

# AValiação dos Efeitos da Agilidade e Flexibilidade na Performance Sustentável em Contexto de Radicalidade de Inovação em Produtos

**RESUMO:** Esta pesquisa tem como objetivo avaliar os efeitos da agilidade e flexibilidade em sistemas de manufaturas sustentáveis na performance dos resultados sustentáveis num contexto de radicalidade de inovação em produtos aplicadas às empresas de diferentes setores no Brasil. Para isso, foi realizado um *survey* em que especialistas com conhecimentos e experiências, selecionados por critérios técnicos e científicos, dos setores alimentício, automotivo, aviação, vestuário, metalúrgico, petroquímico, siderúrgica, automação, embalagens, telecomunicação e energia. Os dados foram extraídos por meio de uma matriz de julgamento. Para a avaliação global da performance dos resultados aplicou-se a tecnologia *neurofuzzy*. Os resultados apresentaram implicações práticas para os gestores, evidenciando que lucros e receitas devem fluir paralelamente à sustentabilidade.

**Palavras-chaves:** Radicalidade em inovação de produtos; Agilidade; Flexibilidade; Sistemas de manufatura sustentável; *Performance* de resultados.

## 1. INTRODUÇÃO

O mercado competitivo é considerado, atualmente, um grande obstáculo para muitas empresas. Para obter vantagem competitiva as empresas buscam ofertar produtos de qualidade, com preços plausíveis e inovadores, através da inovação radical. Nesta perspectiva, as empresas necessitam investir em radicalidade de inovação de produtos, possibilitando a organização de se destacar e conseguir o sucesso em um mercado tão acirrado (Baker et al., 2014; Oliveira, 2017). Além disso, a inovação radical é capaz de transformar a relação entre consumidor e fornecedor, reestruturar o mercado econômico e substituir produtos atuais por, quase sempre, uma nova categoria de produto (Leifer et al., 2002). A implementação da radicalidade de inovação de produtos é uma atividade arriscada, repleta incertezas e riscos. Keizer e Hamman (2007) descreveram estes riscos como um conceito tridimensional, envolvendo a Incerteza de Resultado, Nível de Controle e Impactos Percebidos. Embora a inovação radical de produtos tenha seus pontos negativos, o presente estudo provou que quando sua implementação é bem sucedida, ela obtém uma resposta de retorno muito maior.

Muitas vezes, as organizações encontram-se em situações em que há a necessidade de ajustes e adaptações de suas estratégias com agilidade (Ravichandran, 2018), Yusuf; Sarhadi; Gunasekaran (1999), descrevem-na como uma junção de características como velocidade, flexibilidade, proatividade em inovação, qualidade e lucratividade. Através da integração de seus recursos e um ambiente rico em conhecimento e criatividade a empresa é capaz de fornecer produtos e serviços orientados para o consumidor em um mercado instável. Outra dimensão essencial para as organizações é a flexibilidade, segundo Oke (2005) é de suma importância para ambientes marcados pela incerteza e competição, em razão de conseguir providenciar às organizações a capacidade de alterar rapidamente seus níveis de produção. Tampouco como obter resposta rápida as abruptas mudanças de mercado (Brecher; Özdemir, 2017). Para responder aos desafios apresentados as empresas, cada vez mais, necessitam da agilidade e flexibilidade em seus processos de produção, tal como, adotar novos métodos de integração de seus sistemas com rapidez de resposta ao mercado e flexibilidade de produção envolvendo a parte operacional e administrativa (CHENHALL, 1996) afetando assim, não somente a performance de negócios como também a satisfação do cliente, retorno do negócio, lucro e receitas da empresa. O equilíbrio entre radicalidade de inovação e as dimensões ágeis e flexíveis nos processos de produção promovem efeitos substanciais nos resultados dos negócios. Nesta perspectiva, este artigo tem por objetivo avaliar os efeitos da agilidade e flexibilidade em sistemas de manufaturas

sustentáveis na performance dos resultados sustentáveis num contexto de radicalidade de inovação em produtos aplicadas às empresas de diferentes setores no Brasil. Alguns estudos abordam este campo do conhecimento, por exemplo Garetti e Taisch, (2012), conceituam a manufatura sustentável como a capacidade de usar os recursos naturais de maneira inteligente, criando produtos e soluções que, sejam capazes de atender a objetivos econômicos, ambientais e sociais, preservando o meio ambiente, enquanto continua a melhorar a qualidade de vida humana. Fayezi; Zutshi e O’loughlin, (2015) abordaram a integração entre agilidade e flexibilidade nas Supply Chain e concluíram que ambas podem utilizar de mecanismos reativos e proativos para auxiliar durante as incertezas e mudanças. Já Oliveira (2017), estudou a interação entre a radicalidade de inovação de produtos, com as dimensões agilidade e flexibilidade, e comprovou a influência da inovação radical em ambas dimensões. No entanto, nenhum dos referidos estudos abordaram o objeto desta investigação.

Neste sentido, esta pesquisa ganha ênfase ao evidenciar os efeitos nos resultados dos negócios, sobretudo na perspectiva sustentável, que é o objeto central desta pesquisa. A sustentabilidade tem se tornado uma pauta de grande relevância da atualidade, especialmente nas manufaturas, que cobizam a melhoria na gestão ambiental, sustentabilidade, mantendo a lucratividade e produtividade, estas são táticas cada vez mais utilizadas e os objetivos das empresas de manufatura (ROSEN; KISHAWY, 2012). A industrialização ocorrida nas primeiras Revoluções Industriais, foi um dos maiores contribuintes à degradação do meio ambiente e com a saúde da população, resultando em um modelo de produção não sustentável (Carvalho et Al., 2018; Kamble; Gunasekaran; Gawankar, 2018), faz-se necessário a reversão e contenção dos impactos que a cercam. Espera-se que esta pesquisa possa contribuir para o estado da arte e o da prática neste campo do conhecimento, uma vez que não é suficiente as empresas contribuírem somente no viés econômico e financeiro, é elementar que as empresas busquem também o desempenho sustentável, promovendo ações à sociedade e também ao meio ambiente. Tradicionalmente as empresas buscavam garantir lucros através de suas atividades, felizmente hoje em dia as empresas estão cada vez mais empenhadas em criar valor através de iniciativas sustentáveis. Consequente a introdução desta pesquisa segue respectivamente as seções: referencial teórico, metodologia, verificação do modelo conceitual, resultados e conclusões.

## 2. BACKGROUND TEÓRICO

Desde as primeiras revoluções industriais, até a atual, o processo de manufatura sofreu diversas transformações. Dito isso, nota-se que a inovação radical foi um dos principais fatores para que as essas revoluções ocorressem (Callegari; Oliveira, 2019). A inovação radical, de acordo com Stock et al. (2013) apud Baker et al. (2014) trata-se de uma ideologia inovadora, na qual alguns comportamentos são priorizados com o intuito de obter uma performance única. No entanto, estudos apontam que nem sempre as grandes empresas conseguem aplica-las, fatores como a precaução ao tomar medidas radicais, lucro rápido e o alto índice de falhas na introdução de novos produtos atuam como barreiras que impedem sua implementação (Mcdermott; O’connor, 2002; Sánchez; Camilo, 2017). Devido à incertezas que a radicalidade de inovação assume, Leifer et. Al (2002) considera que em momentos como esse, a organização precisa ser altamente flexível, permitindo a adaptação a resultados não previstos. Assim que, para a criação de algo inovador é necessário que ele seja único, a combinação de conhecimentos para desenvolver algo totalmente novo vai além do capital tecnológico (Schoenmakers; Duysters, 2010). Com o intuito de sanar as necessidades dos seus clientes emergentes, utilizando novos *designs*, novos mercados e novos canais de distribuição (Sánchez; Camilo, 2017). Consequentemente, devido ao crescente aumento no que tange os preceitos do desenvolvimento sustentável, atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D) das companhias referentes à geração de inovações que mantenham ou até mesmo elevem sua competitividade, mas que ao mesmo tempo sejam benéficas ao meio

ambiente e à sociedade, estão sendo cada vez mais demandadas (Barbieri et al., 2010; Scandolari, 2011).

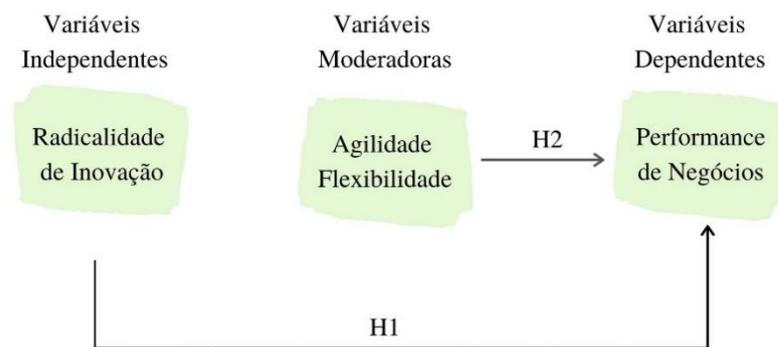
Ultimamente, muitas organizações têm notado as vantagens que a sustentabilidade quando aplicada em sua produção pode oferecer a longo ou médio prazo, uma vez que estudos apontam que o desenvolvimento sustentável inclui na tomada de decisões as questões econômicas e ecológicas (Gomes Jr; Gomes, 2010), como por exemplo o impacto positivo que suas ações podem ter no mercado (Bonilla et al., 2018) e assim como a performance de resultados da empresa pode ser afetado através dos custos e oportunidades provenientes dos problemas ambientais (Repetto; Austin, 2001 apud Gomes Jr; Gomes, 2010). Desta maneira diversas empresas, a partir do início do século XXI, passaram a utilizar a sustentabilidade como parte estratégica de seus negócios através do aumento dos ganhos com eficiência nos custos, aquisição de recursos estratégicos e capacidades, desenvolvimento da aprendizagem e das capacidades dinâmicas (Severo; Guimarães; Dorion, 2017, Ricart; Rodríguez; Sánchez, 2005). Tendo em vista que, apesar do rápido crescimento industrial das últimas décadas melhor a qualidade de vida dos seres humanos, gerou em contrapartida efeitos nocivos ao meio ambiente (Daily; Huang, 2001). Da mesma forma, no cenário contemporâneo manufatureiro, a integração da sustentabilidade e agilidade permite que a organização obtenha benefícios, como melhoria na gama de produtos com o mínimo impacto ambiental; diminuição do tempo de produção; sobrevivência no mercado competitivo (Vinodh, 2010).

Destarte, Elmoselhy (2013) e Vinodh et al. (2009) definem a agilidade manufatureira como uma estratégia que pode capacitar a empresa a ser flexível de forma a responder rapidamente a demanda do consumidor além de diversificar e inovar seus produtos. Assim como, a agilidade manufatureira provou melhorar a atividade operacional e financeira de organizações, com a otimização da capacidade manufatureira, na qual leva a uma melhora na performance mercadológica (Potdar; Routroy; Behera, 2017). Uma das capacidades da agilidade, descritas por Sharifi e Zhang (1999), é a flexibilidade, que é a capacidade na qual permite que as empresas tenham a habilidade de acelerar a mudança dos níveis de produção, inovar e criar novos produtos com mais frequência, além de responder rapidamente as ameaças competitivas (Oke, 2005). Ademais, Zhou e Wu (2010) defendem que a flexibilidade estratégica, é um fator importante para superar a inércia organizacional, na qual se refere as organizações em que estagnam seus processos, produtos e sua política operacional (Hannan; Freeman, 1984). Isto posto, Zhou e Wu (2010), ainda afirmam que quanto maior for a acumulação de capacidade tecnológica da empresa, maior será sua capacidade de absorção de conhecimentos, gerando dessa forma mais inovações radicais de produtos. Vale ressaltar as dimensões da agilidade e flexibilidade, que serão aprofundadas posteriormente, são elas: Agilidade de Interfaces (AI), Agilidade de Pessoas (AP), Agilidade Tecnológica (AT), Agilidade Sustentável (AS), Flexibilidade de Mix (FM), Flexibilidade de Entrega (FE), Flexibilidade de Volumes (FV), Flexibilidade de Novos Produtos (FNP) e Flexibilidade Sustentável (FS).

### **3. METODOLOGIA**

#### **3.1 Modelo Conceitual: Construção e hipótese**

O presente estudo propõe estruturar um modelo específico com o intuito de elucidar as relações entre inovação radical de produtos em processos de manufaturas sustentáveis, agilidade e flexibilidade, tendo em vista analisar o comportamento desses fatores em empresas de diversos setores no Brasil. Um modelo conceitual (Figura 1) foi criado para representar visualmente as relações mencionadas acima:



**Figura 1: Modelo Conceitual**

A Figura 1 expõe as variáveis independentes e dependentes, e a sua atuação em conjunto, na qual será tratada adiante neste estudo. A partir deste modelo conceitual, seguidos das variáveis independentes, moderáveis e dependentes e hipótese foram feitas:

- Variáveis Independentes: é o fator determinante para o resultado dado à literatura especializada, na qual são asseguradas pelo pesquisador para confirmação. Caracterizada nesta pesquisa como: a radicalidade de inovação nos processos manufatureiros sustentáveis de diversos setores do Brasil.
- Variáveis Moderadoras: são variáveis selecionadas, medidas e manipuladas pelo autor, na qual são asseguradas pelo pesquisador para confirmação. Caracterizada nesta pesquisa como: Os efeitos da agilidade e flexibilidade nas performances de negócios.
- Variáveis Dependentes: são diretamente influenciadas pelas variáveis independentes na qual são asseguradas pelo pesquisador para confirmação. Caracterizada nesta pesquisa como a performance de negócios, contemplando a situação econômica e financeira, satisfação de clientes, retorno de negócios e desenvolvimento sustentável da empresa.
- Hipótese geral: A agilidade e flexibilidade influenciam em maior ou menor grau a performance dos negócios nos processos de manufaturas sustentáveis brasileiras em contexto de inovação radical de produtos.

### 3.2 Amostra e Coleta de Dados

A população deste estudo foi envolta de empresas de diferentes setores do Brasil, no período de 2019 a 2020. Os autores investigaram a relação entre a inovação radical de produtos e o grau de agilidade e flexibilidade em processos de manufaturas sustentáveis de diferentes setores como: alimentício, automotivo, aviação, vestuário, metalúrgico, petroquímico, siderúrgica, automação, embalagens, telecomunicação e energia. Foi utilizado um questionário como principal instrumento deste estudo (matriz de avaliação). O questionário foi dividido em seis partes, sendo elas os dados de contato e informações gerais da empresa; informações quanto a inovação radical da empresa; características de inovação radical de produtos da empresa; informações sobre agilidade nos sistemas de produção; informações sobre flexibilidade dos sistemas de manufatura e avaliação do grau de interação entre a radicalidade de inovação do produto e agilidade e flexibilidade do processo de manufatura sustentável, respectivamente. A pesquisa foi contemplada entre os meses de Outubro à Dezembro de 2019, envolvendo 225 especialistas. Anteriormente, em Setembro, pré-testes foram realizados para que críticas e ajustes necessários fossem feitos. As amostras foram selecionadas a partir da técnica de amostragem aleatória. Dentre 225 especialistas, 43 profissionais retornaram com o questionário completo. Os especialistas emitiram suas respostas através de um questionário de escala. Eles possuem experiência em inovação, produção, tecnologia, conhecimento técnico em desenvolvimento de

produtos nas empresas investigadas e com as seguintes habilidades: Diretor de P&D, Engenheiro de Planejamento Sênior, Engenheiro de Processos, Gerente de Inovação, Diretor de novas tecnologias e inovação, entre outros. Em seguida, esses procedimentos serão detalhados.

#### 4.RESULTADOS

Nesta seção é realizada a verificação do modelo conceitual conforme as seguintes fases:

**Fase 1:** Identificação e análise do perfil global dos diferentes setores do Brasil;

**Fase 2:** Identificação e avaliação das características da inovação radical nos diferentes setores do Brasil;

**Fase 3:** Identificação e avaliação das dimensões de agilidade em sistemas de produção nos diferentes setores;

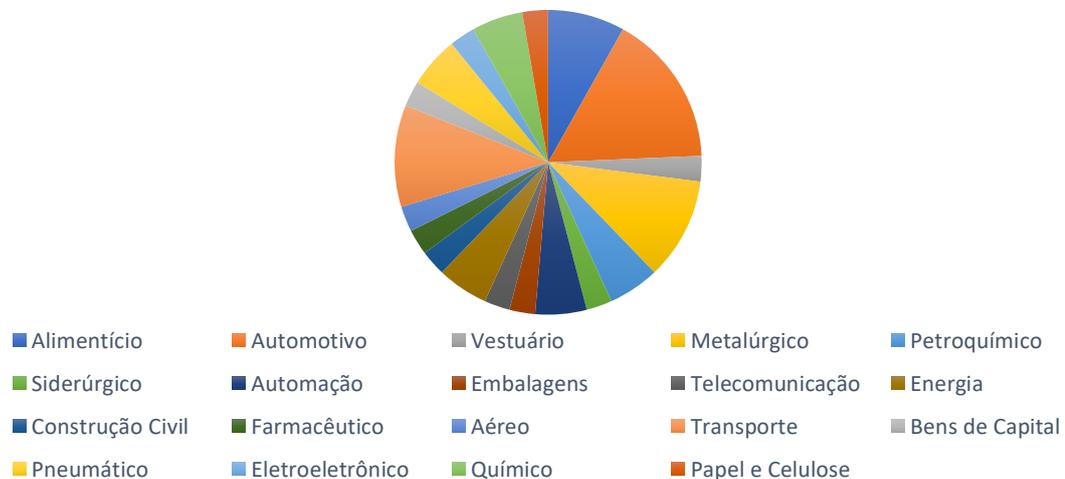
**Fase 4:** Identificação e avaliação das dimensões de flexibilidade em sistemas de produção nos diferentes setores;

**Fase 5:** Avaliação agilidade e flexibilidade na performance das empresas de manufatura de diferentes setores;

**Fase 6:** Avaliação global das dimensões de agilidade e flexibilidade na performance das empresas de diferentes setores no Brasil usando a modelagem nerurofuzzy.

Detalham-se a seguir essas fases e paralelamente a isso são apresentados os resultados e análises subjacentes.

- Fase 1: Identificação e análise do perfil global dos diferentes setores do Brasil



**Figura 2:** Perfil dos diferentes setores brasileiros

Desta forma, os setores identificados e sua quantidade de respondentes, como o objeto desta pesquisa são: Alimentício (3), Automotivo (6), Vestuário (1), Metalúrgico (4), Petroquímico (2), Siderúrgico (1), Automação (2), Embalagens (1), Telecomunicação (1), Energia (2), Construção Civil (1), Farmacêutico (1), Aéreo (1), Transporte (4), Bens de Capital (1), Pneumático (2), Eletroeletrônico (1), Químico (2) e Papel e Celulose (1). A partir dos resultados apresentados na Figura 2, é possível afirmar que o setor predominante na pesquisa é o automotivo. Logo após a apresentação dos setores o passo seguinte é a identificação e avaliação das características da inovação radical de produtos em diferentes setores no Brasil.

• *Fase 2: Identificação e avaliação das características da inovação radical nos diferentes setores do Brasil;*

Nesta fase são apresentadas as características da inovação radical de diferentes setores no Brasil. Este procedimento foi realizado a partir da literatura especializada a partir das bases Emerald e Science Direct. Foram selecionados mais de 28 artigos das referidas bases. Neste sentido, foram identificadas as seguintes características em relação a estrutura do projeto, processos, oportunidades, adversidades, participantes envolvidos e acessibilidade para as empresas. Quanto ao grau de:

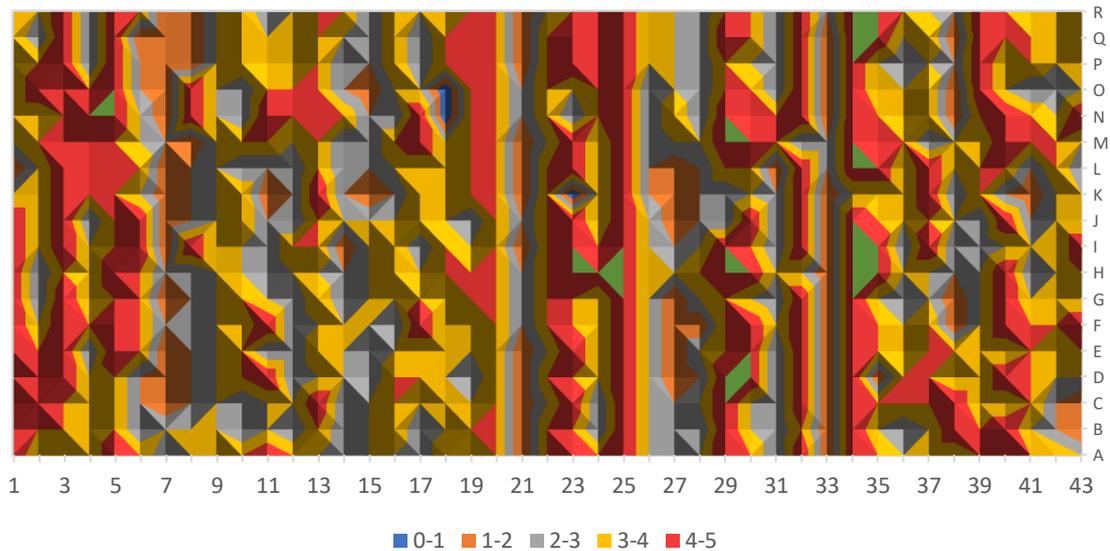
- Progresso de conhecimento e tecnologia aplicado na empresa
- Realização da estratégia da companhia
- Envolvimento dos fornecedores nas atividades/processos de manufatura da companhia
- Que a inovação radical de produtos é tratada como uma prioridade estratégica na empresa
- Prioridade estratégica com a inovação radical é tratada na empresa
- Proatividade dos funcionários da empresa
- Propensão que a empresa tem para assumir riscos
- Exploração de novos conhecimentos por meio de iniciativas criativas e flexíveis
- Competências no design e produção dos produtos; mudanças físicas nos produtos; mudanças no preço/performance
- Monitoramento tecnológico realizado pela empresa que você atua ou atuou

• *Fase 3: Identificação e avaliação das dimensões de agilidade em sistemas de produção nos diferentes setores.*

Esta fase tem por objetivo identificar e avaliar como a agilidade e suas dimensões atuam nos sistemas de produção nos diferentes setores do Brasil. As figuras 3 e 4 mostram o grau de atuação da agilidade em empresas inovadoras e não inovadoras. As dimensões da agilidade utilizada nesta pesquisa foram:

- i. Agilidade Estratégica (AE): identifica rapidamente novas oportunidades e ameaças que surgem constantemente, desta forma a empresa consegue responder prontamente as mudanças no mercado.
- ii. Agilidade de Processos (AP): otimiza a realização de atividades da planta produtiva da empresa com rapidez e eficiência.
- iii. Agilidade de Interfaces (AI): promove uma relação próxima entre fornecedores e clientes, integrando-os no processo de planejamento e desenvolvimento de novos produtos da empresa.
- iv. Agilidade de Pessoas (AP): atua no engajamento coletivo dos funcionários da empresa, com práticas como os de incentivos e treinamentos.
- v. Agilidade Tecnológica (AT): investimento em novas tecnologias como por exemplo, células de fabricação, planejamento de processos assistido por computador (CAPP) e fabricação auxiliada por computador (CAM).
- vi. Agilidade Sustentável (AS): auxilia a empresa e ao meio ambiente com práticas que diminuem o desperdício de materiais renováveis e não renováveis.

Uma vez identificadas as dimensões de agilidade, o passo seguinte foi avaliar as respectivas dimensões. Para isto foi aplicado um survey em que os especialistas atribuíram pesos 0 – menor importância e 5 – maior importância. Os especialistas foram levantados na base linkedin. Os dados foram coletados por meio de uma matriz de julgamento disponibilizada na plataforma google forms.



**Figura 3:** Avaliação das Dimensões de Agilidade

A Figura 3 é representada pela fileira horizontal (avaliação dos respondentes) e vertical (dimensões analisadas), a legenda a seguir mostra as cinco dimensões mais importantes, de acordo com os especialistas:

- **A:** Em qual grau durante os cinco últimos anos, a estratégia de manufatura adotada pela companhia foi considerada efetiva; e amplamente alinhada com o plano de negócios?
- **H:** Em qual grau durante os cinco últimos anos, a planta produtiva da empresa estabeleceu relações diretas com os fornecedores?
- **I:** Em qual grau durante os cinco últimos anos, a empresa promoveu uma política aberta de informação/comunicação?
- **K:** Em qual grau durante os cinco últimos anos, a empresa implementou planejamento de processo assistido por computador (CAPP)?
- **M:** Em qual grau durante os cinco últimos anos, a empresa implementou inspeção visual?
- **N:** Em qual grau durante os cinco últimos anos, a planta treinou as equipes de acordo com as habilidades necessárias à consecução de suas tarefas?

A partir da análise dos resultados apresentados na Figura 3 e o resultado obtido através da média ponderada da matriz de julgamento identificou as dimensões Agilidade de Pessoas (3,57) e Agilidade Estratégia (3,47) como as mais relevantes. Em contrapartida a dimensão Agilidade Tecnológica (2,86) apresentou a menor relevância. A luz da literatura, Holbeche (2018) enfatiza a importância da AP, na qual empresas que valorizam seus funcionários e investem em melhores condições de trabalho, visando seu bem-estar, obtêm melhoras no engajamento e produtividade em seus desempenhos. Uma cultura organizacional ágil apresenta funcionários dispostos e capazes de dar o melhor de si, em que a liderança é compartilhada e decisões são feitas com base no diálogo e consenso, as equipes compartilham experiências e aprendizados e métodos que melhorem a *performance* de resultado. Da mesma forma, Denning (2017), caracteriza a AE como uma dimensão essencial para lidar com os mercados em constante evolução, para isso são combinadas a mentalidade e processos ágeis com a teoria da gestão estratégica com o intuito de produzir inovação contínua de criação de mercado. Assim, é possível afirmar que as empresas estão investindo em métodos que melhorem a performance

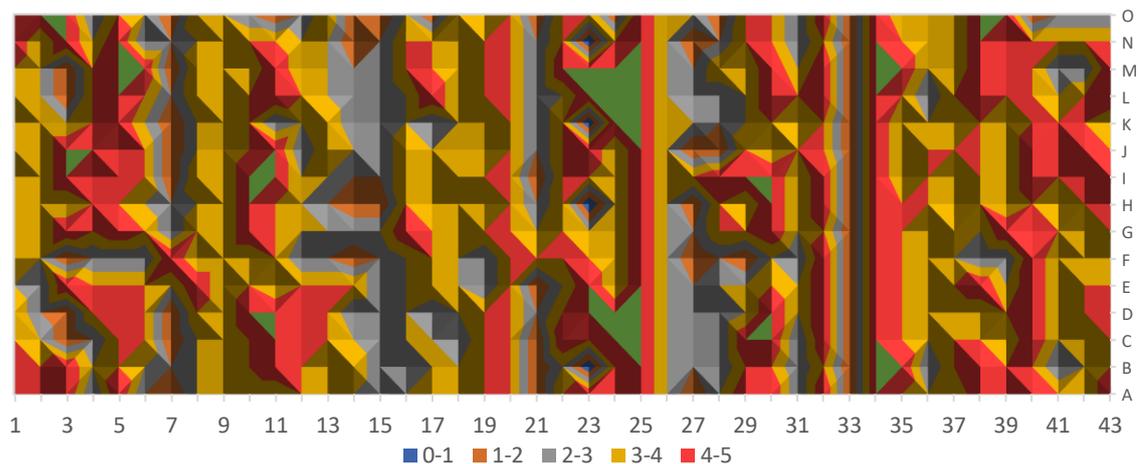
de sua equipe interna, da mesma forma que estão concentrados em responder rapidamente as imprevisibilidades que o mercado pode oferecer e utiliza-las como vantagem competitiva.

• *Fase 4: Identificação e avaliação das dimensões de flexibilidade em sistemas de produção nos diferentes setores.*

Assim como a fase anterior, o presente estágio buscar identificar e avaliar a atuação da flexibilidade e suas dimensões nos sistemas de produção de diversos setores brasileiros. Nesta pesquisa foram utilizadas cinco dimensões flexíveis:

- i. Flexibilidade de Mix (FM): capacidade de alterar a gama de produção dentro de um determinado período de tempo, além da alta variedade de produtos oferecidos pela empresa.
- ii. Flexibilidade de Entrega (FE): possibilidade de alteração na data de entregas de produtos, promovendo melhor assistência ao consumidor final.
- iii. Flexibilidade de Volumes (FV): habilidade de manejar flutuações de demanda, a partir de negociações de *lead times*, mão de obra temporária e compartilhamento de trabalho, como por exemplo.
- iv. Flexibilidade de Novos Produtos (FNP): possibilita a inovação, produção de novos produtos e modificação de produtos já existentes da planta produtiva.
- v. Flexibilidade Sustentável (FS): promove a reutilização das matérias-primas nos processos de manufatura, incentiva os funcionários a trabalharem em home office e a utilização de fontes renováveis.

Nesta fase, assim como na fase anterior, os respondentes avaliaram a partir do questionário as dimensões de flexibilidade. Atribuindo pesos 0 – menor importância e 5 – maior importância. Os resultados são apresentados na Figura 4.



**Figura 4:** Avaliação das Dimensões de Flexibilidade

A Figura 4 é representada pela coluna horizontal (avaliação dos respondentes) e vertical (dimensões analisadas), a legenda a seguir mostra as cinco dimensões mais importantes, de acordo com os especialistas:

- **G:** Qual o grau da qualidade de assistência ao consumidor adotada pela companhia?
- **I:** Em qual grau durante os cinco últimos anos, a planta necessitou de níveis elevados de flexibilidade de volume porque a demanda por seus produtos foi altamente variável?

- **L:** Em qual grau durante os cinco últimos anos, a planta teve habilidade de introduzir novos produtos?
- **M:** Em qual grau durante os cinco últimos anos, a planta teve habilidade de introduzir novos produtos que modificam os produtos existentes?
- **O:** Em qual grau durante os cinco últimos anos, a companhia adotou mecanismos como virtual office, home office, como maneiras sustentáveis de energia e emissão de gases?

Da mesma forma que a fase 3, fora feita uma análise dos resultados de acordo com as dimensões de flexibilidade apresentadas na Figura 4. Constatou-se que as dimensões mais importantes são: Flexibilidade de Entrega (3,67) e Flexibilidade de Volumes (3,67), e a Flexibilidade Sustentável (2,93) foi considerada a menos relevante. Australian National Training Authority (1996), descreveu FE como habilidades de relevância em uma organização, na qual os requisitos de entrega têm como base os interesses dos consumidores. A FV foi referenciada por Gerwin (1993) como uma dimensão capaz de alterar o fluxo de produção (aspecto de alcance) em um curto período (aspecto de tempo). As respostas obtidas através dos especialistas reforçam a ideia de que cada vez mais, principalmente pelo aumento das compras *on-line*, a importância de ambas as dimensões FE e FV. Dado que as empresas precisam conciliar suas entregas de maneira que agrade seus clientes e ainda possibilitar uma mudança abrupta nos seus níveis de produção, devido à incerteza do mercado. A média da dimensão FS indica que as empresas não priorizam medidas como trabalho à distância (*Home-office*) como alternativas para diminuição de energia e emissão de poluentes.

• *Fase 5: Avaliação agilidade e flexibilidade na performance das empresas de manufatura de diferentes setores.*

Nesta fase são avaliadas a influência das dimensões de agilidade e flexibilidade na performance das empresas de manufatura de diferentes setores. Esta avaliação foi realizada através de uma matriz de julgamento: 0-nenhum à 5-alto, em que os respondentes atribuíram o grau para a influência das dimensões de agilidade e flexibilidade na performance econômica e financeira, satisfação de clientes e sustentabilidade (da empresa dos setores objeto da pesquisa). Os resultados são apresentados nas Figuras 5 e 6.



**Figura 5:** Agilidade na performance de negócios

A análise da figura acima permite afirmar que a agilidade possui influência na performance econômica e financeira, satisfação de clientes e sustentabilidade. A satisfação dos clientes apresentou ter a maior influência, em todas as dimensões: EA (4,8), PA (4,4) e RA (5,0). Da mesma forma a Sustentabilidade na performance de negócios obteve a menor influência: EA (2,77), PA (3,3) e RA (2,8). A luz da literatura, Rossi e Slongo (1998) verificaram a relação entre o alto nível de retorno econômico e o elevado índice de satisfação de clientes. Outros benefícios foram destacados pelos autores como a avaliação positiva no que tange a imagem da

empresa e aumento na confiança entre fornecedor-cliente. Sambinelli (2020) reforçou a ideia da união entre a cultura organizacional de maturidade de processos e agilidade, tendo em vista a redução do tempo de inserção de um novo produto no mercado, garantindo o aumento da satisfação dos clientes. Outro aspecto relevante a ser destacado em relação a Figura 5 é a determinação da dimensão de maior impacto nas performances de resultados. Desta maneira foi constatado que a dimensão que possui maior influência na performance econômica e financeira é RA (4,22), já a EA possui a maior média em relação a satisfação dos clientes (4,8) e por fim no quesito sustentabilidade, a dimensão mais acentuada é o PA (3,3).



**Figura 6:** Flexibilidade na performance de negócios

Da mesma forma, a flexibilidade também influencia nos resultados de performance econômica e financeira das empresas, assim como na sustentabilidade e satisfação de clientes. A partir da figura acima foi identificado as dimensões flexíveis de maior influência nas categorias de performance elencadas, deste modo FNP (4,44) apresentou o maior grau em relação as vendas derivadas da inovação, a satisfação de clientes alcançou valor máximo em todas as dimensões, o retorno dos negócios a FNP (4,1) e a sustentabilidade apontou novamente a FNP (3,0) com a maior influência. Assim como na Figura 5, foi possível observar uma unanimidade em relação ao maior grau de influência na performance de negócios, assim como no menor grau de influência. Na qual a satisfação dos clientes provou novamente ter a maior influência na performance de negócios e a sustentabilidade a menor. A satisfação dos clientes obteve uma média de 5,0 em todas as dimensões flexíveis estudadas. Já a categoria de performance sustentável recebeu as seguintes médias: FNP (3,0), FM (2,9), FV (2,57) e FE (2,6). Isto posto, Bearden; Teel (1983) e Fornell (1992) (apud Sambinelli, 2020) destaca que o processo de criação de valor de uma organização tem como principal agente a satisfação do cliente, devido ao seu aumento nos níveis de confiança do consumidor e uma posição competitiva no mercado.

Através da confirmação de especialistas, em torno de 60% das EI consideram que as dimensões agilidade e flexibilidade precisam atuar em harmonia com a sustentabilidade, ou seja, ao inovar radicalmente um produto a empresa pondera não somente os lucros, mas também os futuros impactos sociais e ambientais.

As dimensões agilidade e flexibilidade provaram ser habilidades capazes de alterar efetivamente a satisfação de clientes, com a integração deles no processo criativo e resposta rápida ao consumidor, o que acaba gerando um alto índice de retorno de negócios, além de serem atuarem como ferramentas que auxiliem a redução de desperdícios de materiais, energia, poluentes e até mesmo o bem estar de seus funcionários com a adoção de práticas flexíveis que permitam o trabalho à distância, o que acaba gerando ao final um impacto positivo na performance econômica e financeira da empresa, como a redução de alugueis, despesas energéticas e reutilização de materiais.

Ao analisar os dados da matriz de julgamento, é possível constatar que em ambas as empresas inovadoras e não inovadoras possuem um grau médio-alto para as dimensões ágeis – EA, PA e RA, assim como para as dimensões flexíveis – FNP, FMP e FV.

• *Fase 6: Avaliação global das dimensões de agilidade e flexibilidade na performance das empresas de diferentes setores no Brasil usando a modelagem neurofuzzy.*

Esta fase tem por objetivo avaliar a performance global dos negócios a partir das dimensões de agilidade e flexibilidade nos sistemas de produção das empresas de distintos setores no Brasil utilizando a modelagem *neurofuzzy* (Figura 7).

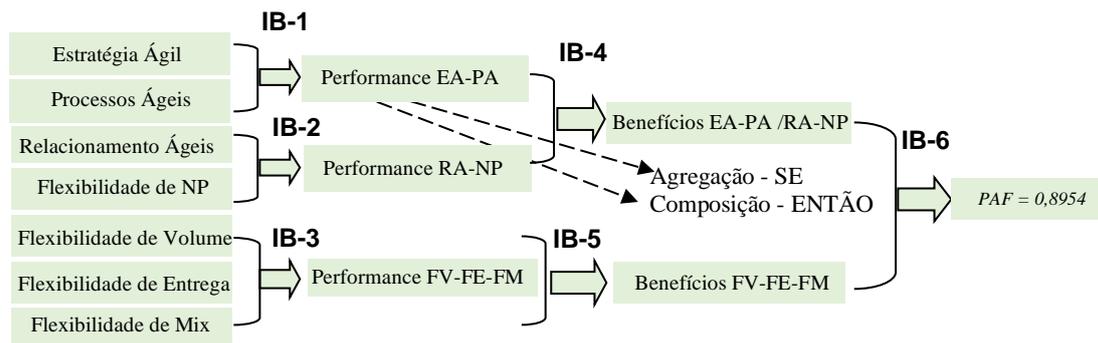


Figura 7: Modelo Neurofuzzy

Assim, esta fase encontrar a taxa ótima de performance dos negócios a partir das dimensões mencionadas. A agilidade e flexibilidade envolvem uma elevada taxa de subjetividade, uma vez que dependem da experiência dos respondentes/especialistas em processo de tomada de decisão. Neste espectro, a modelagem pode ser composta por variáveis de natureza qualitativa e/ou quantitativa que converge rumo a um único parâmetro de avaliação (Cury, 1999; Cury and Oliveira; 2004; von Altrock, 1997). Esta modelagem híbrida combina a lógica fuzzy com as redes neurais artificiais e serve como uma ferramenta de auxílio ao gestor na tomada de decisão. Para o caso em questão, esta proposta suporta a performance dos negócios a partir da influência/efeitos das dimensões de agilidade e flexibilidade em sistemas de produção em radicalidade de inovação em produtos. Ou seja, busca-se um parâmetro desejado e aceitável para a avaliação da performance dos negócios. Este modelo é baseado na modelagem de Cury and Oliveira (1999). A modelagem combina todos os atributos de natureza qualitativa e quantitativa em blocos de inferência, que usa regras baseada nos sistemas fuzzy e expressões linguísticas, convergindo para uma taxa ótima de performance dos negócios, em termos de benefícios, expressos em intervalos de 0 a 10. O modelo é descrito da seguinte forma: (a) Determinação das variáveis de entradas (VE); (b) Determinação das variáveis intermediárias; e (c) Determinação das variáveis de saída ou taxa de eficiência ótima da performance dos negócios. Descrevem-se a seguir estes procedimentos:

- **Determinação das variáveis de entrada (VE):** as variáveis de entrada do modelo foram definidas como sendo as dimensões de agilidade e flexibilidade: Agilidade: Estratégia Ágil – EA; Processos Ágeis – PA; Relacionamentos Ágeis – RA; Flexibilidade: Flexibilidade de Novos Produtos – FNP; Flexibilidade de Volume – FV; Flexibilidade de Entrega – FE. Essas variáveis foram extraídas da matriz de julgamento, em que os especialistas atribuíram seus julgamentos, avaliando a performance das dimensões agilidade e flexibilidade.

O total de variáveis de entradas são 7. As variáveis de entradas podem ser qualitativas ou quantitativas. Essas variáveis são convertidas/transformadas em variáveis intermediárias, através de seus termos linguísticos: alto, médio e baixo, as quais são convertidas ou transformadas em graus de convicção ou certeza (GCC), as quais são dependentes do grau atribuído de acordo com o julgamento dos especialistas as quais são convertidos em expressões linguísticas baseada nos conjuntos fuzzy ou regras de agregação e composição.

- **Determinação das Variáveis Intermediárias e Termos Linguísticos:** As variáveis de entradas sofrem um processo de inferência fuzzy (fuzzyficação), resultando em termos linguísticos das variáveis intermediárias. Então esses termos linguísticos são: baixo, médio e alto. Essas variáveis intermediárias são as performances: EA-PA; RA-NP; FV-FE-FM; e Benefícios: EA-PA-RA-NP e FV-FE-FM.
- **Determinação da variável de saída – performance global das dimensões de agilidade e flexibilidade**

A arquitetura proposta é composta por 6 configurações. Essas configurações se juntam e convergem rumo a um único valor ótimo, chamado de defuzzyficação. Ou seja, a variável de saída é resultado da transformação dos termos linguísticos baixo, médio e alto para um resultado quantitativo, compreendido entre 0 e 1, e quanto mais próximo de 1 melhor é a performance esperada. Este parâmetro único é o grau ótimo alcançado a partir dos valores atribuídos pelos especialistas, no caso em questão, a taxa ótima de performance global das dimensões de agilidade e flexibilidade é de 0,8954. Este resultado significa que ambas as dimensões quando interagidas apresentam elevada performance para os Sistema de Produção à luz de radicalidade de inovação de produto. As empresas quando em seus processos de desenvolvimento de inovações radicais devem considerar elevada agilidade e flexibilidade para alcançarem resultados substanciais nas perspectivas econômica e financeira, social e ambiental. Portanto é possível afirmar a partir da taxa ótima obtida que no contexto de radicalidade de inovação, agilidade e flexibilidade têm efeito positivo na performance de resultados da empresa. Confirma-se assim, a hipótese do estudo com a avaliação da performance global.

#### 4. CONCLUSÕES

Esta pesquisa tem como objetivo avaliar os efeitos da agilidade e flexibilidade em sistemas de manufaturas sustentáveis na performance dos resultados sustentáveis num contexto de radicalidade de inovação em produtos aplicadas às empresas de diferentes setores no Brasil. O estudo foi desenvolvido através da literatura e do questionário, na qual foram avaliadas as experiências dos especialistas sobre o assunto. Desta forma foi possível concluir a partir da Fase 6 a hipótese geral, ou seja, as dimensões estudadas influenciam a performance de resultados das empresas e seus processos de manufatura sustentáveis em relação a inovação radical de produtos. Da mesma forma, foi provado a eficácia da inovação radical de produtos nos processos de manufatura, desde que ela interaja com ambas as dimensões. A criação de uma cultura organizacional que valorize seus funcionários é considerada essencial para o aumento da capacidade criativa de seus funcionários, de modo que eles se sintam motivados. Diante do exposto, espera-se que as empresas invistam em novas abordagens nas quais viabilizem a implementação de radicalidade de inovação, agilidade, flexibilidade e sustentabilidade. Percebe-se cada vez mais uma mudança de filosofia nas organizações, em que o lucro já não é mais o único fator a ser considerado, elas buscam agregar valor em seus negócios. As empresas estão mais cientes dos impactos sociais e ambientais ao lançar algo novo no mercado, grande parte dessa mudança se deve à pressão dos consumidores, que valorizam produtos nas quais sejam menos nocivos ao meio ambiente. O estudo almeja incentivar novas pesquisas a serem feitas, com uma maior diversidade de setores, um maior escopo amostral e com países diferentes, levando em consideração que os fatores culturais, crenças e valores são determinantes para o resultado da pesquisa. Além de encorajar novas e empresas já estabelecidas a adotarem o método proposto, em que a harmonia entre tecnologia, lucro, meio ambiente e bem-estar esteja sempre presente em seus processos.

#### REFERÊNCIAS

- AUSTRALIAN NATIONAL TRAINING AUTHORITY. National Flexible Delivery Taskforce, final report. Brisbane: Author. (1996)
- BAKER, W. E. et al. The effect of radical innovation in/congruence on new product performance. **Industrial Marketing Management**, v. 43, n. 8, p. 1314–1323, 2014.
- BARBIERI, J. C. et al. Inovação e sustentabilidade: novos modelos e proposições. **Revista de Administração de Empresas**, v. 50, n. 2, p. 146–154, 2010.
- BONILLA, S. H. et al. Industry 4.0 and sustainability implications: A scenario-based analysis of the impacts and challenges. **Sustainability (Switzerland)**, v. 10, n. 10, 2018.

BRECHER, C.; ÖZDEMİR, D. **Integrative Production Technology: Theory and Applications**. 1. ed. Aachen: Springer, 2017.

CALLEGARI, J. L. DA C.; OLIVEIRA, S. R. M. What is the Next Borderless of Innovation? Influence of Product Innovation Radicality on the Business Outcomes under Moderate Effect of Agility and Flexibility in Manufacturing Systems : Towards Multinational Corporations in Brazil. **European Journal of Scientific Research**, v. 153, n. 3, p. 222–233, 2019.

CARVALHO, N. et al. Manufacturing in the fourth industrial revolution: A positive prospect in Sustainable Manufacturing. **Procedia Manufacturing**, v. 21, p. 671–678, 2018.

CHENHALL, R. H. Strategies of manufacturing flexibility, manufacturing performance measures and organizational performance: An empirical investigation. **Integrated Manufacturing Systems**, v. 7, n. 5, p. 25–32, 1996.

DAILY, B. F.; HUANG, S.-C. Achieving sustainability through attention to human resource factors in environmental management. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 21, n. 12, p. 1539–1552, 2001.

DENNING, S. The next frontier for Agile: strategic management. **Strategy and Leadership**, v. 45, n. 2, p. 12–18, 2017.

ELMOSELHY, S. A. M. Hybrid lean-agile manufacturing system technical facet, in automotive sector. **Journal of Manufacturing Systems**, v. 32, n. 4, p. 598–619, 2013.

FAYEZI, S.; ZUTSHI, A.; O'LOUGHLIN, A. How Australian manufacturing firms perceive and understand the concepts of agility and flexibility in the supply chain. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 35, n. 2, p. 246–281, 2015.

GARETTI, M.; TAISCH, M. Production Planning & Control : The Management of Operations Sustainable manufacturing : trends and research challenges. **Taylor & Francis**, n. June 2013, p. 83–104, 2012.

GERWIN, D. Manufacturing flexibility. A strategic perspective. **Management Science**, v. 39, n. 4, p. 395–410, 1993.

GOMES JR, S. F.; GOMES, A. R. As Vantagens da Sustentabilidade Empresarial. **INGEPRO - Inovação, Gestão e Produção**, v. 02, n. 2000, p. 62–71, 2010.

HANNAN, M. T.; FREEMAN, J. Structural Inertia and Organizational Change. **American Sociological Review**, v. 49, n. 2, p. 149–164, 1984.

HOLBECH, L. S. Organisational effectiveness and agility. **Journal of Organizational Effectiveness**, v. 5, n. 4, p. 302–313, 2018.

KAMBLE, S. S.; GUNASEKARAN, A.; GAWANKAR, S. A. Sustainable Industry 4.0 framework: A systematic literature review identifying the current trends and future perspectives. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 117, p. 408–425, 2018.

KEIZER, J. A.; HALMAN, J. I. M. Diagnosing risk in radical innovation projects. **Research Technology Management**, v. 50, n. 5, p. 30–36, 2007.

LEIFER, R. et al. **Radical Innovation: How Mature Companies Can Outsmart Upstarts**. [s.l: s.n.]. v. 55

MCDERMOTT, C. M.; O'CONNOR, G. C. Managing radical innovation: An overview of emergent strategy issues. **Journal of Product Innovation Management**, v. 19, n. 6, p. 424–438, 2002.

OKE, A. A framework for analysing manufacturing flexibility. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 25, n. 10, p. 973–996, 2005.

OLIVEIRA, S. R. M. High Radicality of Product Innovation and High Flexibility and High Agility of System of Manufacturing: Towards the Smart Factories. **Procedia Manufacturing**, v. 11, n. June, p. 1324–1334, 2017.

PEREIRA, F. A.; FORNO, A. J. D. A Flexibilidade No Contexto Do Desenvolvimento De Fábricas Inteligentes. **Revista Produção Online**, v. 8, n. 48, p. 13, 2008.

POTDAR, P. K.; ROUTHROY, S.; BEHERA, A. Agile manufacturing: a systematic review of

literature and implications for future research. **Benchmarking**, v. 24, n. 7, p. 2022–2048, 2017.

RAVICHANDRAN, T. Exploring the relationships between IT competence, innovation capacity and organizational agility. **Journal of Strategic Information Systems**, v. 27, n. 1, p. 22–42, 2018.

RICART, J. E.; RODRÍGUEZ, M. Á.; SÁNCHEZ, P. Sustainability in the boardroom: An empirical examination of Dow Jones Sustainability World Index leaders. **Corporate Governance**, v. 5, n. 3, p. 24–41, 2005.

ROSEN, M. A.; KISHAWY, H. A. Sustainable manufacturing and design: Concepts, practices and needs. **Sustainability**, v. 4, n. 2, p. 154–174, 2012.

ROSSI, C. A. V.; SLOGO, L. A. Pesquisa de Satisfação de Clientes: o Estado-da-Arte e Proposição de um Método Brasileiro. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 2, n. 1, p. 101–125, 1998.

SAMBINELLI, F. **ESTRATÉGIAS PARA CRIAÇÃO DE VALOR PARA O CLIENTE EM EQUIPES ÁGEIS DE SOFTWARE**. [s.l.] Universidade Estadual de Campinas, 2020.

SÁNCHEZ, O.; CAMILO, L. Determinants of Product Innovation Performance: Why Are Some Innovations More Successful than Others? **Economía y Desarrollo**, v. 158, n. 2, p. 43–62, 2017.

SCANDELARI, V. D. R. N. **Inovação e Sustentabilidade: Ambidestralidade e desempenho sustentável na indústria eletroeletrônica**. [s.l.] Universidade Federal do Paraná, 2011.

SCHOENMAKERS, W.; DUYSTERS, G. The technological origins of radical inventions. **Research Policy**, v. 39, n. 8, p. 1051–1059, 2010.

SEVERO, E. A.; GUIMARÃES, J. C. F. DE; DORION, E. C. H. Cleaner production and environmental management as sustainable product innovation antecedents: A survey in Brazilian industries. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, n. January, p. 87–97, 2017.

SHARIFI, H.; ZHANG, Z. A methodology for achieving agility in manufacturing organisations: an introduction. **International Journal of Production Economics**, v. 62, n. 1, p. 7–22, 1999.

STECKE, K. E.; RAMAN, N. **Production Flexibilities and Their Impact on Manufacturing Strategy**. [s.l.] The University of Michigan, 1986.

VINODH, S. et al. Computer-aided design of experiments: An enabler of agile manufacturing. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 44, n. 9–10, p. 940–954, 2009.

VINODH, S. Improvement of agility and sustainability: A case study in an Indian rotary switches manufacturing organisation. **Journal of Cleaner Production**, v. 18, n. 10–11, p. 1015–1020, 2010.

YUSUF, Y. Y.; SARHADI, M.; GUNASEKARAN, A. Agile manufacturing: the drivers, concepts and attributes. **International Journal of Production Economics**, v. 62, n. 1, p. 33–43, 1999.

ZHOU, K. Z.; WU, F. TECHNOLOGICAL CAPABILITY, STRATEGIC FLEXIBILITY, AND PRODUCT INNOVATION. **Strategic Management Journal**, v. 31, n. November 2009, p. 547–561, 2010.