINI e BOWMAN, 2009), a aprendizagem gera novos conhecimentos, afetando o uso dos recursos e capacidades (MENON, 2008) concorrendo assim para o desenvolvimento das atividades organizacionais (CAVUSGIL; SEGIE; TALAY, 2007; TEECE, 2007; PRIETO e EASTERBY-SMITH, 2008).

Segundo alguns autores a gestão do conhecimento deve ser conduzida em proveito do desenvolvimento da estratégia competitiva (ALAVI e LEIDNER, 2001) e também deve contribuir na reconfiguração dos recursos das empresas (GOLD; MALHOTRA; SEGARS, 2001), das rotinas ou capacidades operacionais (CEPEDA e VERA, 2007). Pan e Scarbrough (1999) reconhecem a existência de uma visão sociotécnica na gestão do conhecimento, e Pan e Scarbrough (1999), Lee e Choi (2003) e Chuang (2004) destacam que a tecnologia deve ser

considerada no processo de formulação estratégica da empresa (CEPEDA e VERA, 2007; VERA e CROSSAN, 2003). Assim, existe um imbricamento entre a gestão do conhecimento e as CDs já que estas necessitam da experiência acumulada e da codificação do conhecimento (ZOLLO e WINTER, 2002) e tanto a informação quanto o conhecimento não são fáceis de imitar e substituir (WANG e AHMED, 2007).

Em ambientes dinâmicos, as mudanças do ambiente externo impulsionam as empresas no desenvolvimento das CDs (LI e LIU, 2014). Wang e Ahmed (2007) constataram que em ambientes relativamente estáveis e previsíveis as empresas precisam desenvolver competências essenciais, já em ambientes dinâmicos elas precisam praticar CDs. Nesse raciocínio, Eisenhardt e Martin (2000) argumentam que as formas das CDs diferem conforme o ambiente. Segundo os autores, em ambientes moderados, as CDs são dependentes do conhecimento atual e da estabilidade dos processos, enquanto nos estados de rápida mudança, as CDs são dependentes de novos conhecimentos e os processos são relativamente instáveis.

É nesse sentido que a perspectiva das capacidades dinâmicas (TEECE; PISANO; SHUEN, 1997) propõe que a empresa pode obter vantagem competitiva seja ela temporária (EISENHARDT e MARTIN, 2000) ou sustentável (TEECE; PISANO; SHUEN, 1997; TEECE, 2007; ZOOL, 2003), por meio das capacidades e recursos organizacionais, que se modificam e transformam em resposta à mudança ambiental.

2.2 Tecnologias típicas da indústria 4.0 e processos empresariais

O Quadro 1 abaixo reúne 10 tecnologias que são consideradas típicas da Indústria 4.0 por diversos autores (FRANK *et al.*, 2019; FUSCO *et al.*, 2018; KAGERMANN *et al.*, 2013 SACOMANO *et al.*, 2018; SAUCEDO-MARTÍNEZ *et al.*, 2018; VAIDYA *et al.*, 2018). Neste trabalho que aplica os conceitos de CDs deve-se entender essas tecnologias como recursos estratégicos que a empresa possui para desenvolver seus processos internos e externos.

Quadro 1: Tecnologias típicas da indústria 4.0

Tecnologias da indústria 4.0	Tecnologias da indústria 4.0
Realidade virtual	Computação em nuvem
Inteligência artificial	<i>Big Data Analytics</i>
Internet das coisas (IoT)	Comunicação máquina a máquina (M2M)
Integração de sistemas	RFID (<i>radio-frequency IDentification</i>)
Automação e robótica	Manufatura aditiva

Autor

Esses recursos apresentados no quadro 1 acima têm a capacidade de, em maior ou menor intensidade, influenciar a competitividade das empresas (LI *et al.*, 2017; RÜßMANN *et al.*, 2015; SAUCEDO- MARTÍNEZ *et al.*, 2018; ZHOU; LIU; ZHOU, 2015) gerando economias em custo, qualidade, prazo e flexibilidade consideradas capacidades estratégicas na administração das operações de fábrica (GRÖß LER e GRÜBNER, 2006).

Alguns autores consideram que a tecnologia de automação e robótica no segmento de máquinas produz redução de cerca de 15% nos custos (RÜßMANN *et al.*, 2015) e aumentam a precisão com ganhos na qualidade dos produtos (RÜßMANN *et al.*, 2015). A M2M tem a capacidade de prover flexibilidade para todo o sistema de produção (RÜßMANN *et al.*, 2015) podendo participar de processos logísticos e de suprimento (BRETTEL *et al.* 2014).

A tecnologia que envolve a integração de todos os sistemas existente na fábrica permite a redução dos custos logísticos e operacionais (RÜßMANN *et al.*, 2015) e produz um ambiente organizacional integrado que proporciona maior qualidade e rapidez na produção (SARI *et al.*, 2020) oferecendo flexibilidade para as empresas (EROL *et al.*, 2009). Pfohl *et al* (2017) reco-

nhece que essa integração possibilita o uso das informações na logística e Alcácer e Cruz-Machado (2019) entre os sistemas verticais da empresa, notadamente, produção, logística, clientes e direção.

A *Internet of Things* pode ser considerada uma tecnologia fundamental na indústria 4.0 e dentre os seus benefícios destaca-se a possibilidade de redução dos custos de produção (SCHROEDER *et al.* 2019) pelo manuseio dos dados de uso do produto.

A tecnologia de Radio Frequency IDentification- RFID, integra a categoria de identificação e a rastreabilidade dos produtos finais ou dos materiais brutos utilizados na fabricação produzindo ganhos na eficiência (FRANK *et al.*, 2019), particularmente nos prazos e custos nas operações de produção e logística.

A computação em nuvem é uma tecnologia digital que permite a utilização plena dos dados na indústria 4.0 garantindo a flexibilidade para todo o processo de produção (RÜßMANN *et al.*, 2015) e tornando desnecessário qualquer investimento em infraestrutura. Possibilita também conectividade, armazenagem de dados (FRANK *et al.*, 2019) e a integração dos diversos sistemas da I4.0 (THOBEN *et al.*, 2017).

A realidade virtual é uma tecnologia que permite o treino simulado nos sistemas operacionais e nas máquinas (RÜßMANN *et al.*, 2015) resultando na melhoria da qualidade dos trabalhos com redução de custos (SARI *et al.*, 2020).

A *Big Data Analytics* além de ser considerada essencial no contexto da indústria 4.0 promove maior qualidade na produção pela melhoria no desempenho dos equipamentos mediante a diminuição das taxas de erro constatadas (RÜßMANN *et al.*, 2015). Alguns autores também consideram que esta tecnologia favorece a flexibilidade na capacitação do desempenho funcional (GROVER e KAR, 2017) e outros sustentam a importância da sua amplitude uma vez que a massa de informações é gerada diariamente nos diversos sistemas existentes na empresa (BORTOLINI *et al.*, 2017).

A tecnologia de inteligência artificial (IA) pode ser utilizada na manutenção preditiva das máquinas da linha de produção prevenindo falhas (FRANK *et al.*, 2019) favorecendo assim o controle da qualidade e a redução dos custos de produção. Alguns autores sustentam ainda que a IA garante maior flexibilidade na produção (CHOWDARY e MUTHINENI, 2012) uma vez que desenvolve o aprendizado das máquinas a partir do erro constatado, de maneira similar à capacidade de raciocínio das pessoas (SACOMANO e SATYRO, 2018, p. 37). Essa tecnologia pode atuar tanto nas áreas operacionais da fábrica (FRANK *et al.* 2019), especialmente nos processos produtivos e logísticos, mas também nos sistemas comerciais e de desenvolvimento de produtos (BHATIA e KUMAR, 2020).

A produção sustentável que é uma característica fundamental da indústria 4.0 é evidenciada pela impressão 3D ou manufatura aditiva que utilizando modelos virtuais produz artigos com poucas perdas repercutindo na redução de custos (FRANK *et al.*, 2019; RÜßMANN *et al.*, 2015), e de prazos de entrega (LI *et al.*, 2017). Tem ainda a capacidade de desenvolver protótipos no processo de produto e atender processos que envolvam clientes na customização de seus produtos (FRANK *et al.*, 2019) o que lhe garante flexibilidade.

Todas essas tecnologias típicas da I4.0 participam de um ou mais processos. Processos empresariais podem ser considerados como fluxos de trabalho que atendem a um ou mais objetivos da organização e que proporcionam agregação de valor sob a ótica do cliente final (DE SORDI, 2017). Na indústria o processo resume-se a qualquer atividade ou conjunto de atividades que a partir de um input, adiciona valor a ele e resulta num output direcionado a um cliente (DE LOUREIRO, 2020). Apesar da estrutura organizacional de uma I4.0 favorecer uma integração vertical dos níveis funcionais ela também pode ser orientada para processos de negócios particularmente pela característica de flexibilidade oferecida por algumas de suas tecnologias. Em virtude do elevado número de processos existentes numa organização industrial o presente trabalho utiliza como base os seguintes macroprocessos: Produção (gerenciamento do fluxo de

produção); Logística (Supply Chain Management [SCM]); Produto (Product Life-cycle Management [PLM]); Cliente (Gestão de relacionamento do cliente [CRM]) e Direção (Enterprise Resource Planning [ERP]).

3. DISCUSSÃO

O quadro 2 abaixo foi baseado na literatura e relaciona os fatores da competitividade (GRÖßLER e GRÜBNER, 2006) com as principais tecnologias típicas da I4.0. Pode-se constatar que as tecnologias se encontram orientadas para os fatores de custo (8 *scores*), de flexibilidade (6) e de qualidade (5). O fator prazo é o menos mencionado (3).

Quadro 2: Fatores da competitividade (GRÖßLER e GRÜBNER, 2006) e tecnologias típicas da I4.0

Tecnologias	CUSTO	FLEX	QUALI	PRAZO	total	Referências
Automação robótica	X		X		2	(RÜßMANN <i>et al.</i> , 2015)
<i>Big data analytics</i>		X	X		2	(GROVER e KAR, 2017; RÜßMANN <i>et al.</i> , 2015).
M2M		X			1	(RÜßMANN <i>et al.</i> , 2015)
Computação nuvem	X	X			2	(FRANK <i>et al.</i> , 2019; RÜßMANN <i>et al.</i> , 2015)
Integração sistemas	X	X	X	X	4	(EROL <i>et al.</i> , 2009; RÜßMANN <i>et al.</i> , 2015; SARI <i>et al.</i> , 2020)
Inteligência artificial	X	X	X		3	(CHOWDARY e MUTHINENI, 2012; FRANK <i>et al.</i> , 2019)
Internet das coisas	X				1	(SCHROEDER <i>et al.</i> 2019)
Manufatura aditiva	X	X		X	3	(FRANK <i>et al.</i> , 2019; LI <i>et al.</i> , 2017; RÜßMANN <i>et al.</i> , 2015)
Realidade virtual	X		X		2	(SARI <i>et al.</i> , 2020).
RFID	X			X	2	(FRANK <i>et al.</i> , 2019)
TOTAL	8	6	5	3		

Autor

Na busca das tecnologias competitivas típicas da I4.0 com potencial de geração de CDs devem-se analisar os processos empresariais que usam os recursos como forma de adaptação e/ou criação de mercados em mudanças (TEECE, PISANO e SHUEN, 1997; EISENHARDT; MARTIN, 2000). Assim no caso de adaptação aos mercados em mudança as tecnologias precisam reunir as condições de flexibilidade por serem essas essenciais nas ações de modificar, renovar, reconfigurar e transformar seus recursos (TEECE, PISANO e SHUEN, 1997). Desse modo, dentre as tecnologias competitivas constantes do quadro 2 e que possuem flexibilidade para conduzir, em boas condições, as possíveis transformações de mercado têm-se: *Big Data Analytics*, M2M, computação em nuvem, integração dos sistemas, inteligência artificial e manufatura aditiva. Deve-se atentar que essas três últimas tecnologias digitais possuem referências em mais de três fatores simultaneamente.

Desse modo no quadro 3 abaixo é evidenciada a participação de cada tecnologia flexível nos macroprocessos selecionados pela pesquisa. Assim destacam-se as tecnologias Big Data Analytics e inteligência artificial, com polivalência nos processos empresariais, indicando

serem recursos com potencial impacto transformador para a adaptação de toda a I 4.0 ao mercado.

Quadro 3: Tecnologias flexíveis que participam dos processos industriais

Tecnologias I4.0	Produção	Logística	Produto	Cliente	Direção	Referências
<i>Big data analytics</i>	X	X	X	X	X	(BORTOLINI et al., 2017; RÜBMANN et al., 2015)
M2M	X	X				(BRETTEL et al. 2014; RÜBMANN et al., 2015)
Computação nuvem	X	X		X	X	(RÜBMANN et al., 2015; THOBEN et al., 2017)
Integração sistemas	X	X		X	X	(ALCÁCER e CRUZ-MACHADO, 2019; PFOHL et al, 2017)
Inteligência artificial	X	X	X	X	X	(BHATIA e KUMAR, 2020; CHOWDARY e MUTHINENI, 2012; FRANK et al., 2019)
Manufatura aditiva	X		X	X		(FRANK et al., 2019; RÜBMANN et al., 2015)
TOTAL	6	5	3	5	4	

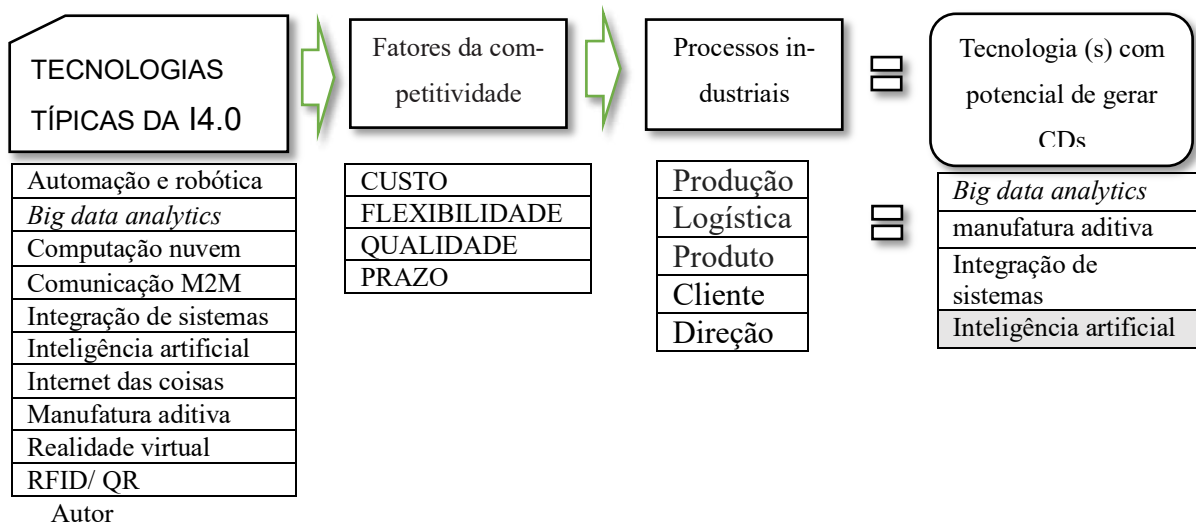
Autor

Conclui-se parcialmente que essas duas tecnologias possuem o potencial de gerar CDs pois são polivalentes e reúnem as condições de conduzirem processos transformadores de recursos, competências e capacidades funcionais como resposta às modificações do ambiente externo. Tal conclusão pode ser sustentada pela própria natureza de dinamismo iterativo que tanto a Big Data Analytics quanto a inteligência artificial possuem e que as qualificam na participação de rotinas organizacionais e estratégicas para obter novas configurações de recursos (EISENHARDT e MARTIN, 2000).

De outro modo, na criação de mercados em ambientes dinâmicos o entendimento que deve preponderar não é necessariamente o mesmo. A organização I4.0 deve criar CDs, ou seja, desenvolver a capacidade de renovação de competências pela empresa objetivando modificar sua base de recursos (HELFAT et al., 2007). Nesse caso a aprendizagem (ZOTT, 2003) passa a ser um atributo essencial das CDs na implantação de recursos e de novas capacidades operacionais da empresa (ZOLLO; WINTER, 2002) uma vez que permite a geração de novos conhecimentos. Deve-se destacar ainda que além das CDs serem dependentes de novos conhecimentos os processos tornam-se instáveis (EISENHARDT e MARTIN, 2000). Dentro desta ótica as tecnologias típicas da I4.0 com vocação para capturar ou estimular a aprendizagem apresentam-se como ideais nessa fase e podem ser conhecidas pelos totais constantes do quadro 2: integração de sistemas (total = 4) e, inteligência artificial e manufatura aditiva (total = 3). Deve-se mencionar que essas três tecnologias possuem potencial de gerar CDs pela maior afinidade que possuem com os fatores da competitividade que são os principais elementos responsáveis pela criação dos novos mercados de atuação.

Resumidamente encontra-se abaixo desenvolvido o modelo teórico utilizado na sustentação deste trabalho.

Figura 1: Modelo teórico proposto



4. CONCLUSÃO

O presente trabalho aborda a competitividade na indústria 4.0 fundamentada na perspectiva das CDs, no uso de tecnologias modernas e na orientação por processos para procurar entender o fenômeno holisticamente. Nesta perspectiva, e sendo o artigo teórico um estudo desenvolvido com coerência de argumentação, em que há uma exposição lógica, com profunda reflexão e maior nível de interpretação e julgamento pessoal, de preferência, com reflexões inovadoras (SEVERINO, 2017), buscou-se uma associação das tecnologias típicas da I4.0 com os principais fatores da competitividade (GRÖBLER e GRÜBNER, 2006) e macroprocessos industriais (DE LOUREIRO, 2020) para consumir esta conclusão.

Assim, tornou-se possível responder à questão de pesquisa proposta: As tecnologias típicas da indústria 4.0 possuem características de CDs? Como a perspectiva das CDs (TEECE; PISANO; SHUEN, 1997) propõe que a empresa pode obter vantagem competitiva seja ela temporária (EISENHARDT e MARTIN, 2000) ou sustentável (TEECE; PISANO; SHUEN, 1997; TEECE, 2007; ZOOT, 2003), por meio das capacidades e recursos organizacionais, inclusive tecnologias, que se modificam e transformam em resposta à mudança ambiental restou claro que a inteligência artificial possui as características de CDs e a condição de aprendizagem essencial nessa abordagem. Essa constatação foi baseada também numa argumentação que seleciona esta tecnologia pela sua flexibilidade, polivalência nos processos industriais e relevância nos fatores da competitividade.

O objetivo de destacar as tecnologias típicas da I4.0 com potencial de gerar CDs também prosperou indicando a existência de três tecnologias, Big Data Analytics, manufatura aditiva e a integração de sistemas. Essas reúnem requisitos de flexibilidade necessários para responder ao dinamismo ambiental e participam intensamente dos macroprocessos industriais. A computação em nuvem muito embora tenha despertado a atenção no estudo foi descartada pelas suas características *sui generis*, de banco de dados.

O artigo é relevante pois apresenta uma nova abordagem sobre a temática da I4.0 reunindo seus aspectos fundamentais, a tecnologia e a competitividade, através da perspectiva das CDs. Como contribuição gerencial o artigo orienta os gestores das empresas que utilizam soluções da I4.0 para a importância da tecnologia de inteligência artificial no alcance de

vantagem competitiva tanto na forma de adaptação como na criação de mercados em mudanças. Também oferece aos administradores um modelo mental simples que relaciona tecnologias com competitividade.

A principal contribuição do estudo é a confirmação da possibilidade de empregar tecnologias, típicas da indústria 4.0, como recursos modificadores e transformadores para o alcance da competitividade empresarial de acordo com a abordagem teórica das CDs.

Como limitação do estudo pode-se mencionar a própria natureza dinâmica das tecnologias que pela evolução constante podem ser desenvolvidas para níveis diferentes daqueles aqui estudados. Também o uso de um número reduzido de processos industriais e sua amplitude, macro- processos, para relacionar com as tecnologias típicas da I4.0 impede a generalização desejável dos resultados.

REFERÊNCIAS

- ADNER, R; HELFAT, C. E. Corporate effects of dynamic managerial capabilities. **Strategic Management Journal**, vol. 24, p. 1011-1025, 2003.
- AÇIKDILLI, Gaye; AYHAN, Doğan Yaşar. Dynamic Capabilities and Entrepreneurial Orientation in the New Product Development, **International Journal of Business and Social Science**, vol. 41, n. 11, p. 144-150, 2013.
- ALAVI, M; LEIDNER, D. Knowledge Management and Knowledge Management Systems: Conceptual Foundations and Research Issues. **MIS Quarterly**, vol. 25, n. 1, p. 107-136, 2001.
- ALCÁCER, V.; CRUZ-MACHADO, V. Scanning the Industry 4.0: A Literature Review on Technologies for Manufacturing Systems. **Engineering Science and Technology, an International Journal**, 2019.
- AMBROSINI, V; BOWMAN, C. What are dynamic capabilities and are they useful construct in strategic management? **Journal of Management Reviews**, Vol. 11, n. 1, p. 29-49, march 2009.
- AMBROSINI, V; BOWMAN, C; COLLIER, N. Dynamic Capabilities: An Exploration of How Firms Renew Their Resource Base. **British Journal of Management**, Vol. 20, n. S1, p. S9-S24, 2009.
- ANSOFF, H. Igor et al. Strategies for diversification. **Harvard business review**, v. 35, n. 5, p. 113-124, 1957.
- BAL, H. Ç.; ERKAN, Ç. Industry 4.0 and competitiveness. **Procedia Computer Science**, v. 158, p. 625-631, 2019.
- BARNEY, J. B. The resource based view of strategy: Origins, implications, and prospects. **Journal of management**, 17(1), p. 97-211, 1991.
- BARNEY, J. B. **Gaining and sustaining competitive advantage**. 3rd ed. Upper Saddle River. NJ: Pearson Education, 2007.
- BARNEY, J. B; HESTERLY, W. S. **Strategic Management and Competitive Advantage: Concepts and Cases**. Upper Saddle River. NJ: Pearson Education. 2006.
- BARRETO, I. Dynamic Capabilities: A Review of Past Research and an Agenda for the Future. **Journal of Management**, vol. 36 n. 1, p. 256-280, 2010.
- BHATIA, Manjot Singh; KUMAR, Saurabh. Critical success factors of Industry 4.0 in automotive manufacturing industry. **IEEE Transactions on Engineering Management**, 2020.
- BESANKO, D. *et al.* Learning-by-doing, organizational forgetting, and industry dynamics. **Econométrica**, v.78, n. 2, p. 453-508, 2010.
- BORTOLINI, M. et al. Assembly system design in the Industry 4.0 era: a general framework. **IFAC-PapersOnLine**, v. 50, n. 1, p. 5700–5705, 2017.
- BOWMAN, C; AMBROSINI, V. How the Resource-Based and the Dynamic Capability Views of the Firm Inform Corporate-Level Strategy. **British Journal of Management**, vol. 14 n. 4, p. 289-303, 2003.
- BRETTEL, M.; FRIEDERICHSEN, N.; KELLER, M.; ROSENBERG, M. How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective, **International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial and Mechatronics Engineering** 8(1): 37 – 44. 2014.
- CAVUSGIL, E; SEGGIE, S. H; TALAY, M. B. Dynamic capabilities view: foundations and research agenda. **Journal of Marketing Theory and Practice**, vol. 15, n. 2, p. 159-166, 2007.
- CHEN, H; LEE, P. Drivers of Dynamic Learning Mechanism and Dynamic Knowledge Articulation in Alliance Organizations. **The Electronic Journal of Knowledge Management**, vol. 6, n. 1, p. 33 - 40, 2008.

- CHOWDARY, B. V., & MUTHINENI, S. Selection of a flexible machining centre through a knowledge based expert system. *Global Journal of Flexible Systems Management*, 13(1), 3-10. 2012.
- CEPEDA, G; VERA, D. Dynamic capabilities and operational capabilities: a knowledge management perspective. *Journal of Business Research*, vol. 60, p. 426-437, 2007.
- CERUTI, A. et al. Maintenance in aeronautics in an Industry 4.0 context: The role of Augmented Reality and Additive Manufacturing. *Journal of Computational Design and Engineering*, v. 6, n. 4, p. 516-526, 2019.
- CONTADOR, J.C. **Campos e armas da competição: novo modelo de estratégia**. São Paulo: Saint Paul Editora, 2008.
- CONTADOR, J. C. **Concepção do CAC-Redes – Modelo de campos e armas da competição aplicado às redes de negócios (Versão 7)**, São Paulo: UNIP, 2018.
- DALMORO, M.; VIEIRA, K. M. Dilemas na construção de escalas Tipo Likert: o número de itens e a disposição influenciam nos resultados? *Revista Gestão Organizacional*, v. 6, n. 3, p. 161-174, 2013.
- DE LOUREIRO, João Paulo Borges et al. Estudo da identificação dos problemas rotineiros e cálculo do nível de eficiência nos processos industriais da Cooperativa Mista de Tomé-Açu (CAMTA). *Brazilian Applied Science Review*, v. 4, n. 4, p. 2418-2429, 2020.
- DE SORDI, José Osvaldo. **Gestão por processos**. Saraiva Educação SA, 2017.
- DESS, G; BEARD, D. Dimensions of organizational task environments. *Administrative Science Quarterly*, vol. 29, p. 52-73, 1984.
- DOUGHERTY, D; BARNARD, H; DUNNE, D. Exploring the everyday dynamics of dynamic capabilities. **3rd Annual MIT/UCI. Knowledge and Organizations Conference**, Laguna Beach, CA, 2004.
- EISENHARDT, Kathleen M; MARTIN, J. A. Dynamic Capabilities: What Are They? *Strategic Management Journal*, vol. 21, n. 10/11, p. 1105-1121, 2000.
- EROL, O., SAUSER, B. J., & BOARDMAN, J. T. Creating enterprise flexibility through service oriented architecture. *Global Journal of Flexible Systems Management*, 10(1), 11–16. 2009.
- FRAGOMENI, M. A. **Influência das competências organizacionais e dos vínculos interorganizacionais na competitividade de empresas que operam numa rede de negócios da indústria 4.0**. 2020. 212 f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Paulista, São Paulo, 2020.
- FRANK, A. G.; DALENOGARE, L. S.; AYALA, N. F. Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies. *International Journal of Production Economics*, v. 210, p. 15-26, 2019.
- FUSKO, M. et al. Basics of designing maintenance processes in industry 4.0. *MM science journal*, v. 2018, n. 3, p. 2252-2259, 2018.
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 1999.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2010.
- GILCHRIST, A. Industry 4.0: the Industrial Internet of Things. **Apress, New York**, pp.245, 2016.
- GOLD, A. H; MALHOTRA, A; SEGARS, A. H. Knowledge management: an organizational capabilities perspective. *Journal of Management Information Systems*, vol. 18, n. 1, p. 185–214, 2001.
- GROBLER, A., & GRUBNER, A. An empirical model of the relationships between manufacturing capabilities. *International Journal of Operations & Production Management*. 2006.
- GROVER, P., & KAR, A. K. (2017). Big data analytics: A review on theoretical contributions and tools used in literature. *Global Journal of Flexible Systems Management*, 18(3), 203-229.
- HAMEL, G.; PRAHALAD, C. K. **Competindo pelo Futuro**. Rio de Janeiro: Campus, 1995.

HARRELD, J; O'REILLY III, C. A; TUSHMAN, M. L. Dynamic Capabilities at IBM: Driving Strategy into Action. **California Management Review**, vol. 49, n. 4, p. 21-43, 2007.

HATUM, A.; PETTIGREW, A.; MICHELINI, J. Building organizational capabilities to adapt under turmoil, **Journal of Change Management**, Vol. 10 No. 3, pp. 257-274. 2010.

HELFAT, C. E. *et al.* **Dynamic Capabilities: Understanding Strategic Change in Organizations**. MA, Blackwell Publishing : Malden, 2007.

HITT, M. A.; LI, H.; WORTHINGTON, W. J. Emerging markets as learning laboratories: Learning behaviors of local firms and foreign entrants in different institutional contexts. **Management and Organization Review**, v.1, n.3, p. 353-380, 2005.

JESCHKE, S.; BRECHER, C.; MEISEN, T.; OZDEMIR, D.; ESCHERT, T. Industrial internet of things and cyber manufacturing systems. **In: Industrial Internet of Things**. Springer, Cham, pp. 3–19, 2017.

KAGERMANN H.; WAHLSTER W.; HELBIG J., 2013. Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0: Securing the Future of German Manufacturing Industry. Final Report of the Industrie 4.0 Working Group. **Acatech, Forschungsunion**.

KIM, N; ATUAHENE-GIMA, K. Using exploratory and exploitative market learning for new product development. **Journal of Product Innovation Management**, vol. 27, p. 519-536, 2010.

KODAMA, Mitsuru. Winning through strategic communities: a case study. **Handbook of Business Strategy**, 2006.

LAAKSONEN, O.; PELTONIEMI, M. The essence of dynamic capabilities and their measurement, **International Journal of Management Reviews**, Vol. 20 No. 2, pp. 184-205. 2018.

LEE, J., BAGHERI, B., KAO, H.A., 2015. A cyber-physical systems architecture for industry 4.0- based manufacturing systems. **Manuf. Lett.** 3, 18–23.

LEME, P. H. M. V. **Os Pilares da Qualidade**: dissertação de mestrado, 2007.

LI, Da-Yuan; LIU, Juan. Dynamic capabilities, environmental dynamism, and competitive advantage: Evidence from China. **Journal of Business Research**, vol. 67, n. 1, p. 2793–2799, January 2014.

LI, G., HOU, Y., WU, A. Fourth industrial revolution: Technological drivers, impacts and coping methods, **Chinese Geographical Science**, Vol. 27, No. 4, 626-637. 2017.

LIAO, J; KICKUL, Jr; MA, H. Organizational dynamic capability and innovation: an empirical examination of internet firms. **Journal of Small Business Management**, vol. 47, n. 3, p. 263–286, 2009.

LICHTENHALER, U. The performance implications of dynamic capabilities: the case of product innovation, **Journal of Product Innovation Management**, Vol. 28 No. 2, pp. 1-16. 2012.

LU, Y., 2017. Industry 4.0: a survey on technologies, applications and open research issues. **J. Indus. Inf. Integr.** 6, 1–10.

MARCONI, M. D. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 2003.

MENON, Adwaita G. Revisiting Dynamic Capability. **IIMB Management Review**, p. 22-33, 2008.

MILES, R; SNOW, C. **Organizational Strategy, Structure and Process**. New York, NY: McGraw Hill, 1978

PETERAF, M. A. The Cornerstones of Competitive Advantage: A Resource-Based View. **Strategic Management Journal**, vol. 14 n. 3, p. 179-191, 1993.

PETTIGREW, A.M.; WHIPP, R. *Managing Change for Competitive Success*. Malden: **Blackwell Publishers Inc.** 1991.

PFOHL, H.C., YAHSI, B., KURNAZ, T. Concept and diffusion-factors of industry 4.0 in the supply chain. **In: Dynamics in Logistics**. Springer, Cham, pp. 381–390.2017.

- PISANO, G. P. A Normative Theory of Dynamic Capabilities, connecting strategy, know-how, and competition., **Harvard Business Review**, 2015.
- PISANO, G.P. Toward a prescriptive theory of dynamic capabilities: connecting strategic choice, learning, and competition, **Industrial and Corporate Change**, Vol. 26 No. 5, pp. 747-762, 2017.
- POPPER, K. **The logic of scientific discovery**. Routledge, 2005.
- PORTER, M. E., **Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance**. New York, Free Press; Collier Macmillan, 1985.
- PRIETO, I. M; EASTERBY-SMITH, M. Dynamic capabilities and the role of organizational knowledge: an exploration. **European Journal of Information Systems**, vol. 15, n. 5, p. 500–510, 2006.
- RAGUSEO E.; GASTALDI, L.; NEIROTTI, P., 2016, December. Smart work: supporting employees' flexibility through ICT, HR practices and office layout. **In: Evidence-based**
- RASHIDIRAD, M.; SALIMIAN, H. SMEs' dynamic capabilities and value creation: the mediating role of competitive strategy. **European Business Review**, 2020.
- RUMELT, R. P. The perils of bad strategy. Artigo adaptado do seu livro **Good Strategy/Bad Strategy: The Difference and Why It Matters**. Crown Publishing, July 2011. McKinsey Quarterly, p. 1 - 10, June 2011.
- RÜBMAN, M. *et al.* Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries. **Boston Consulting Group**, v. 9, n. 1, p. 54-89, 2015.
- SACOMANO, J. B., GONÇALVES, R. F., BONILLA, S. H., DA SILVA, M. T., & SÁTYRO, W. C. (2018). **Indústria 4.0**. Editora Blucher.
- SALMON, Wesley C. **Lógica**. 4. ed. Rio de Janeiro: Zahar, 1978. Capítulos 2 e 3.
- SANTOS, B. P. *et al.* Indústria 4.0: desafios e oportunidades. **Revista Produção e Desenvolvimento**, v. 4, n. 1, p. 111-124, 2018.
- SARI, T., GULES, H. K., & YIGITOL, B. Awareness and readiness of Industry 4.0: The case of Turkish manufacturing industry. **Advances in Production Engineering & Management**, 15(1), 57-68. 2020.
- SAUCEDO-MARTÍNEZ, J. A. *et al.* Industry 4.0 framework for management and operations: a review. **Journal of ambient intelligence and humanized computing**, v. 9, n. 3, p. 789-801, 2018.
- SCHILKE, Oliver. Second-order dynamic capabilities: how do they matter? **Academy of Management Perspectives**, vol. 28, n. 4, p. 368–380, 2014a.
- SCHROEDER, A., ZIAEE BIGDELI, A., GALERA ZARCO, C. and BAINES, T. “Capturing the benefits of industry 4.0: a business network perspective”, **Production Planning & Control**, Vol. 30, No. 16, pp. 1305-1321. 2019.
- SEVERINO, Antônio Joaquim. **Metodologia do trabalho científico**. Cortez editora, 2017.
- TAO, F.; CHENG, J.; QI, Q.; ZHANG, M.; ZHANG, H.; SUI, F. Digital twin- driven product design, manufacturing and service with big data. **Int. J. Adv. Manuf. Technol.** 94 (9–12), 3563–3576. 2018.
- TEECE, D. J. Explicating dynamic capabilities: the nature and micro foundations of (sustainable) enterprise performance. **Strategic Management Journal**, vol. 28, n. 13, p. 1319–1350, 2007.
- TEECE, D. J. Next-generation competition: New concepts for understanding how innovation shapes competition and policy in the digital economy. **Journal of Law, Economics, and Policy**, vol. 9, n. 1, p. 97–118, 2012.
- TEECE, D. J; PISANO, G. The dynamic capabilities of firms: An introduction. **Industrial Corporate Change**, vol. 3, n. 3, p. 537–556, 1994.
- TEECE, D. J; PISANO, G; SHUEN, Dynamic Capabilities and Strategic Management. **Strategic Management Journal**, vol. 18, n. 7, p. 509-533, 1997.
- THOBEN, K.D., WIESNER, S., WUEST, T. Industrie 4.0” and smart manufacturing—a

review of research issues and application examples. *Int. J. Autom. Technol.* 11 (1). 2017.

TRIPSAS, M; GAVETTI, G. Capabilities, cognition, and inertia: evidence from digital imaging. *Strategic Management Journal*, Vol. 21, No. 10/11, Special Issue: The Evolution of Firm Capabilities, p. 1147–1161, Oct. - Nov. 2000.

VAIDYA, S.; AMBAD, P.; BHOSLE, S. Industry 4.0 - A Glimpse. *Procedia Manufacturing*, v. 20, p. 233–238, 2018.

VERA, D; M. CROSSAN. Organizational learning and knowledge management: toward an integrative framework. In M. Easterby-Smith and M. A. Lyles (eds). *Blackwell Handbook of Organizational Learning and Knowledge Management*. Oxford: Blackwell, p. 123–141, 2003.

WANG, C.L.; AHMED, P.K. Dynamic capabilities: a review and research agenda. *International Journal of Management Reviews*, Vol. 9 No. 1, pp. 31-51. 2007.

WANG, S., WAN, J., LI, D., ZHANG, C., 2016. Implementing smart factory of industrie 4.0: an outlook. *Int. J. Distributed Sens. Netw.* 12 (1), 3159805.

WERNERFELT, B. A Resource-Based View of the Firm. *Strategic Management Journal*, vol. 5, n. 2, p. 171-180, 1984.

SILVA, J. C.T.; **Tecnologia: novas abordagens, conceitos, dimensões e gestão**. Revista Produção, Associação Brasileira de Engenharia de Produção– ABEPRO– v.13, n. 1, 2003, Rio de Janeiro – RJ.

ZAHRA, S. A; SAPIENZA, H. J; DAVIDSSON, P. Entrepreneurship and dynamic capabilities: a review, model and research agenda. *Journal of Management Studies*, vol. 43, n. 4, p. 917-955, 2006.

ZAIDI, M. F. A; OTHMAN, S. N. Exploring the concept of technology management through dynamic capability perspective. *International Journal of Business and Social Science*, vol. 2, n. 5, p. 41-54, 2011.

ZHOU, K.; LIU, T.; ZHOU, L. Industry 4.0: Towards future industrial opportunities and challenges. *In: 12th International conference on fuzzy systems and knowledge discovery (FSKD)*. IEEE. p. 2147-2152, 2015.

ZOLLO, M; WINTER, S. G. Deliberate learning and the evolution of dynamic capabilities. *Organization Science*, vol. 13, n. 3, p. 339–351, 2002.

ZOTT, C. Dynamic capabilities and the emergence of intra-industry differential firm performance: Insights from a simulation study, *Strategic Management Journal*, vol. 24, n. 2, p. 97–112, 2003.