

1 Introdução

O desenvolvimento tecnológico percebido nas últimas décadas, está promovendo profundas mudanças nos processos produtivos industriais, principalmente através de tecnologias digitais ligadas a Indústria 4.0 (I4.0). O movimento da I4.0 é um modelo de manufatura emergente movido por tecnologias digitais para a produção, tendo como meta atingir elevados níveis de automação, eficácia operacional e produtividade (LUCATO et al. 2019; BARZOTTO; DE PROPRIIS, 2021; CHIRUMALLA, 2021). As tecnologias digitais associadas a indústria 4.0 podem oferecer maior qualidade em produto e processos, melhorar sua confiabilidade, flexibilidade e eficiência (LASI, 2014; RÜBMANN et al. 2015; LU; MORRIS; FRECHETTE, 2016; ZHONG et al. 2017).

Estas novas características e mudanças ocorridas estão alinhadas ao modelo de negócio proposto por Teece (2018), onde defende que a capacidade das empresas se adaptarem às mudanças em seu ambiente de negócio, está associada as Capacidades Dinâmicas (CD), que determinam a velocidade e o grau (e custo associado), alinhamento de recursos e direcionamento da organização para o atendimento das necessidades dos clientes. Neste sentido a ação das CD nas organizações pode ser percebido através das capacidades de integrar, reconfigurar e construir competências internas e externas na busca de vantagem competitiva (TEECE; PISANO; SHUEN, 1997); Alinhado a esta perspectiva Lima, Nodari; Froehlich, (2020), apontam que as CD se tornam ainda mais relevantes neste processo, pois podem proporcionar a integração dos sistemas e tecnologias na I4.0, identificar as demandas tecnológicas e capacidades gerenciais, conhecimentos, recursos e processos necessários para viabilizar a adoção e aplicação destas tecnologias. Ao analisar a inovação de processos a partir das perspectivas das CD Piening; Salge (2015), apontam que ao negligenciar as capacidades organizacionais a organização deixa de aproveitar oportunidades para reconfiguração seus processos de produção, cadeia de suprimentos e suporte.

A partir destes princípios a pergunta que norteia este estudo é: Como identificar as necessidades para o desenvolvimento da indústria 4.0, partindo da perspectiva operacional em países emergentes, sob a luz das Capacidades dinâmicas? Para responder a esta questão o objetivo da pesquisa é identificar a contribuição das CD para o desenvolvimento da indústria 4.0 em uma empresa multinacional localizada no Vale dos Sinos no Rio Grande do Sul.

A escolha da região do Vale dos Sinos se deve por ser esta uma região que conta com a implantação de parques industriais, tecnológicos e a expansão de incubadoras tecnológicas e empresariais, além de possuir uma diversidade econômica para o desenvolvimento de serviços avançados como da indústria criativa, bem como oportunidades com infraestrutura para o turismo de negócio e rural (CARGNIN; LEMOS; CUNHA, 2017). Possui grande força econômica através do potencial produtivo e industrial existente nos clusters integradores dos setores calçadista e metalmeccânico, e na existência de parques tecnológicos e universidades.

A opção por uma empresa multinacional é reforçada por Erro-Garcés; Aranaz-Núñez, (2020), que ao explorar o sucesso da implementação da Indústria 4.0 em países emergentes, identificou que esse processo passa por fatores como o envolvimento das multinacionais, implementação de políticas públicas, cooperação e o envolvimento de centros de educação que promovam a obtenção das competências digitais necessárias para a preparação dos colaboradores.

O objeto da pesquisa teve como foco uma empresa multinacional que tem sua base na Europa, onde a I4.0 tem sua origem, o que propicia ao estudo uma perspectiva de maior proximidade com a realidade na implantação e operacionalização das tecnologias da I4.0. A

investigação foi conduzida com caráter exploratório de caso único e análise qualitativa. Como contribuição o estudo pretende ampliar os a investigação em torno das CD, que continua sendo assunto atual e de grande interesse científico (ALBORT-MORANT et al.2018); com possibilidades existentes no campo de pesquisa em diferentes áreas científicas, mas que carece da produção estudos empíricos-teóricos (SILVA E MACHADO 2017); podendo também auxiliar as organizações em países emergentes nos desafios e oportunidades que a introdução de novas tecnologias e sistemas digitais imprimem (TEECE, 2018; KADIR et al. 2019).

2 Capacidades Dinâmicas

Para ser competitivo em ambientes de negócios dinâmicos de inovação, produção e manufatura as organizações precisam desenvolver CD únicas e difíceis de replicar (TEECE, 2007). Pois estas capacidades agem na habilidade das organizações integrar, reconfigurar e construir competências internas e externas, promovendo mudanças sistemáticas das funções e rotinas organizacionais, agregando valor nas atividades e gerando vantagem competitiva (CAPPELLARI et al. 2017; SARJANA, 2015; TEECE, 2007; TEECE; PISANO; SHUEN, 1997; TEECE; PISANO, 1994).

A abordagem das CD segundo Teece (2007), orienta os tomadores de decisões no processo de compreensão do posicionamento necessário para se preparar e reconfigurar seu negócio antecipando as mudanças de mercado e tecnológicas.

Especialmente em ambientes tecnológicos onde rápidas mudanças sempre causam incertezas, as CDs são fundamentais para indicar o caminho a seguir, através do gerenciamento do ambiente e do conhecimento (HERRMANN; SANGALI; TEECE, 2017). Empresas com recursos altamente dinâmicos, agem rapidamente às mudanças externas, o que demonstra que as CD podem influenciar tomadas de decisões também na adoção de recursos, facilitando o gerenciamento organizacional de novas exigências competitivas internas e externas (TONDOLO; BITENCOURT, 2014; SARJANA, 2015).

Na tentativa de ampliar o entendimento em torno das capacidades Teece (2019), defende que as capacidades organizacionais podem ser comuns estando associadas a eficiência técnica e a produtividade, e dinâmicas aquelas que apoiam a empresa na renovação de recursos e no atendimento das necessidades de inovação do mercado, mantendo a lucratividade.

Um avanço importante para a compressão da discussão em torno das CD surge com Teece (2007), na abordagem dos microfundamentos e as capacidades detectar, aproveitar e transformar, fornecendo uma visão abrangente na gestão de recursos críticos. Os microfundamentos estão inseridos na busca da vantagem competitiva das organizações frente a concorrência, já que os são identificados como de difícil desenvolvimento e implantação e não sendo facilmente copiado ou adquirido.

Os microfundamentos estão ligadas as capacidades organizacionais de identificar e orquestrar recursos relevantes, para que sejam internalizados e transformados em informações para as organizações, criando assim capacidades específicas que agreguem informações em torno dos objetivos organizacionais (BARNEY; FELIN, 2013).

Uma importante contribuição para o estudo dos microfundamentos das CD é realizado por Sousa-Zomer, Neely e Martinez (2020), ao estabelecer a relação dos microfundamentos com a transformação digital (TD). Neste sentido, visando ampliar o entendimento da competitividade neste ambiente da transformação digital, os autores fundamentam seus estudos nos princípios dos microfundamentos das capacidades dinâmicas de Teece (2007), e em pesquisas acadêmicas relacionadas à indústria e transformação digital, a fim de testar a capacidade de transformação digital e o desempenho da empresa.

Embora a definição não seja simples, os microfundamentos tem despertado o interesse de pesquisadores por sua importância nos resultados organizacionais. Neste sentido, Felin; Foss; Ployhart, (2015), exploram com profundidades seus conceitos, compreendendo sua heterogeneidade e abordando seus princípios a partir dos resultados sociais, evidenciando suas diferenças em relação ao viés da vantagem competitiva.

3 Indústria 4.0

A evolução da Tecnologia da Informação (TI) e elementos digitais integrados a estruturas e dispositivos, se tornam cada vez mais indispensáveis, tendo a capacidade de alterar a forma das relações do mundo físico, assim como a internet revolucionou a interação humana (SZCZODRAK, et al. 2013; HU et al. 2016).

Um sistema que está sendo fortemente impactado por esta nova ordem é a manufatura industrial, através da introdução de tecnologias inovadoras na fabricação, com novas formas de conectividade e gerenciamento de dados, novos ambientes para compartilhamento e treinamento de conhecimento (realidade aumentada e virtual), ou da reformulação do parque de máquinas e atualização para sistemas ciber-físicos (MOURTZIS et al., 2018).

Esta revolução tecnológica denominada quarta revolução também chamada de Indústria 4.0, é marcada por integração entre sistemas de produção industrial com tecnologia industrial digital, promovendo avanços tecnológicos ao longo da cadeia de valor (RÜßMANN, 2015).

Diferente das revoluções industriais anteriores, que tiveram como resultado mecanização, eletricidade e tecnologia da informação, a quarta revolução industrial introduz na produção máquinas inteligentes com sistemas de armazenagem, produção e informação atuando de forma autônoma (HENNING, 2013). Essas características revelam oportunidades de agregar valor aos processos de manufatura (ISSA ET. AL 2018, WICHMANN; EISENBART; GERICKE 2019); além de proporcionar flexibilidade no atendimento de demandas, produtos personalizados e de alta qualidade.

A migração da indústria para o sistema 4.0, muda a competitividade das empresas e regiões, pois torna os métodos de produção mais rápidos, flexíveis e eficientes, permitindo reunir, analisar e processar dados entre máquinas em tempo real, levando a redução dos custos de produção com maior qualidade (RÜßMANN et al. 2015; LU; MORRIS; FRECHETTE, 2016; ZHONG et al. 2017).

A evolução da indústria de manufatura para os processos da I4.0, exige diferentes dispositivos tecnológicos, focados nos crescentes requisitos personalizados dos clientes (ZHONG et al. 2017; PETRILLO et al. 2018). A adoção equivocada de tecnologias, ou a falta de soluções como uma estrutura inovadora, esforços para integrar a colaboração na fabricação e atividades adicionais a jusante e a montante, pode comprometer os processos e onerar custos.

Neste sentido, um estudo realizado por Rüßmann et al. (2015), descreve as nove tendências tecnológicas e digitais que são os elementos fundamentais da Indústria 4.0:

Big Data - Realiza a coleta e análise abrangente de dados de dispositivos e equipamentos do sistema de produção, sistemas de clientes, gestão, apoiando a tomada de decisões em tempo real;

Robôs Autônomos - Dispositivos autônomos, flexíveis e cooperativo, que podem interagir e trabalhar com segurança ao lado dos seres humanos;

Simulação - Simulações em 3D de produtos, materiais e processos de produção são utilizados para criar no mundo virtual modelos para o mundo físico, diminuindo assim os tempos de configuração da máquina e aumentando a qualidade;

Integração vertical - Conecta e integra todos os elementos do ciclo de vida do produto dentro da organização, incluindo atividades de marketing, design, engenharia, produção e vendas, compartilhando dados, informações e recursos;

Integração horizontal - Integração a fornecedores e parceiros;

Internet das Coisas (IoT) - Conecta através da internet objetos físicos a eletrônicos, software, sensores e dispositivos de rede incorporados, além de permitir o controle da rede e o gerenciamento de equipamentos de fabricação, ativos e fluxo de informações.;

Ciber segurança - Sistema de segurança voltado para a proteção de sistemas industriais críticos e linhas de fabricação de ameaças cibernéticas.

Computação na nuvem - Caracterizado por fornecer serviço de computação baseado na Internet em nuvem, o que torna possível compartilhar softwares para usuário, sem instalar localmente.

Manufatura Aditiva - Utiliza técnicas avançadas de modelagem e prototipagem de elementos, para a conversão em objetos físicos;

Realidade Aumentada - Apoiar a tomada de decisões de equipes de trabalho com informações visuais e espaciais em tempo real;

Muitos destes elementos já são encontrados na indústria de manufatura, porém não de forma totalmente integrada e automatizada.

O sucesso da operação neste sistema tecnológico, está ligado a uma maior interação com a Tecnologia da Informação (TI), a distribuição da tomada de decisão gerencial, relacionamentos com parceiros de colaboração para oferecer configurações de equipamentos mais flexíveis e adaptáveis, além de mão-de-obra qualificada de alto custo (RÜßMANN et al. 2015).

Deve-se considerar também, que a fabricação a partir de tecnologia e dispositivos inteligentes seja competitivo, é necessário que se estabeleça novos padrões de sistemas de fabricação, sistemáticos, repetíveis e eficientes (LU; MORRIS; FRECHETTE, 2016). Com os modelos hierárquicos e os padrões vigentes, não será possível acompanhar a evolução tecnológica de manufatura, uma vez que a padronização é crucial para a integração de pequenos fabricantes a grandes corporações multinacionais.

Esta mudança nos requisitos sociotécnicos no ambiente tecnológico envolve diretamente a I4.0, que é caracterizado por inovação, diferenciação e customização de produtos, combinando produtos e serviços de alto valor agregado, (LASI et al., 2014; SHAMIM et al., 2017).

Esse cenário, exige que os profissionais atuem em sistemas complexos, levando a necessidade de solução de problemas, flexibilidade e aprendizagem contínua, cumprimento de requisitos de qualificação e transferência de responsabilidade, além de competências sociais como habilidade cooperação e comunicação (HECKLAU et al., 2016; LUO, STÖMER, 2018).

O estudo realizado por Hecklau et al., (2016), buscou identificar os principais desafios e competências essenciais para funcionários no ambiente da I40, sendo apontadas possíveis desafios sociais a mudança demográfica e valores sociais em mudança, aumento do trabalho virtual e complexidade crescente de processos. Com relação aos desafios técnicos são identificados crescimento exponencial da tecnologia e uso de dados, trabalho colaborativo crescente em plataformas.

A análise de Pasmore et al., (2019), indica que os sistemas sociais não estão acompanhando a abrangência e velocidade de mudança dos sistemas de produção digital, onde há a marginalização de profissionais que não dominam a tecnologia e em contrapartida, a escassez de profissionais qualificados para atender as demandas tecnológicas. Essa perspectiva tem impacto nas ações do RH das organizações, que necessitam identificar as capacidades e os

requisitos necessários para suprir a lacuna gerada por colaboradores, na rápida evolução tecnológica e suas funções (WHYSALL; OWTRAM; BRITAIN, 2019).

Para minimizar este impacto e atender os novos requisitos no sistema da I4.0, as organizações necessitam de adaptação não apenas estrutural, requerendo também a aproximação integrada das pessoas neste ambiente, através do desenvolvimento de programas de formação e qualificação dos colaboradores, a fim de promover a adaptação e o domínio das atividades (LUO, STÖMER, 2018). O apoio de uma liderança inovadora e orientada para o conhecimento favorece neste sentido, acelerando o processo de aprendizagem estimulando a difusão do conhecimento, com mentoria para a construção do conhecimento, apoio e delegação (SHAMIM et al., 2017).

4 Metodologia

A pesquisa classifica-se como qualitativa, exploratória com estudo de caso único. A opção por um estudo de caso se deve, por ser indicado para investigar fenômenos complexos nas áreas das ciências sociais e em setores como industriais e economia (Yin, 2015). Os dados coletados correspondem a primários e secundários. Os dados primários tiveram sua origem nas entrevistas semiestruturadas. Já os dados secundários foram coletados por meio de observação não-participante e análise documental de registros, folders, site da organização objeto de estudo (YIN, 2016).

O roteiro de perguntas das entrevistas semiestruturadas foi adaptado de Froehlich; Bitencourt; Bossle (2017), com questões que buscam identificar fatores organizacionais internos ou externos, capacidades e competências que geram condições para a adoção de tecnologias ligadas à indústria 4.0. Por sua relevância em torno construto CD, também foram pesquisadas as estratégias que a organização utiliza para definir a necessidade de adoção de tecnologias seguindo os princípios abordados por Teece (2018), abordando temas como a forma que as demandas tecnológicas são identificadas, quem decide, quais recursos ou que bases de dados ou conhecimento são utilizados para uma decisão mais assertiva e se as decisões tomadas estão alinhadas a projetos integrados de longo prazo, contemplando demandas de clientes, parceiros.

Os participantes foram técnicos, especialistas e profissionais que atuam no segmento da I4.0 em uma indústria na região do Vale dos Sinos. A indústria selecionada para a pesquisa adota princípios da indústria 4.0 em seus processos, tendo competências organizacionais e alguns dos elementos requeridos que caracterizam o ambiente 4.0 como os apresentados por Rübmann et al. (2015).

O contato inicial com a organização foi realizado através de um técnico especialista em I4.0 que atua na empresa e que se dispôs a responder a entrevista e indicou os profissionais chave que poderiam contribuir com a proposta da pesquisa. As entrevistas foram realizadas entre fevereiro e abril de 2021, através de links de vídeo chamadas e ligações telefônicas, com a gravação de áudio seguido da transcrição para a análise. O quadro apresenta o perfil dos participantes.

Quadro 1 – Perfil dos entrevistados.

Cargo/função ocupado na empresa	Grau de instrução	Tempo de empresa/anos	Idade
Gerente de planejamento e processos de fabricação e processos logísticos;	Graduação em engenharia mecânica, Mestre em engenharia de produção,	8	42

	MBA Inovação e MBA em gerenciamento da cadeia de suprimento;		
Supervisor de engenharia de processos;	Mestre em engenharia de produção e sistemas;	12	39
Supervisor de Logística	Pós graduação	18	36
Analista de processos;	MBA Gestão empresarial;	8 meses	30
Analista de Logística	Superior em Gestão Industrial	14	34
Analista de Logística;	Superior Completo	11	31

Fonte: Autoria própria.

Para o procedimento de análise de dados, utilizou-se a análise de conteúdo, que de acordo com Bardin (2016), consiste em uma metodologia adequada para avaliar conteúdos de perguntas abertas. A análise de Conteúdo é composta por procedimentos sistemáticos para o exame de temáticas e regras definidas pelo autor (CAVALCANTE, CALIXTO E PINHEIRO, 2014). A análise de conteúdo realizada a partir das entrevistas, procurou identificar na percepção dos técnicos os desafios e oportunidades existentes para a adoção de tecnologias em especial da I4.0. A análise de conteúdo que acordo Bardin (2011), permite reunir e identificar nas informações características comuns em conteúdo escrito ou verbal. Além disso buscou-se o suporte nas CD capacidades detectar, aproveitar e transformar e seus microfundamentos Teece (2007), para a elaboração do roteiro de perguntas semiestruturadas, desenvolvido a partir do referencial teórico, abordando os princípios das CD seus microfundamentos e a I4.0, conforme mostra o quadro.

Quadro 2 – Abordagem teórica que fundamenta o roteiro de perguntas.

Autor	Capacidades Dinâmicas		
	Detectar	Aproveitar	Transformar
	Microfundamentos		
Day e Schoemaker (2016)	Visão periférica e aprendizagem em vigilância.	Experimentar para mudar e visualizar.	Redesenho da organização e modelagem externa.
Froehlich; Bitencourt; Bossle, (2017)	Processos: Direcionar o trabalho interno de P&D; Explorar fornecedores e complementar inovações; Explorar desenvolvimentos em ciência e tecnologia exógenas; Identificar segmentos de mercado-alvo, mudando as necessidades do cliente e inovação do cliente.	Soluções para os clientes e o modelo de negócio; Seleção das fronteiras organizacionais; Rotinas para seleção de protocolos de tomada de decisão; Rotinas para construir lealdade e comprometimento.	Descentralização e decomposição; Co especialização; Governança e o gerenciamento do conhecimento.

Warner; Wäger (2019)	Exploração digital; Planejamento de cenário digital; Elaboração de mentalidade digital.	Agilidade estratégica; Prototipagem rápida; Balanceamento de portfólios digitais.	Navegação em ecossistemas de inovação; Redesenho de estruturas internas; Melhoria da maturidade digital.
Pospichil et al. (2020)	Visão periférica; Aprendizagem em vigilância.	Experimentar para mudar; Visualizar opções reais.	Redesenho da organização; Modelagem externa.
Sousa-Zomer, Neely e Martinez (2020)	Habilidades digitais; Intensidade digital; Contexto para ação e interação.		

Fonte: Autoria própria.

A partir da base teórica de Teece (2007), buscou-se estudos atualizados que visem atender os objetivos da pesquisa. A teoria empírica em torno das CD e a I4.0 remete para os microfundamentos das tecnologias digitais (SOUSA-ZOMER; NEELY; MARTINEZ, 2020). Considerou-se para a criação do roteiro de perguntas, autores que abordam as CD e os microfundamentos de forma abrangente, mas que também se relacionam com a pesquisa.

5 Análise dos resultados

Esta seção inicia com uma breve apresentação da empresa pesquisada, seguido da análise dos dados.

A empresa Alfa iniciou suas atividades na década de 20 na Europa. Atualmente em seu segmento a organização opera desenvolvendo, produzindo e entregando produtos e ferramentas que atendem a construção civil, agricultura e o mercado doméstico, através de uma rede própria que conta com 38 filiais de vendas, além de uma rede de revendedores credenciados em mais de 160 países. Isto a torna líder de vendas em alguns dos seus principais produtos no mundo. No Brasil sua unidade está localizada no Vale do Sinos, no Rio Grande do Sul e conta com aproximadamente 3000 colaboradores (REDAÇÃO BRASIL ALEMANHA NEWS, 2021).

5.1 Capacidades e competências tecnológicas ligadas à indústria 4.0

De acordo com Rübmann et al. (2015), as principais competências organizacionais e alguns dos elementos que caracterizam o ambiente 4.0 são a interação com a Tecnologia da Informação (TI) e a distribuição da tomada de decisão gerencial, aliados a tecnologias fabricação inteligente, robótica, IoT, Cyber Physical Systems (CPS) e Big Data, entre outros. Com relação aos desafios e competências humanas no ambiente da I4.0 Hecklau et al., (2016), identifica o trabalho virtual e complexidade em processo, uso intensivo da tecnologia, uso de dados, trabalho colaborativo crescente em plataformas.

A partir destes princípios, com base na análise das entrevistas foi possível identificar algumas categorias que estão alinhadas às demandas para que estas capacidades e competências sejam atendidas na adoção das tecnologias da I4.0.

Benefícios da I4.0 – Ao operar em um ambiente 4.0 a produção se torna mais ágil, flexível, eficiente e com maior qualidade, estas características identificadas por Zhong et al. (2017), são confirmadas durante a análise das entrevistas, sendo agilidade e a flexibilidade é praticamente unânime entre os entrevistados. Os levantamentos feitos apontam que os benefícios são distintos entre diferentes áreas da organização, é provável que isso aconteça em função da natureza de suas operações, mas cabe aqui discutir que quando se trata de processos produtivos a percepção dos técnicos está associada à velocidade de processos e processamentos, assertividade além das características já apontadas, não havendo indicativos. Nos processos logísticos as premissas trazidas anteriormente também são defendidas, porém, há uma maior relevância na informação, otimização no uso de recursos físicos e humanos. É consenso que há um aumento significativo na produtividade, segurança e minimização de erros quando processos automáticos substituem a mão de obra humana. Sob o ponto de vista gerencial agilidade na tomada de decisão, a descentralização e maior assertividade no processo decisório, além da liberdade física por atividades remotas são os principais fatores.

Integração da I4.0 aos processos da empresa: A adoção de novas tecnologias na empresa faz parte de um projeto estratégico e seus desdobramentos, onde as equipes definem de forma autônoma quais os projetos de I4.0 serão desenvolvidos. Este posicionamento estratégico é um dos princípios das CD segundo Teece (2007), pois estas capacidades estão presentes em organizações aptas a tomar decisões gerenciais com conhecimento e habilidade para orquestrar e reconfigurar ativos alinhados ao modelo de negócios, na busca de vantagem competitiva. Porém as iniciativas nem sempre vem do alto escalão os colaboradores são instigados em todos os níveis a buscar aplicações de tecnologias visando a melhoria de processos, o incentivo da empresa é uma motivação para a inovação em processos, conforme aborda o entrevistado

A empresa também valoriza e investe no desenvolvimento dos colaboradores incentivando a capacitação interna e através da formação profissional (cursos técnicos, graduação...). O incentivo da empresa motiva na direção da busca e desenvolvimento de projetos, já que se houver a comprovação de retorno independentemente do valor a empresa investe, o que motiva na busca de coisas diferentes.

O conhecimento é visto dentro da organização como um processo integrador de processos, que chega de várias formas. A empresa instiga a geração e o compartilhamento do conhecimento, “[...] dentro das áreas existem grupos que compartilham inovações sempre que alguém identifica a possibilidade de melhoria no dia a dia [...]”. O posicionamento da organização frente ao conhecimento e a qualificação da mão de obra estão alinhadas aos requisitos e exigências identificadas por (Hecklau et al. 2016; Luo, Stömer, 2018), que apontam que o ambiente da I4.0 demanda profissionais que atuem em sistemas complexos, levando a necessidade de solução de problemas, flexibilidade e aprendizagem contínua, cumprimento de requisitos de qualificação e transferência de responsabilidade, além de competências sociais como habilidade cooperação e comunicação.

Tecnologias digitais disponíveis: De acordo com Shamim; Cang; Li, (2019) algumas das principais tecnologias ligadas à manufatura da I4.0 são a fabricação inteligente, robótica, IoT, Cyber Physical Systems (CPS) e Big Data. Existem algumas ações desenvolvidas com relação a adoção aos principais dispositivos tecnológico das I4.0 para a produção na empresa, estando em fase embrionária o Big Data, equipamentos autônomos, softwares de modelagem e a Inteligência Artificial (IA), existe no atendimento de help desk da Tecnologia da Informação (TI) um atendente virtual. A empresa utiliza também muito vestíveis que são equipamentos

como coletores de dados e impressoras que são equipamentos que auxiliam na produtividade dos operadores e que vai alimentar bancos de dados específicos dos processos. Bons resultados na adoção tecnológica estão associadas a adoção de softwares de simulação e gestão de processos. A competência interna em simulação computacional ampliou o desenvolvimento e redução de custos de projetos, conforme relata um profissional especialista em I4.0

“ [...] normalmente em projetos como esse as empresas contratam fornecedores que fazem os estudos e definem o número de equipamentos e tecnologias a ser utilizada, fazendo isso internamente temos mais segurança para fazer a aquisição, pois conhecemos melhor nosso processo, é difícil alguém vir de fora e conseguir entender com a complexidade que entendemos e sugerir a quantidade de equipamentos corretos, então este foi um grande ganho que tivemos na implementação e redução de custos do projeto, já que os recursos adquiridos são dimensionados de acordo com a nossa necessidade, já os fornecedores dimensionam pela média e por sua experiência o que pode ser muito impreciso, com o software é possível ser mais assertivo na análise e detalhamento de componentes.

Quanto *machine to machine e machine learning* (comunicação e inteligência de máquina respectivamente), existem aplicações muito básicas, sem muita automação nos processos, equipamentos gerando informação, mas a extração dos dados é praticamente manual por falta do Big Data, está se iniciando as conectividades com IoT nas camadas de automação, fazendo com que os equipamentos se comuniquem ainda que de maneira muito inicial, incipiente, mas com um movimento já iniciado nesta direção

“Um desafio para esta operacionalização e implementação da comunicação entre equipamentos é a grande diversidade de fornecedores de equipamentos com múltiplos protocolos de comunicação e com múltiplos softwares de gerenciamento, gerando uma grande dificuldade para colocá-los na mesma base de dados para que eles se comuniquem”.

Outro aspecto importante identificado em termos desafio para a I4.0 reside no fato de que deve haver um projeto estratégico, “[...] nenhuma multinacional iria aprovar um projeto de I4.0 se não fosse um projeto estratégico [...]”. Este princípio se alinha a Teece (2018), que aborda a importância da orquestração de recursos estrategicamente orientados a um modelo de negócio, seleção de tecnologias e operação de ativos tangíveis e equipamentos, visando a manutenção da competitividade. Neste sentido as entrevistas apontam que no Brasil, dificilmente um projeto pleno de I4.0 daria retorno financeiro ou de redução de custos para uma empresa, a automação é muito cara e a mão de obra é de baixo custo, o que tornaria difícil aprovar um projeto neste sentido, as empresas acabam tomando decisões estratégicas direcionadas a qualidade e flexibilidade antes de investir em tecnologia.

Motivação para a adoção de novas tecnologias: De acordo com os entrevistados a motivação para a adoção de tecnologias passa por benefícios como redução de custos, qualidade que é um requisito e um diferencial que a empresa valoriza, benefícios com a inovação a nível de serviço, segurança, otimização no uso de recursos. Além disso, por ser um pilar estratégico, a diretoria incentiva e motiva qualquer projeto que tenha no título I4.0 ou inovação, recebendo assim, uma análise diferenciada

[...] A diretriz estratégica para a introdução de novas tecnologias está largamente difundida na empresa, as equipes têm essas informações sedimentadas e direcionam suas ações para este pilar, são princípios melhorar a qualidade e aumentar a velocidade da tomada de decisão e produtividade no que se faz, a robustez dos processos [...]

A estratégia na condução dos projetos adotados na empresa, foi percebida positivamente por Lu; Morris; Frechette (2016), ao identificar a necessidade da mudança de padrões hierárquicos para acompanhar a evolução tecnológica. A nível gerencial a percepção de ganho para o negócio e o conhecimento agregado são diferenciais para a adoção tecnológica, trazendo ganhos para o negócio, ganhos de eficiência para a empresa, além disso, a tecnologia traz o ganho de aprendizado para o profissional, o que o insere no processo e o torna mais competitivo profissionalmente.

Compartilhamento do conhecimento: De acordo com Shamim et al. (2017), uma liderança inovadora e orientada para o conhecimento, acelera o processo de aprendizagem estimulando a construção e difusão do conhecimento. Neste sentido foi possível através dos entrevistados encontrar diferentes frentes voltadas à geração, disseminação e ao compartilhamento do conhecimento. A empresa conta com canais de comunicação como a intranet onde materiais disponíveis como normas, procedimentos técnicos, padronizações de processos, disponíveis em canais internos para compartilhamento, padronizações disponíveis em sistemas, onde o conhecimento fica retido na empresa, sendo principalmente a plataforma EAD e a intranet. A troca de conhecimento entre equipes acontece através de fóruns onde se oportuniza a troca de conhecimento e informação a respeito dos projetos que são implementados com tecnologia, sendo a diretoria uma entusiasta destes fóruns. Existem fóruns onde participam as engenharias para as trocas de informações, e fóruns internos de gestão de indicadores

“[...] as áreas procuram trazer para estes eventos projetos de tecnologias que estão experimentando para compartilhar boas práticas. Para os estagiários e para quem cursa graduação e pós graduação da educação formal, existem feiras internas, onde os são expostos os projetos e trabalhos de conclusão. Para os estagiários temos um programa para desenvolver com várias etapas, onde no final do processo de estágio ele apresenta os resultados e o desenvolvimento para a presidência, vice presidência, diretoria e gerência, inclusive com premiação para os melhores projetos, o que é um motivador para o desenvolvimento de ideias por ser um gerador de exposição pessoal [...]”.

A disseminação do conhecimento acontece também através da gestão de projetos, onde o conhecimento gerado é compartilhado na área para que todos tenham conhecimento do projeto e do que está sendo implementado,

“quando tu desenvolves algo ou um projeto diferente tu acabas sendo referência para aquele processo, qualquer um que queira desenvolver algo semelhante ao que tu já implementou vai acabar te adicionando no grupo de projetos ou vai te colocar como consultor, e então o conhecimento acaba sendo disseminado para outras áreas e departamentos”.

Esta forma de disseminar o conhecimento na empresa, faz com que o conhecimento ande junto com os projetos.

Indicadores de resultados da adoção de novas tecnologias: As evidências apontadas nas entrevistas para mensurar os resultados com adoção de novas tecnologias na esfera gerencial, passa pelo desdobramento da estratégia e metodologia específica, associado ao nível de investimento e relevância para a estratégia de cada projeto. Todo o projeto tem seus indicadores específicos, para concluir um projeto deve haver um termo de encerramento do projeto e comprovação dos entregáveis que foram inicialmente planejados para o projeto. Em nível operacional a tecnologia apoia indicadores de processos e a efetividade verificada por indicadores da fábrica, como garantir que produtos com defeitos não saiam da produção, verificação de característica crítica de um produto, “[...] sendo alguns indicadores críticos em

termos de qualidade, como é o caso de câmeras de inspeção [...]”. Neste sentido, as entrevistas evidenciam que a tecnologia não substitui a necessidade de alguns cumprimentos de requisitos humanos, como é o caso do uso e operação de tecnologias, nem sempre a adoção de tecnologias é garantia de eficiência de resultados. As tecnologias não trazem retorno financeiro imediato, e têm um custo elevado, desta forma em todos os casos apresentados o retorno sobre o investimento é um importante indicador de eficiência e de análise para os benefícios tecnológicos adotados na empresa.

5.2 Relação da indústria 4.0 e Capacidades Dinâmicas

De acordo com Teece (2018), novos modelos de negócios devem estar preparados para a evolução tecnológica, devendo haver uma estratégia apta a responder. Neste sentido, Teece (2007), defende que as CD oferecem os subsídios necessários para que a empresa consiga se adaptar e responder às mudanças do mercado, tendo como um dos fatores chave a participação gerencial.

Com base na teoria em torno das CD e análise do roteiro de entrevistas, identificou-se os tópicos que a pesquisa busca investigar na relação da indústria 4.0 e as CD.

Tomada de decisão na adoção de tecnologias: Empresas com fortes CD agem com maior liberdade para adaptar seu modelo de negócio a mudanças radicais de recursos ou atividades (TEECE, 2018). Neste sentido, identificou-se que a organização estudada, mesmo estando ligada a uma matriz multinacional, tem autonomia para tomar suas decisões na adoção de tecnologias, sendo norteadores para estas decisões na busca da implementação de tecnologias, eficiência e competitividade. Se os projetos de investimentos demandam altos investimentos, eventualmente a matriz é envolvida. Internamente, as aquisições em projetos de tecnologia envolvem praticamente todos os departamentos, o financeira e controladoria que faz o cálculo de ROI (Retorno sobre o investimento), a diretoria participa no fluxo de aprovação do projeto e aquisição, e nas áreas todos os stakeholders, profissionais da fábrica, gerente da fábrica, gerência de logística, além do departamento de compras que vai auxiliar na aquisição. As decisões de investimento estão dentro de um plano a partir de projetos gerados por demandas de clientes internos (manufatura, logística, qualidade), sendo categorizadas dentro de alguns critérios com base em decisões estratégicas.

Adoção de tecnologias e planejamento estratégico: As entrevistas evidenciam a capilaridade do desdobramento estratégico da organização, todos os entrevistados têm o pleno entendimento da estratégia organizacional, quanto aos seus desdobramentos e o foco no pilar sustentado na diretoria da I4.0, conforme afirma um entrevistado *“adoção deste tipo de tecnologia está inserido na cultura corporativa, então é algo bem natural dentro da empresa”*. A estratégia da empresa contém um direcionador que é aumentar a eficiência de processos produtivos e administrativos através de tecnologias orientadas ao I4.0.

Quanto ao estado atual da tecnologia 4.0 na empresa, um entrevistado aponta que ainda há como determinar, mas que existe um longo caminho a ser percorrido

“ Isso não apenas no contexto brasileiro, a matriz também não está em uma realidade muito diferente da nossa, é mais uma questão da evolução do próprio processo, é um desafio fazer a introdução da I4.0 na integra, é até difícil de julgar e avaliar em que estágio estamos (2.0, 3.0 ..) em função do nosso tamanho, será muito difícil chegar em um momento e definir a agora somos 4.0 [...] poderemos dizer que temos IoT para fazer gestão descentralizada da fábrica , conseguimos gerir a fábrica e tomar decisões por dispositivos remotos, teremos mecanismos, mas classificar como I4.0 desde o momento em que ela passou a fazer parte em nossa estratégia, nunca foi nosso objetivo

chegar na I4.0 e sim utilizar as tecnologias para aumentar a competitividade do nosso negócio”.

As estratégias organizacionais adotadas na empresa demonstram que existe ação das CD nos seus processos, ao buscar a competitividade a empresa está orientada a transformação organizacional, utilizando as novas tecnologias como oportunidades para o seu negócio (TEECE, 2018).

Desenvolvimento da mentalidade e cultura de tecnologia digital: Como já apontado anteriormente a tecnologia digital já faz parte da cultura corporativa da organização. Essa mentalidade é propagada dentro da organização através de uma diretoria, como relata um entrevistado,

“não existe um programa de desenvolvimento, mas sim um diretor muito ligado a estas tecnologias e que nos inspira e incentiva, defende recursos (inclusive financeiro) para conseguirmos fazer estes tipos de iniciativa, o que acaba sendo uma ferramenta para melhorar o índice de qualidade dos nossos produtos”.

Essa característica gerencial é uma classe importante de CD segundo Teece, (2007), que surge em torno da capacidade dos gerentes assumirem a missão e processos de alocação de recursos. A empresa também tem uma política de educação formal agressiva, no incentivo a especialização, graduação e hoje com a I4.0, parte das pessoas que fazem parte dos programas de desenvolvimento buscam estes tipos de cursos e aperfeiçoamento.

Estratégias para a adoção de novas tecnologias: As entrevistas apontam que o principal norteador estratégico para a adoção de novas tecnologias é financeiro, embora nem sempre haja expectativa de retorno financeiro dos projetos, uma vez que o investimento em tecnologia está vinculado a uma estratégia futura para a sobrevivência organizacional. Um aspecto evidenciado em uma entrevista foi a proatividade dos colaboradores em propor soluções tecnológicas,

“aqui na empresa, antes de se pensar em encontrar a aplicação de uma determinada tecnologia, se faz o caminho inverso, quando há a identificação de um problema, se estuda as soluções possíveis, se a solução passar por alguma tecnologia da I4.0 então será analisada a aderência ou não desta tecnologia ao momento atual das ações estratégicas, se estiver de acordo ou for algo eminente então se tende a optar por sua adoção, sendo esta uma decisão multidisciplinar entre os gestores, parte técnica e financeira”.

Essa característica é atribuída ao alto nível de conhecimento, preparação técnica e formação regular do pessoal (curso técnico ou superior). Além do retorno financeiro já abordado anteriormente, aspectos como aplicabilidade, funcionalidade (qualidade, à prova de falhas), robustez que oferece ao processo influenciam a decisão por determinada tecnologia, estas ações encontram suporte em Piening; Salge (2015), onde evidenciam que a inovação de processos traz benefícios financeiros, porém, pode não estar associada diretamente aos ganhos relativos a custos e economia pois não revela ganhos significativos diretos, podendo então estar associado a resultados como a melhoria da qualidade.

6 Considerações finais

A pesquisa teve como objetivo identificar a contribuição das CD para o desenvolvimento da indústria 4.0 em uma empresa multinacional localizada no Vale do Sinos

no Rio Grande do Sul. A partir dos microfundamentos das CD foi possível identificar capacidades e competências ligadas I4.0 e CD que formaram o roteiro das entrevistas.

As CD agem na mudança organizacional através das capacidades de detectar, aproveitar e reconfigurar competências internas e externas de vantagem competitiva (TEECE; PISANO; SHUEN, 1997). De acordo com Warner; Wäger (2019), a construção das capacidades de detecção digital e os seus benefícios, serão conseguidos a partir de uma mentalidade e cultura digital em toda a organização.

Neste sentido, o estudo encontrou evidências na organização destas capacidades ao apresentar predisposição redesenhando a estruturas para governanças flexíveis e gerenciáveis, encontrados nos itens adoção de tecnologias e planejamento estratégico, integração da I4.0 aos processos da empresa e desenvolvimento da mentalidade e cultura de tecnologia digital e motivação para a adoção de novas tecnologias. Também apresenta a busca do aperfeiçoamento da maturidade digital da força de trabalho, encontrados nos itens estratégias para a adoção de novas tecnologias e desenvolvimento da mentalidade e cultura de tecnologia digital.

Para transformar e reconfigurar sua base de recursos em um ambiente digital Sousa-Zomer, Neely e Martinez (2020), identificaram que as organizações demandam processos e habilidades que possibilitem transformar e reconfigurar sua base de recursos para manter o valor apropriado em um ritmo acelerado. Essas capacidades também passam por um modelo mental digital disseminado entre lideranças e trabalhadores, necessitando assim de colaboradores com habilidades técnicas e experiência digital além de gerentes com know-how e experiência digital.

Referências

ALBORT-MORANT, Gema et al. Assessing the origins, evolution and prospects of the literature on dynamic capabilities: A bibliometric analysis. **European Research on Management and Business Economics**, v. 24, n. 1, p. 42-52, 2018.

BARDIN, Laurence. *Análise de conteúdo*. São Paulo: Edições 70, 2011, 229 p.

BARNEY, J. A. Y.; FELIN, Teppo. What are microfoundations? **Academy of Management Perspectives**, v. 27, n. 2, p. 138-155, 2013.

BARZOTTO, Mariachiara; DE PROPRIIS, Lisa. The value of firm linkages in the age of industry 4.0: a qualitative comparative analysis. **The Annals of Regional Science**, p. 1-28, 2021.

BRASIL ALEMANHA NEWS, 2021. Destaques. Disponível em: <https://brasilalemanhanews.com.br/destaques>. Acesso em 15/05/2021.

CARGNIN, Antonio Paulo; LEMOS, Bruno de Oliveira; CUNHA, Carla Giane Soares da. Planos Estratégicos 2015-2030 dos Conselhos Regionais de Desenvolvimento: elementos para uma avaliação. **X Seminário Internacional sobre Desenvolvimento Regional**, 2017.

CASTELO-BRANCO, Isabel; CRUZ-JESUS, Frederico; OLIVEIRA, Tiago. Assessing Industry 4.0 readiness in manufacturing: Evidence for the European Union. **Computers in Industry**, v. 107, p. 22-32, 2019.

CAPPELLARI, G. **EnANPAD 2017**.

CAVALCANTE, Ricardo Bezerra; CALIXTO, Pedro; PINHEIRO, Marta Macedo Kerr. Análise de conteúdo: considerações gerais, relações com a pergunta de pesquisa, possibilidades e limitações do método. **Informação & Sociedade: Estudos**, v. 24, n. 1, p. 13-18, 2014.

CHIRUMALLA, Koteswar. Building digitally-enabled process innovation in the process industries: A dynamic capabilities approach. **Technovation**, p. 102256, 2021.

DA SILVA, Alexandre Viegas; MACHADO, Giovanni Bohm. Uma visita teórica à Abordagem Capacidades Dinâmicas a partir da perspectiva dos autores seminais Teece, Pisano e Shuen (1997): Um ensaio teórico. **International Journal of Business Marketing**, v. 2, n. 1, 2017.

ERRO-GARCÉS, Amaya; ARANAZ-NÚÑEZ, Irene. Catching the wave: Industry 4.0 in BRICS. **Journal of Manufacturing Technology Management**, 2020.

FELIN, Teppo; FOSS, Nicolai J.; PLOYHART, Robert E. The microfoundations movement in strategy and organization theory. **Academy of Management Annals**, v. 9, n. 1, p. 575-632, 2015.

FROEHLICH, Cristiane; BITENCOURT, Claudia Cristina; BOSSLE, Marilia Bonzanini. The use of dynamic capabilities to boost innovation in a Brazilian Chemical Company. **Revista de Administração (São Paulo)**, v. 52, p. 479-491, 2017.

HECKLAU, Fabian et al. Holistic approach for human resource management in Industry 4.0. **Procedia Cirp**, v. 54, p. 1-6, 2016.

HENNING, Kagermann. Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. 2013.

HERRMANN, Júlia Doebber; SANGALLI, Lucas Cé; TEECE, David J. Dynamic capabilities: Fostering an innovation-friendly environment in Brazil. **Revista de Administração de Empresas**, v. 57, n. 3, p. 283-287, 2017.

HU, Fei et al. Robust cyber-physical systems: Concept, models, and implementation. **Future generation computer systems**, v. 56, p. 449-475, 2016.

KADIR, Bzhwen A. et al. A framework for designing work systems in Industry 4.0. In: **Proceedings of the Design Society: International Conference on Engineering Design**. Cambridge University Press, 2019. p. 2031-2040.

LASI, Heiner et al. Industry 4.0. **Business & information systems engineering**, v. 6, n. 4, p. 239-242, 2014.

LIMA, Adroaldo de; NODARI, Cristine; FROEHLICH, Cristiana. **Capacidades dinâmicas e a Indústria 4.0: Uma revisão teórica**. Seminário de Pós-Graduação – FEEVALE, 2020.

LU, Yan et al. Current standards landscape for smart manufacturing systems. **National Institute of Standards and Technology, NISTIR**, v. 8107, p. 39, 2016.

LUCATO, Wagner Cezar et al. Model to evaluate the industry 4.0 readiness degree in Industrial Companies. **IFAC-PapersOnLine**, v. 52, n. 13, p. 1808-1813, 2019.

LUO, Xun et al. Chancen und Herausforderungen der Organisations-und Personalentwicklung im Zeitalter der Industrie 4.0–Bestandsaufnahme und Ausblick. **Kommunikation und Technik**, p. 191-209, 2018.

MOURTZIS, Dimitris et al. Cyber-physical systems and education 4.0–the teaching factory 4.0 concept. **Procedia manufacturing**, v. 23, p. 129-134, 2018.

PASMORE, William et al. Reflections: sociotechnical systems design and organization change. **Journal of Change Management**, v. 19, n. 2, p. 67-85, 2019.

PETRILLO, Antonella et al. Fourth industrial revolution: Current practices, challenges, and opportunities. **Digital transformation in smart manufacturing**, p. 1-20, 2018.

PIENING, Erk P.; SALGE, Torsten Oliver. Understanding the antecedents, contingencies, and performance implications of process innovation: A dynamic capabilities perspective. **Journal of Product Innovation Management**, v. 32, n. 1, p. 80-97, 2015.

RÜßMANN, Michael 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.

SARJANA, Sri. Dynamic capabilities in manufacturing. **Journal of Entrepreneurship, Business and Economics**, v. 3, n. 2, p. 41-64, 2015.

SHAMIM, Saqib et al. How firms in emerging economies can learn industry 4.0 by extracting knowledge from their foreign partners? A view point from strategic management perspective. In: **2019 International Conference on Advanced Mechatronic Systems (ICAMechS)**. IEEE, 2019. p. 390-395.

SHAMIM, Saqib et al. Examining the feasibilities of Industry 4.0 for the hospitality sector with the lens of management practice. **Energies**, v. 10, n. 4, p. 499, 2017.

SOUSA-ZOMER, Thayla Tavares; NEELY, Andy; MARTINEZ, Veronica. Digital transforming capability and performance: a microfoundational perspective. **International Journal of Operations & Production Management**, 2020.

SZCZODRAK, Marcin et al. An open framework to deploy heterogeneous wireless testbeds for Cyber-Physical Systems. In: **2013 8th IEEE International Symposium on Industrial Embedded Systems (SIES)**. IEEE, 2013. p. 215-224.

TEECE, David J. A capability theory of the firm: an economics and (strategic) management perspective. **New Zealand Economic Papers**, v. 53, n. 1, p. 1-43, 2019.

TEECE, David J. Business models and dynamic capabilities. **Long range planning**, v. 51, n. 1, p. 40-49, 2018.

TEECE, David J. Explicating dynamic capabilities: the nature and microfoundations of (sustainable) enterprise performance. **Strategic management journal**, v. 28, n. 13, p. 1319-1350, 2007.

TEECE, David J.; PISANO, Gary; SHUEN, Amy. Dynamic capabilities and strategic management. **Strategic management journal**, v. 18, n. 7, p. 509-533, 1997.

TONDOLO, Vilmar Antônio Gonçalves; BITENCOURT, Cláudia Cristina. Understanding dynamic capabilities from its antecedents, processes and outcomes. **Brazilian Business Review**, v. 11, n. 5, p. 122-144, 2014.

WHYSALL, Zara; OWTRAM, Mike; BRITAIN, Simon. The new talent management challenges of Industry 4.0. **Journal Of Management Development**, [S.L.], v. 38, n. 2, p. 118-129, 4 mar. 2019.

WICHMANN, Robert Lawrence; EISENBART, Boris; GERICKE, Kilian. The direction of industry: a literature review on Industry 4.0. In: **Proceedings of the Design Society: International Conference on Engineering Design**. Cambridge University Press, 2019. p. 2129-2138.

YIN, Robert K. **Pesquisa qualitativa do início ao fim**. Penso Editora, 2016.

YIN, Robert K. **Estudo de Caso-: Planejamento e métodos**. Bookman editora, 2015.

ZHONG, Ray Y. et al. Intelligent manufacturing in the context of industry 4.0: a review. **Engineering**, v. 3, n. 5, p. 616-630, 2017.