

## **A ECONOMIA CIRCULAR E A INDÚSTRIA 4.0 COMO FATORES DE INOVAÇÃO EM UMA INDÚSTRIA DE BASE TECNOLÓGICA**

**TIAGO HENNEMANN HILARIO DA SILVA**  
UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA (UNISUL)

**JACIR LEONIR CASAGRANDE**  
UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA (UNISUL)

**NEI ANTONIO NUNES**  
UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA (UNISUL)

**CRISTINA MARTINS**  
UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA (UNISUL)

Agradecimento à orgão de fomento:  
Agradeço ao CAPES pelo financiamento ao curso de doutorado.

# A ECONOMIA CIRCULAR E A INDÚSTRIA 4.0 COMO FATORES DE INOVAÇÃO EM UMA INDÚSTRIA DE BASE TECNOLÓGICA

## 1 Introdução

Em um âmbito global, as organizações estão enfrentando uma escassez de recursos devido a práticas insustentáveis de fabricação e utilização de recursos não renováveis. Nos últimos anos as empresas estão adotando iniciativas sustentáveis para diminuir esta escassez. No entanto, a maioria destas não está conseguindo atingir suas metas devido ao fracasso nas operações de remanufatura, reciclagem e reutilização. Essas falhas são devido à falta de flexibilidade, visibilidade e baixa resiliência (Bag et al., 2020). Neste prisma a sustentabilidade visa atender as necessidades de recursos, das gerações atuais e futuras, sem prejudicar o meio ambiente, sendo sustentada nas três dimensões do Triple Bottom Line, a econômica, social e ambiental (Elkington, 1994).

Nesta perspectiva, o conceito de Economia Circular (EC) pode ser concebido como uma alternativa viável para romper com o paradigma do modelo linear de produção, tornando-se uma agenda cada vez mais presente nas empresas. A EC tem recebido maior atenção também na comunidade acadêmica internacional. Afirmar estas que se baseiam, cada vez mais, em uma preocupação legítima com o futuro da humanidade, caso o modelo econômico linear de produção e consumo não seja substituído por outro economicamente mais sustentável (Cosenza, et al., 2020).

A Economia Circular busca encontrar na quarta revolução industrial um motor propulsor para a ampliação de sua utilização nas organizações, pois durante as revoluções industriais anteriores, principalmente a partir do século XIX, verificamos a crescente oferta de produtos e bens de consumo, cada vez mais reforçado pelo conceito da obsolescência programada. Cada vez mais o modelo linear, aplicado na economia atual, e pautado na extração, produção, uso e descarte, não é mais sustentável, e o colapso no sistema produtivo é cada vez mais evidente.

A quarta revolução industrial, ou seja, a Indústria 4.0, foi introduzida pela primeira vez durante a feira de Hannover, na Alemanha, no ano de 2011 e oficialmente declarada como uma iniciativa estratégica alemã, em 2013, para revolucionar a indústria de manufatura (Xu et al., 2018). Ela ganhou impulso devido ao avanço em tecnologias disruptivas por meio da Internet das Coisas (IoT), big data, computação em nuvem e sistemas ciberfísicos (CPS). A Indústria 4.0 surgiu como a tecnologia promissora para alcançar eficiência, exatidão e precisão. Estas tecnologias permitem operações de dados, melhoram a eficiência e reduzem desperdícios de energia no processo de fabricação (Nascimento et al., 2018). Os fatores da I4.0 estão centrados no monitoramento, controle, processamento de informações em tempo real e otimização do processo de fabricação de forma inteligente, com personalização, consumo de energia, flexibilidade e fluxo de materiais (Rajput and Singh, 2020).

De acordo com o Manual de Oslo, as inovações têm impacto importante sobre o desempenho organizacional, sendo que estas podem também melhorar a qualidade e a eficiência do trabalho, acentuar a troca de informações e refinar a capacidade empresarial de aprender e utilizar os conhecimentos e tecnologias. As organizações alocam recursos para pesquisas de novos mercados ou segmentos de mercado e desenvolvem novos meios de promover seus produtos. Os conhecimentos em atividades de inovação resultam no impacto direto no desempenho da empresa, como o aumento da demanda de produtos vendidos e também na redução de custos (OCDE, 2017).

Com isto, este estudo busca identificar como aspectos da Economia Circular e a Indústria 4.0, e as possíveis interfaces destes temas, podem alavancar a inovação em uma indústria de base tecnológica? Para responder esta pergunta de pesquisa, realizou-se uma pesquisa de cunho qualitativo, através de um estudo de caso único, efetuando a triangulação de

técnicas de coleta de dados, com a aplicação de entrevistas semiestruturadas, análise documental e observação participante, efetuando a análise dos dados através da análise de conteúdo. O objeto deste estudo de uma organização multinacional de base tecnológica da cidade de Florianópolis/SC, empresa fornecedora de sistemas para o controle e geração de energia elétrica. Nesse sentido, o objetivo proposto é compreender possíveis conexões existentes entre a EC e I4.0 para a maximização de fatores de inovação na organização estudada.

Para atingir o objetivo proposto e responder à pergunta de pesquisa, este artigo está estruturado além desta seção, no referencial teórico, o qual versa sobre EC e I4.0 e Inovação, na seção de procedimentos metodológicos, a seção de apresentação e análise dos dados e, por fim, as conclusões e sugestões para estudos futuros.

## **2 Referencial teórico**

Para atendermos o objetivo deste estudo, nos fundamentamos em três diferentes constructos, os quais trabalham como guia deste estudo. Esta seção analisa conceitos acerca da Economia Circular, da Indústria 4.0 e a Inovação.

### **2.1 Economia Circular**

O modelo econômico “extrair, transformar, descartar” utilizado atualmente, dependente de grandes quantidades de materiais de baixo custo e fácil acesso, além de energia, foi primordial para o desenvolvimento industrial e resultou em um nível de crescimento sem precedentes. Os recentes aumentos nos preços, da volatilidade e a pressão sobre os recursos despertaram o alerta em líderes de negócios e formuladores de políticas para a necessidade de repensar o uso de materiais e da energia. Sendo assim, muitos destes argumentam que estamos vivendo o momento ideal para aproveitar os possíveis benefícios da economia circular, que tem por princípio restaurar e regenerar. Seu objetivo é manter produtos, componentes e materiais em seu mais alto nível de utilidade e valor em todo o ciclo de vida, distinguindo entre ciclos técnicos e biológicos. A economia circular procura responder os desafios relacionados a recursos para organizações e países, podendo assim gerar crescimento, propor criação de empregos e consequente redução dos impactos ambientais, incluindo as emissões de carbono (EMC, 2013). As práticas da EC são relevantes para a implementação dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, uma vez que um novo relacionamento com os bens e materiais economizaria recursos e energia e criaria empregos locais (Barros et al., 2020).

Tanto na academia, como também nas organizações, práticas como Logística Reversa são motivadores econômicos essenciais que permitem e estimulam a difusão dos conceitos de EC. A atenção dada a este tema de estudo é crescente, impulsionada por fatores exógenos, como a legislação e fatores endógenos como aumento dos lucros das organizações. Fabricantes de equipamentos originais (OEMs) e outros grandes players do mercado adotaram métodos de EC. Além de benefícios para grandes empresas, estes fatores abrem oportunidades para pequenas e médias empresas (PME) e negócios sociais. Contudo, estas oportunidades também envolvem alguns riscos como, a grande complexidade e incertezas na implementação destes processos, o fornecimento de produtos já utilizados (remanufaturados) e também a previsão destas demandas. Esses fatores levam a um enorme aumento de complexidade no que diz respeito à tomada de decisão neste ambiente integrado. Inúmeros estudos de caso e observações na prática descrevem que, os processos dentro de uma organização que, disponibiliza o serviço completo de logística reversa a partir da aquisição de produtos usados para vendas de itens reprocessados são altamente interdependentes. Assim, os principais processos reversos conhecidos a partir de literatura - aquisição, classificação e disposição - devem ser considerados em uma abordagem conjunta. Um exemplo é a quantidade

crecente de aquisição a qual pode aumentar probabilidade de obter mais produtos usados em boas condições. Além disso, tanto a aquisição de produtos usados, quanto o processo de classificação, impactam diretamente no número de produtos disponíveis para reprocessamento. Descrever este processo empírico, podem apresentar a necessidade de sistemas integrados de apoio à decisão, sendo um ponto crucial para atuar de forma econômica e sustentável (Lechner & Marc, 2019).

Além da Logística Reversa, muitas são as ênfases da Economia Circular, a se destacar, para fins deste estudo: (i) a Produção Mais Limpa, a qual visa ser sustentável por meio da conservação de energia, redução de emissões e maior eficiência de produção, ela é uma abordagem básica que busca otimizar a gestão ambiental dos processos. (Ma et al., 2020; Lu et al., 2020) e (ii) a Simbiose Industrial, que é a estrutura que tem como base a ecologia industrial para a cooperação benéfica mutua entre organizações, compartilhando água, recursos, energia, subprodutos e materiais residuais, para que todos os agentes se beneficiem. Ela projeta fluxos de materiais em que o consumo de energia e material é otimizado, a geração de resíduos é minimizado e os efluentes de um processo servem como material para outros processos (Sehnm et al., 2019).

## 2.2 Indústria 4.0

A Indústria 4.0 ainda não possui uma definição mundialmente aceita, contudo pode ser definida como o conjunto de tecnologias, dispositivos e processos com capacidade de operação de forma integrada, durante as etapas do processo produtivo e ao longo os vários níveis da cadeia de abastecimento, os quais permitem uma produção autônoma, integrada, com decisões descentralizadas e com a mínima intervenção humano. Estas tecnologias podem incluir a Internet das Coisas (IoT), Sistemas Ciber-Físicos (CPS), robôs autônomos, tecnologias de visualização (virtuais e realidade aumentada), computação em nuvem, tecnologia blockchain, big data análise, manufatura aditiva, etc. (Beltrami, et al., 2021).

As técnicas da Indústria 4.0 têm capacidade para reduzir gastos com energia, utilização de equipamentos e recursos humanos. Ela é uma construção futurística que nutre a evolução de sistemas de produção autônomos. Novas tecnologias baseadas em sensores podem ajudar as pequenas e médias empresas a monitorar continuamente a utilização de seu maquinário, demandas de energia e treinamento de pessoal. Sendo que uma análise de diferentes tecnologias da Indústria 4.0, utilizando dispositivos de IoT podem gerar resultados de melhoria da sustentabilidade de operações de manufatura (Kumar et al., 2020).

Para fins deste estudo, podemos citar algumas tecnologias da I4.0, tais quais: (i) a Internet das Coisas (IoT), que utiliza equipamentos eletrônicos para produzir dados, enviá-los para outros equipamentos e, em seguida e paralelamente, enviá-los para armazenagem na nuvem, sendo que estes dados, na maior dos casos, são utilizados para decisões de gerenciamento realizadas por analistas de negócios que extraem informações importantes destes dados, onde geralmente estes são coletados por sensores inteligentes que maximizam a assertividade na tomada de decisão e mitigam os erros. (Bag et al., 2020; Rajput & Sing, 2020) e o (ii) Sensoriamento, o qual é uma rede integrada ao ambiente em que este atua e fornece dados automatizados e informações adequados em tempo real, promovendo melhorias de processo e decisões analíticas de alto nível. Estes dados adquiridos por meio de sensores podem ser assimilados com bancos de dados externos ou na nuvem, para sua devida análise cognitiva (Rajput & Sing, 2020).

Estudos anteriores propõem três diferentes padrões principais no modelo de negócios baseado na I4.0, os quais envolvem a inovação. Sendo estes, a integração, servitização e expertização. A integração envolve a inovação de um novo modelo de negócios com processos únicos e combina partes da cadeia de suprimentos. A servitização envolve uma combinação de

novos produtos e serviços. Já a a expertização são os modelos de negócios focados em produtos e processos e de natureza híbrida (Weking et al., 2019).

### 2.3 Inovação

Na Europa, Estados Unidos e Ásia, a corrida para adotar as inovações tecnológicas na indústria 4.0 já se encontra em andamento. Particularmente, nas economias emergentes, em especial do Brasil, o progresso econômico e social está atrelado à competência das organizações para integrar os processos de TI com novos paradigmas gerenciais. Desde então, a ampliação da relevância da inovação como geradora de instrumentos que impulsionam a competitividade de organizações somada a visão da Indústria 4.0 aceleram ainda mais a corrida supramencionada (Menelau et.al, 2019).

Com isso, compreende-se a inovação de uma perspectiva de atividade inovadora que inclui todas as atividades de desenvolvimento, financeiras e comerciais realizadas por uma empresa que visam resultar em uma inovação para a empresa. E, também a inovação de uma perspectiva de negócios, a qual se trata: “de um produto ou processo de negócios novo ou aprimorado (ou combinação dos mesmos) que difere significativamente dos produtos anteriores da empresa ou processos de negócios e que foram introduzidos no mercado ou colocados em uso pela empresa” (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico -OCDE) (2018, p. 20).

Cumprir destacar que as versões anteriores do Manual de Oslo (OCDE, 2018) abordavam a existência de quatro tipos de inovação: produto; processo; organizacional e; marketing. Mas, ao revisar seus conceitos, a versão mais atual do Manual, a de 2018 (OCDE, 2018, p.21), considera basicamente dois tipos principais:

[...] inovação de produto - é um bem ou serviço novo ou melhorado que difere significativamente dos bens ou serviços anteriores da empresa e que foi introduzido no mercado.

[...] inovação de processos de negócios - é um processo de negócios novo ou aprimorado para uma ou mais funções de negócios que difere significativamente dos processos de negócios anteriores da empresa e que foi colocado em uso pela empresa.

Nesse sentido, a implementação de ideias para geração de processos e produtos inovadores tornou-se uma busca sistemática visto sua importância para o sucesso, desempenho e sobrevivência organizacional (Francischeto & Neiva, 2019). Uma vez que, a criatividade é a fase de geração de ideias, enquanto a inovação é a subsequente a implementação destas em novos processos ou produtos (Anderson, Potocnik, & Zhou, 2014, p. 1299), as empresas passam a estimular a formação de um ambiente cultural inovador, inclusive através de componentes que fazem parte da cultura organizacional (Hofstede, 2021).

Deste modo, é possível criar um ambiente inovador através da mudança organizacional, ou seja, por meio de exemplos práticos que modelam o comportamento das pessoas; de estratégias de inovação a partir da associação com autonomia, independência e liberdade. E, segundo Francischeto e Neiva (2019), os elementos culturais, podem apoiar ou inibir a inovação nas organizações, portanto, cabe a elas sabendo disso, buscar gerenciar a inovação.

Nesse sentido, a habilidade que as empresas têm de configurar e reconfigurar suas competências internas e externas (Teece et al., 1997; Teece, 2007) conhecidas como capacidades dinâmicas, auxiliam na obtenção de novas formas de vantagem competitiva, através de um conjunto de papéis da gestão estratégica que podem ser modificados diante das necessidades das mudanças ambientais (Teece et al., 1997).

Segundo Zawislak et. al (2012), essas capacidades são guiadas: (i) pela tecnologia ao desenvolvê-la e operacionalizá-la, ou seja, na capacidade de obter e aplicar novos conhecimentos e soluções de mercado e, à capacidade de realizar as operações com qualidade,

flexibilidade, baixo custo, prazos de entrega, etc. ou (ii) pelo negócio, ao gerenciar a inovação, ao comercializá-la.

As decisões organizacionais podem reconfigurar as capacidades de inovação, promovendo novos arranjos que favorecem a competitividade. A revisão realizada por Vasconcelos, Santos e Andrade (2021) revela que embora a tecnologia seja relevante para inovar, as habilidades gerenciais, se tornam ativos centrais para a inovação em empresas pouco intensivas em tecnologias. E, portanto, da perspectiva da capacidade gerencial, o relacionamento com a sociedade e fornecedores, a liderança, o compartilhamento de informações e conhecimentos, e o gerenciamento de pessoas e, a capacidade comercial (relacionamento com o cliente e resultados) são recursos importantes a serem observados na construção e configuração das capacidades para a inovação nas organizações.

### **3 Metodologia**

Este capítulo apresenta de que maneira foi realizada a pesquisa e como foram utilizadas as técnicas metodológicas. Os procedimentos de pesquisa são de cunho qualitativo, com um horizonte de tempo longitudinal, através da estratégia de estudo de caso único, efetuando a triangulação de técnicas de coleta de dados, com a aplicação de entrevistas semiestruturadas, estudo documental e observação participante, efetuando a compilação dos dados através da análise de conteúdo. Apresentamos também nesta seção a organização objeto deste estudo.

#### **3.1 Escolha Metodológica**

A pesquisa qualitativa utiliza um ambiente natural como fonte de dados, onde o pesquisador é um instrumento fundamental para a coleta e esta é efetuado com o contato direto entre o pesquisador e o pesquisado, verificando a realidade do mundo empírico. A sua compreensão é ampla e descritiva e deve possuir um olhar holístico para o problema de pesquisa levantado. O pesquisador deve estar preocupado com o processo e não simplesmente com o resultado, objetivando com isto a precisão na captação do ponto de vista dos pesquisados. A construção do quadro teórico deve ser efetuada em etapas. A pesquisa qualitativa busca entender as relações sociais e culturais nas organizações. Sendo que, nos dias de hoje, é uma forma de pesquisa viável e promissora. (Godoy, 1995).

#### **3.2 Estratégia de pesquisa**

Para responder à pergunta da pesquisa deste estudo, a estratégia adotada foi a de estudo de caso único. Yin (2015) define esta estratégia como uma investigação empírica que analisa um fenômeno atual profundamente dentro da contextualização do mundo real, sendo que os limites entre o fenômeno e o contexto não são claros. Aponta que é necessário um plano estruturado para o perfeito sucesso do estudo de caso, descrevendo que um projeto de pesquisa é um plano de ação com início e fim claramente definidos. Descreve também sobre a necessidade de definição das unidades de análise e suas interrelações, apresentando os critérios para efetuar estas interrelações. Os estudos de caso podem possuir inúmeros objetivos, como, por exemplo, prover descrição, validar uma teoria ou criar uma nova teoria, sendo que este é o foco deste método. Outro ponto a se destacar é a necessidade da preparação do projeto com um protocolo bem definido, como também efetuar um bom levantamento de dados, formulando boas questões, ser um bom ouvinte, conhecer o tema do estudo com profundidade e conduzir a pesquisa de forma ética e com imparcialidade (Yin, 2015).

Yin (2016) descreve que para dar confiabilidade na pesquisa deve ser seguido três objetivos: (i) a transparência, onde o pesquisador descreve e documenta seus procedimentos de pesquisa para que outros possam analisar e tentar compreendê-los, (ii) a metodicidade, onde o pesquisador deve seguir um conjunto ordenado de procedimentos de pesquisa e (iii) a fidelidade

das evidências, onde a pesquisa deve ser baseada em um conjunto explícito de evidências, utilizando a linguagem dos pesquisados como representação da realidade.

### 3.3 Horizonte de tempo

O horizonte tempo de pesquisa será o transversal (ou *cross-sectional*), visto que os dados serão coletados apenas em um intervalo de tempo limitado. Este horizonte de tempo é efetuado em apenas um “corte” de tempo (Yin, 2005). A coleta de dados para este estudo foi realizada entre os meses de janeiro a junho de 2021, seguindo o cronograma descrito no Quadro 1:

Quadro 1 – Períodos de coletas de dados da pesquisa

Técnicas de análise	Período (meses)
Entrevistas	Janeiro a março – 2021
Observação participante	Março a junho – 2021
Análise Documental	Janeiro a junho – 2021

### 3.4 Procedimentos para coleta de dados

Este estudo de caso combina a coleta de dados com diferentes métodos. A técnica principal de coleta de dados é a de entrevistas semiestruturadas. Esta escolha toma como base o conceito de Godoy (1995), em que a autora descreve que no ponto de vista metodológico, pode-se observar que a aceitação da entrevista como uma estratégia fundamental da investigação qualitativa. Sendo que o roteiro das entrevistas, mesmo que semiestruturadas, abordará as questões para promover o encontro com as possíveis respostas de acordo com o modelo referenciado. Nesta etapa foram entrevistados, de maneira on-line, 6 (seis) ocupantes de cargos de liderança na organização foco do estudo, sendo que estes possuem relação direta com o processo produtivo. No Quadro 2 é apresentado o perfil dos entrevistados, como também sua área e cargo ocupado.

Quadro 2 – Perfil dos entrevistados

Entrevistado (a)	Área	Cargo
E1	Processos & Sistemas	Gerente de Processos e Sistemas
E2	Industrial	Gerente Industrial
E3	Pesquisa & Desenvolvimento	Gerente de P&D
E4	Marketing	Gerente de Marketing e Produtos
E5	Industrial	Supervisora de Montagem e Teste de Cartões
E6	Pesquisa e Desenvolvimento	Coordenador de P&D

A segunda técnica aplicada foi a de observação participante, cuja abrangência contempla os eventos em tempos reais, verificando também todo o contexto do caso estudado, uma vez que se encontra também susceptível ao comportamento dos pesquisados e os motivos interpessoais. Fatores estes que se aplicam ao contexto de pesquisa. Nesta os pesquisadores participaram no período descrito acima, nas seguintes reuniões, sendo estas efetuadas de maneira *on-line*, devido a fatores oriundos da Pandemia de Covid19. (i) Reunião de Acompanhamento de Fornecimentos, (ii) Comitê de Inovação, (iii) Comitê de Produto e (iv) Reunião de Planejamento Estratégico, sendo que a primeira é de periodicidade semanal e as demais quinzenalmente. Como também efetuaram visitas nas áreas produtivas da organização e em armazém terceirizado da organização.

A terceira técnica de pesquisa utilizada foi a de análise documental, a qual é estável, pois pode ser revista quantas vezes seja necessária pelo pesquisador, é discreta, pois não foi

criada para a pesquisa, é exata, pois contém dados, como nome, referências e detalhes específicos e é de ampla cobertura, pois descreve o período de tempo, eventos e outros ambientes (Yin, 2015). Nesta, os pesquisadores coletaram dados procedimentos do sistema de qualidade, documentos administrativos, propostas para cliente, sistema de comunicação interno, site da organização e também e catálogos de produtos.

Os benefícios de utilização destas fontes de evidência são maximizados seguindo os 4 (quatro) princípios da coleta de dados, a saber, utilização de múltiplas fontes de evidência e não apenas uma, a criação de uma base de dados para o estudo de caso, a manutenção de um encadeamento de evidências e o cuidado no uso de fontes eletrônicas de evidência como comunicação de mídias sociais (Yin, 2016).

### 3.5 Objeto de estudo

A organização foco do estudo é uma multinacional brasileira com matriz em Florianópolis/SC e com duas filiais: uma em Montreal, Canadá, responsável pelo atendimento do mercado da América do Norte e outra na cidade de Baden, na Suíça, sendo esta responsável pelo atendimento do continente europeu, asiático, africano e da Oceania. Iniciou suas atividades uma incubadora tecnológica, em 1º de abril de 1987, tornando-se uma empresa de Sociedade Anônima em 1998. Para fins deste estudo e da confidencialidade, descreveremos ela como Organização R.

O seu produto é fornecimento de sistemas e soluções para o controle de geração de energia elétrica. A empresa é pioneira no Brasil em sua aplicação, sendo o seu principal escopo de fornecimento, a modernização de centrais hidroelétricas já existentes. Dentro deste escopo, são fornecidos desde a instalação do produto, cursos referentes à atualização e utilização do produto fornecido, estudos de aplicabilidade e aproveitamento, como também projetos especiais. A organização foca no fornecimento da solução completa ao cliente, desde a fabricação dos painéis elétricos, transporte, automação mecânica, instalação, teste e pós-venda.

A organização é certificada nas normas ISO 9001 (sistema de gerenciamento da qualidade), ISO 14001 (sistema de gestão ambiental) e ISO 45001 (sistema de gerenciamento de saúde e segurança ocupacional). Sendo que a junção destes três sistemas, chamado de sistema de Gestão Integrado, envolve toda a organização, abrangendo todas as suas atividades de fabricação de equipamentos e elaboração e execução de projetos.

Quanto a produção dos equipamentos, duas áreas são responsáveis pela manufatura. A área de Montagem e Testes de Cartões - MTC, onde são montados os módulos eletrônicos, sendo estes de tecnologia própria da empresa. Esta área funciona como uma mini unidade fabril independente dentro da cadeia de produção. E a área de Produção em si, onde são montados os painéis, esta área recebe além dos módulos, toda a matéria prima adquirida de fornecedores.

Seus clientes são organizações estatais, privadas e de economia mista do mercado de geração de energia. Atua no mercado nacional, onde seus principais clientes são as concessionárias dos estados da região Sul e Sudeste do país, mas com fornecimentos espalhados pelas demais regiões, como também no mercado internacional, onde os países com maior número de fornecimento são Argentina, Chile, Peru, Colômbia, Costa Rica, México, Estados Unidos, Canadá, Portugal e China. Seus concorrentes, tanto localmente, como mundialmente, são grandes *players* do mercado. Sendo estas grandes companhias centenárias, multinacionais e com alto faturamento.

### 3.6 Análise dos dados

A técnica de análise de dados utilizada foi a de análise de conteúdo, utilizando os dados anteriormente citados e efetuando a categorização das informações levantadas, através dos três (3) constructos da pesquisa, Economia Circular, Indústria 4.0 e Inovação. Esta técnica faz parte da pesquisa como procedimento de apreciação dos dados, provoca os dados. A análise de conteúdo é o conjunto de técnicas de análise das comunicações os quais tem como objetivo a

obtenção, através de procedimentos sistemáticos e claros, a descrição do conteúdo quantitativos ou não, os quais permitam a inferência de conhecimentos levantados.

Bardin, (2016) inicialmente apresenta as três principais etapas da análise de conteúdo como: a pró-análise, a exploração do material e o tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação. Na primeira etapa, é formulado as hipóteses e objetivos, a escolha dos documentos a serem analisados e também a possível elaboração de indicadores para apoiar a interpretação final. Na etapa da exploração do material, é efetuada a codificação, a qual é a transformação do texto bruto em determinados códigos, como, por exemplo, categorias, dimensões, aspetos, características, entre outros. Esta codificação, ou pode ser dedutiva, a qual é e efetuada com base na revisão de literatura efetuada previamente, ou pode ser indutiva, com base na nos documentos analisados. Já na terceira etapa, a de apresentação dos resultados, fatores importantes como descrever as evidências e esforçar os argumentos com a fala dos entrevistados e também a relação com a teoria junto com a apresentação dos resultados deve ser apresentada (Bardin, 2016).

#### **4 Apresentação e análise dos dados**

Nesta seção serão apresentadas as análises dos achados referentes a cada campo teórico: Economia Circular, Indústria 4.0 e Inovação. Em ambas descrições, serão apresentadas as identificações de possíveis técnicas destes constructos. Por fim, será apresentado, com base no arcabouço teórico, nos dados levantados a partir das entrevistas, observação participante e análise documental, as possíveis interfaces para maximização de fatores de inovação.

##### **4.1 Economia Circular**

Ao se tratar do conceito Economia Circular e entender que é um tema recente no contexto organizacional. Nesse sentido, um dos questionamentos realizados nas entrevistas com os gestores foi o seu nível de conhecimento a cerca deste conceito. Os entrevistados 3, 4 e 7 disseram ter um conhecimento básico sobre este campo teórico: “Se aplicar, bom de forma geral se eu estou entendendo que o conceito de economia circular é quanto que você consegue meio que ela em fazer algumas coisas sem ter que partir da matéria prima extraída da natureza” (E3). Já o entrevistado 4 descreve que “A Economia Circular é uma ação em que a empresa toda tem que projetar, pensando no desmonte do equipamento, aqui a gente não tem feito isso, até onde eu vejo não, não fazemos isso. Embora a gente tenha a ISO 14001 que trata vários aspectos de questão ambiental e tudo mais, mas a economia circular para que ela seja factível todo mundo que fabrica alguma coisa, tem que fabricar pensando no descarte, se não funciona”. E, por fim, o Entrevistado 7 complementa que “...então assim eu tenho conhecimento de alguma das metodologias e assim e dentro da indústria que eu me interesse bastante pela sustentabilidade, então assim eu já tive algum entendimento, mas não profissionalmente” contudo, outros entrevistados descreveram que tinham poucos conhecimentos sobre este conceito, tais quais o entrevistado 1 e 3. Sendo assim foi possível evidenciar que o conceito economia circular não é claro o suficiente para os gestores e, conseqüentemente, para os demais colaboradores.

Como a organização segue legislações com restrições ambientais, oriundas da ISO 14001, muitas ações de sustentabilidade ambiental, as quais podem dar sustentação a futuras práticas de EC, são internalizadas, não menos importante, por atuar em um mercado cada vez mais exigente para cumprimento de exigências de mitigação dos efeitos danosos ao meio ambiente. Como consequência disto, podem ser citadas algumas ações já praticadas que possuem relação, mesmo que de forma incipiente, com este tema de estudo, tais quais: (i) desenvolvimento e homologação de fornecedores com base em legislações ambientais; (ii) acompanhamento das exigências ambientais em fornecedores, prestadores de serviço e transportadoras e (iii) consciência ambiental em todos os entrevistados.

Com isto, a organização estudada não efetua grandes impactos no meio ambiente, visto que seu processo produtivo é focado na montagem mecânica e elétrica de painéis e módulos eletrônicos, os quais não produzem níveis altos de resíduos industriais, como também o descarte de produtos químicos e poluentes são nulos. Com isto, foram identificadas praticas preliminares de Economia Circular, conforme Quadro 3.

Quadro 3 – Praticas preliminares de Economia Circular

Pratica preliminar de EC	Ação verificada
Produção mais limpa	Montagem dos painéis e módulos aproveitam praticamente toda a matéria prima, gerando baixos níveis de rejeitos industriais
Simbiose Industrial	Alguns produtos descartados são repassados para outras empresas para aproveitamento em seu processo produtivo, tais quais, o cobre e as placas eletrônicas obsoletas ou defeituosas
Logística Reversa	Desde o ano de 2019 os clientes estão exigindo que, no momento da venda do novo equipamento (mais moderno) o descarte e destinação do antigo seja de responsabilidade do vendedor

#### 4.2 Industria 4.0

Com base nas respostas de todos os entrevistados, constatamos que os conceitos sobre a Industria 4.0 são difundidos entre os colaboradores da organização, principalmente na área de P&D. Entretendo o pessoal das demais áreas técnicas também possuem domínio sobre este tema. A entrevistada 1 descreve que a aplicação destas técnicas não é uma ação simples, pois na Empresa R o processo de montagem é customizado e manual. Já a entrevistada 6, dá como exemplo a aplicação do QR Code, que já aplicado na área de MTC, como uma possível futura aplicação nos acompanhamentos do almoxarifado e produção. Ela ressalta também que o produto final possui uma tecnologia desenvolvida, mas o modo como fabrica, com certeza precisa de procedimentos mais desenvolvidos, descrevendo que outra possível aplicação da I4.0 poderia envolver questões de manutenção preventiva do equipamento.

Já o entrevistado 3, destaca que os fornecedores aplicam técnicas da I4.0, visto que são empresas de alta tecnologia e, em sua maioria, empresas multinacionais de grande porte. Narrativa que a entrevista 5 corrobora, principalmente nos prestadores de serviço de montagem de cartões eletrônicos, os quais possuem um nível tecnológico alto, tais quais, linhas de montagem automáticas, soldagem por robôs e práticas de IoT. Destacando também a aplicação de alguma tecnologia na logística do equipamento, principalmente no que tange o transporte e armazenagem deste. E por fim, o E6 descreva a plausibilidade de aplicação de técnicas da I4.0, mas devem cumprir algumas etapas preliminares até esta utilização.

Foi observado também, *in loco*, as gigas de teste dos módulos e painéis, sendo estes equipamentos responsáveis por testes contínuos, sendo estes desenvolvidos com conhecimento e tecnologia própria da organização. Estes testes são realizados através de, entre outros dispositivos, sensores contínuos. Sendo assim, foram identificados pequenos esboços da I4.0 na organização estudada, conforme Quadro 4.

Quadro 4 – Praticas preliminares de Industria 4.0

Pratica preliminar de I4.0	Ação verificada
IoT	Utilização da Internet das Coisas em processos produtivos dos prestadores de serviço de montagem de cartões eletrônicos, objetivando a melhor performance produtiva
Sensoriamento	Mesmo de maneira incipiente, esta tecnologia é utilizada nas gigas de teste, principalmente dos painéis elétricos

### 4.3 Inovação

A Organização R é uma empresa de base tecnológica, onde seu produto deve estar em constante aprimoramento técnico, devido as grandes exigências do mercado, como também a rápida obsolescência dos componentes de seus subprodutos. Com isto, o desenvolvimento de novas tecnologias, constante atualização do produto e também aperfeiçoamento das funcionalidades com base nas demandas dos clientes, sendo que estes fatores são seus diferenciais competitivos. Esta constatação é corroborada pela Entrevistada 1 que descreve que “a empresa inova bastante com as soluções referentes aos nossos produtos, os nossos clientes inclusive nos procuram por causa do nível da qualidade das soluções que a gente tem pra cada problema deles, os nossos produtos são bem customizados, nossos processos internos vêm melhorando ao longo dos anos”.

Os Entrevistados 3 e 6 descrevem que a inovação sempre foi importante, onde a área de Pesquisa e Desenvolvimento - P&D tem papel a primordial neste aspecto. Esta área é dividida em dois setores, a de hardware e a de software. Este setor é responsável principalmente pela inovação tecnológica, mas não deixando de lado a inovação de mercado, onde esta é uma empresa muito atenta a este fator, pois atua em um mercado de geração de energia elétrica, onde nos últimos anos estão acontecendo fatores disruptivos, como, por exemplo, a geração de energia fotovoltaica. Esta afirmação é comprovada na prática com o lançamento recente de um novo produto para este mercado, o Controlador e Supervisor para Usinas Fotovoltaicas.

A inovação faz parte do DNA da Organização R, tanto que está presente em seus valores formais. Outro ponto a se destacar é a realização da reunião do Comitê de Inovação, a qual é efetuada na periodicidade quinzenal, tem duração de cerca de duas horas, com uma pauta fixa e tem como objetivo manter um olhar para os produtos, para o mercado e para novas tecnologias, sendo que este comitê foi criado a cerca de dois anos para trabalhar exclusivamente sobre a inovação dentro da empresa, principalmente focado para saídas e desenvolvimento do produto. Os participantes desta reunião formam uma equipe multidisciplinar, onde estão inseridos o gerente comercial, de Marketing, de P&D, da engenharia e também o CEO da empresa (E2).

Contudo, conforme apresentado pelos Entrevistados 4 e 6, nas suas percepções a inovação deveria ser de fora pra dentro, pois a efetividade deste processo é alcançada obtendo oportunidades reais de negócios, escutando e acolhendo insights do mercado. Sendo que a inovação é uma forma de sobrevivência da empresa. Com base nesta constatação, na revisão do Planejamento Estratégico, sendo realizada em 2021 e a qual é revisada a cada cinco anos, foi criado o objetivo estratégico de alavancar a efetividade dos processos de inovação e P&D.

### 4.4 – Interfaces para maximização de fatores de inovação

Nesta subseção, apresentaremos, no Quadro 5, as possibilidades de aplicação de interfaces entre Economia Circular e a Industria 4.0 que podem apoiar a inovação na organização estudada. Sendo assim, é descrito a possível interface, a possível ação, o autor que fundamenta esta ação e, por fim o tipo de inovação atrelada, com base nas definições do Manual de Oslo (Inovação de Produto ou Processos de negócios).

Quadro 5 - Possibilidades de aplicação de interfaces entre EC e a I4.0 para apoiar a Inovação

Interface	Ação / definição	Autor(es) basilares	Tipo de Inovação
Impressão 3D	Também denominada como manufatura aditiva, esta tecnologia que produz objetos em um modelo tridimensional, pode apoiar a remanufatura de produtos ou componentes, evitando custos extras de atraso destas matérias primas. Pode ser aplicado em algumas famílias	Rosa et al., (2019); Nascimento et al., (2018)	Produto

	de itens do produto, os quais podem agilizar a montagem de painéis e módulos eletrônicos.		
Integração de componentes onipresentes e inteligentes nas cadeias de suprimentos	A I4.0 possibilita a atualização de um conjunto de elementos que contribuem para a redução de custos nas cadeias de suprimentos, tais quais rastreabilidade da matéria prima e monitoramento em tempo real das entregas, com base nisto, pode contribuir para a EC na maximização de aspectos em sistemas produtivos éticos e também a transparência nos processos. Podendo ser aplicado no processo logístico do equipamento, através de sensores ou RFID.	Rajput & Sing, (2020)	Processos de negócios
Manufatura inteligente	É a manufatura com foco da I4.0, podendo contribuir para a redução dos desperdícios e no suporte a eficiência dos sistemas operacionais e de processamento, e maximizando assim a qualidade do produto e sustentabilidade. Estas ações contribuem para o desenvolvimento da EC. Com aplicabilidade no processo produtivo, principalmente no teste dos cartões e módulos eletrônicos.	Sharma et al., (2020)	Produto
Marketing verde	A I4.0 pode apoiar o marketing sustentável, pois pode ser um instrumento para motivação do cliente final. Principalmente no que tange a análise e divulgação de relatórios de sustentabilidade.	Beltrami, et al., (2021)	Processos de negócios
Eco Design	A I4.0 pode apoiar o design ecológico. através do compartilhamento de informações entre as partes interessadas e as trocas de dados durante o desenvolvimento e fases de fabricação. Estes aspectos podem fornecer os dados necessários para fazer os produtos e processos de produção mais sustentáveis, objetivando a meloria do produto junto a fornecedores e clientes.	Beltrami, et al., (2021)	Produto

## 5 Considerações Finais

Com base na fundamentação teórica acerca das temas de pesquisa, foram verificados os aspectos que envolveram os conceitos e aplicação da Economia Circular e da Industria 4.0, e todas as suas nuances para entendimento destes conceitos dentro da organização estudada. Com o levantamento e entendimento, por parte dos pesquisadores a cerca destes temas, tanto por estes, como para os entrevistados e também comprovados pela observação participante e análise documental, foram levantadas proposições destas interfaces para maximização da inovação, podendo ser esta de produto ou processo de negócios. A interação destes campos teóricos é apresentada na Figura 1.

Figura 1 – Interface entre os campos teóricos e proposições

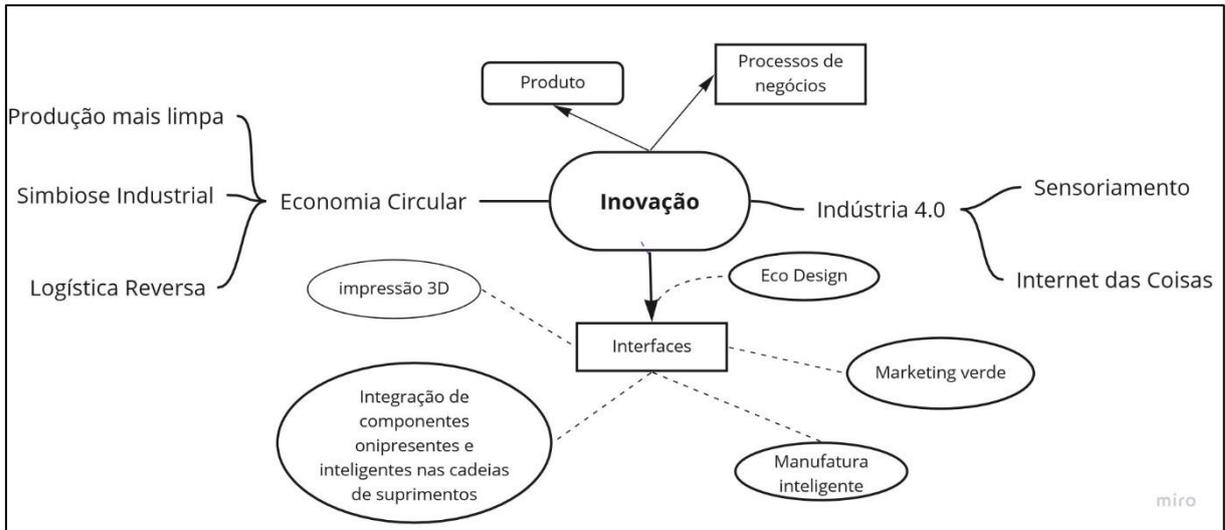


Figura 1 – Interface entre construtos e proposições

Sendo assim, com base nas evidências coletadas podemos sugerir que aspectos que relacionem a Economia Circular e a Indústria 4.0 e as possíveis sugestões de interfaces destes temas podem alavancar a inovação em uma indústria de base tecnológica. Com isto, este estudo apresenta contribuições teóricas e práticas. No campo teórico, a apresentação, mesmo que de maneira breve, dos temas acerca da Economia Circular e Indústria 4.0 podem aumentar a relevância deste. Como também a interrelação destes constructos pode sugerir um campo de estudo interdisciplinar. Mas consideramos a principal contribuição teórica desta, a interação com aspectos de inovação, sendo que este tema de estudo já é bem difundido na literatura atual, contudo o inter relacionamento com a EC e I4.0 pode ser considerado incipiente. Já no campo prático, as constituições se apresentam, principalmente pela apresentação de um diagnóstico na organização estudada, como também a apresentação de possíveis ações para geração de vantagem competitiva através da inovação.

Outra possibilidade de estudos futuros é a verificação de fatores de inovação focando a análise no prisma do Triple Bottom Line. Visto que, as inovações podem gerar resultados econômicos, sociais e ambientais positivos, contudo, dadas as incertezas que as inovações podem trazer, principalmente quando são radicais. Os resultados econômicos são relativamente mais fáceis de prever, pois já a métricas desenvolvidas para isto e as empresas inovadoras sabem como usá-los. Já os resultados sociais e ambientais são mais difíceis de serem avaliados, pois envolvem outras variáveis, incertezas e interações (Barbieri, et al., 2010).

Contudo, este estudo possui limitações, as quais podemos citar: i) a amostra de entrevistados pode não retratar a realidade da organização estudada, principalmente porque focamos em pessoal da área técnica e (ii) a pesquisa ser um estudo de caso único, fato este o qual pode não retratar a realidade do mercado que esta organização está inserida e (iii) o curto intervalo de tempo da realização do levantamento de dados.

Como possíveis pesquisas futuras podemos destacar um estudo mais amplo cruzando os três constructos desta pesquisa, tanto de maneira qualitativa, com estudos de caso múltiplos ou até mesmo quantitativo, aplicado a empresa do mesmo setor, podemos sugerir também a replicação deste modelo em empresas de outros ramos de atuação. Por fim, a utilização das proposições levantadas para aplicação em outras organizações.

## Referências

Anderson, N., Potočník, K., & Zhou, J. (2014). Innovation and creativity in organizations: A state-of-the-science review, prospective commentary, and guiding framework. *Journal of Management*, 40(5), 1297–1333. <https://doi.org/10.1177/0149206314527128>

Bag, S., Gupta, S., & Kumar, S. (2020). Industry 4.0 adoption and 10R advanced manufacturing capabilities for sustainable development. *International Journal of Production Economics*, 107844. doi:10.1016/j.ijpe.2020.107844.

Barbieri, J. C.; Vasconcelos, I. F. G. ; Andreassi, T.; Vasconcelos, F. C. (2010). Inovação e Sustentabilidade Novos Modelos e Proposições. *RAE*, São Paulo, v. 50, n. 2, 146-154

Bardin, L. (2006). *Análise de conteúdo*. (L. de A. Rego & A. Pinheiro, Trads.). Lisboa: Edições 70.

Barros, M.V., Puglieri, F.N., Tesser, D.P., Kuczynski, O. and Piekarski, C.M. (2020), Sustainability at a Brazilian university: developing environmentally sustainable practices and a life cycle assessment case study, *International Journal of Sustainability in Higher Education*, Vol. 21 No. 5, pp. 841-859. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-10-2019-0309>.

Beltrami, M. et al. (2021). Industry 4.0 and sustainability: Towards conceptualization and theory. *Journal of Cleaner Production* 312 (2021) 127733.

Cosenza, J.P., Andrade, E. M., Assunção, G. M. (2020). Economia circular como alternativa para o crescimento sustentável brasileiro: análise da Política Nacional de Resíduos Sólidos, *Revista de gestão ambiental e sustentabilidade* - <https://doi.org/10.5585/geas.v9i1.16147>.

Elkington, J. (1994), “Towards the sustainable corporation: win-win-win business strategies for sustainable development”, *California Management Review*, Vol. 36 No. 2, pp. 90-100.

Ellen MacArthur Foundation (2013). Towards the circular economy. *J. Ind. Ecol.* 1, 4–8. <https://doi.org/10.1162/108819806775545321>.

Francischeto, L. L., & Neiva, E. R. (2019). Inovação nas empresas e orientação cultural à inovação: Um estudo multinível. *Revista de Administração Mackenzie*, 20(3). doi:10.1590/1678-6971/eRAMG190135

Godoy, A. S. (1995). Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. *RAE - Revista de Administração de Empresas, São Paulo*, 35(2), 57-63.

Hofstede Group. *Hofstede*. 2021. Recuperado em 01 de julho de 2021, de <https://www.hofstede-insights.com/product/virtual-certification-in-organisational-culture-2021-1/2021>

Kumar, R., Singh, R. K., & Dwivedi, Y. K. (2020). Application of Industry 4.0 technologies in Indian SMEs for sustainable growth: Analysis of challenges. *Journal of Cleaner Production*, 124063.

Lechner G., Reimann, M. (2019): Integrated decision-making in reverse logistics: an optimisation of interacting acquisition, grading and disposition processes, *International Journal of Production Research*, DOI: 10.1080/00207543.2019.1659518

Lu, J., Ren, L., Zhang, C., Rong, D., Ahmed, R. R., & Streimikis, J. (2020). Modified Carroll's Pyramid of Corporate Social Responsibility to Enhance Organizational Performance of SMEs Industry. *Journal of Cleaner Production*, 122456. doi:10.1016/j.jclepro.2020.122456.

Ma, S., Zhang, Y., Yang, H., Lv, J., Ren, S., & Liu, Y. (2020). Data-driven sustainable intelligent manufacturing based on demand response for energy-intensive industries. *Journal of Cleaner Production*, 123155.

Menelau, S., Lima, F.G., Carvalho, M.P.L. & Carvalho Júnior, T.G.N.A.D. (2019). Mapeamento da produção científica da Indústria 4.0 no contexto dos BRICS: reflexões e interfaces. *Cad. EBAPE.BR*, v. 17, nº 4, Rio de Janeiro, Out./Dez..

Nascimento, D. L. M., Alencastro, V., Quelhas, O. L. G., Caiado, R. G. G., Garza-Reyes, J. A., Lona, L. R., & Tortorella, G. (2018). Exploring Industry 4.0 technologies to enable circular economy practices in a manufacturing context. *Journal of Manufacturing Technology Management*.

Organização para a Cooperação e Desenvolvimento (OCDE). (2017). *Manual de Oslo*. Recuperado em 01 de julho de 2021, de [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3987560/mod\\_resource/content/4/Manual%20de%20Oslo2%20-%20FINEP%20Inovacao.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3987560/mod_resource/content/4/Manual%20de%20Oslo2%20-%20FINEP%20Inovacao.pdf)

Organização para a Cooperação e Desenvolvimento (OCDE). (2018). *Manual de Oslo*. Recuperado em 01 de julho de 2021, de [http://www.finep.gov.br/images/a-finep/biblioteca/manual\\_de\\_oslo.pdf](http://www.finep.gov.br/images/a-finep/biblioteca/manual_de_oslo.pdf)

Rajput, S., & Singh, S. P. (2020). Industry 4.0 Model for Circular Economy and Cleaner Production. *Journal of Cleaner Production*, 123853. doi:10.1016/j.jclepro.2020.123853

Rosa, P., Sassanelli, C., Urbinati, A., Chiaroni, D., & Terzi, S. (2019). Assessing relations between Circular Economy and Industry 4.0: a systematic literature review. *International Journal of Production Research*, 1–26.

Sehnm, S., Vazquez-Brust, D., Pereira, S. C. F., & Campos, L. M. S. (2019). Circular economy: benefits, impacts and overlapping. *Supply Chain Management: An International Journal*, 24(6), 784–804.

Sharma, R., Jabbour, C. J. C., & Lopes de Sousa Jabbour, A. B. (2020). Sustainable manufacturing and industry 4.0: what we know and what we don't. *Journal of Enterprise Information Management*, doi:10.1108/jeim-01-2020-0024

Teece, D. J., Pisano G., & Shuen A. (1997). Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic Management Journal*, 18(7), 509-533. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0266\(199708\)18:73.0.CO;2-Z](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0266(199708)18:73.0.CO;2-Z)

Teece, D. J. (2007). Explicating dynamic capabilities: The nature and microfoundations of (sustainable) enterprise performance. *Strategic Management Journal*, 28(13), 1319-1350. <https://doi.org/10.1002/smj.640>

Vasconcelos, R.; Santos, J. F.; & Andrade, J. A. 2021. *Inovação em Micro e Pequenas Empresas: Recursos e Capacidades*. Revista de Administração Contemporânea 25(2) Recuperado em 01 de julho de 2021, de

Weking, J., Stöcker, M., Kowalkiewicz, M., Böhm, M. and Krcmar, H. (2019), “Leveraging industry 4.0—a business model pattern framework”, *International Journal of Production Economics*, Vol. 225, p. 107588.

Xu, L.D., Xu, E.L. and Li, L. (2018), “Industry 4.0: state of the art and future trends”, *International Journal of Production Research*, Vol. 56 No. 8, pp. 2941-2962.

Yin, R. (2015) *Estudo de caso: planejamento e métodos*. 5.ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

Yin, R. (2016) *Pesquisa qualitativa do início ao fim*. São Paulo: Penso 2016.

Zawislak, P., Alves, C., Tello-Gamarra, J., Barbieux, D., & Reichert, F. (2012). Innovation capability: from technology development to transaction capability. *Journal of Technology Management & Innovation*, 7(2), 14-27. <https://doi.org/10.4067/S0718-27242012000200002>