

RADICALIDADE DE INOVAÇÃO EM PRODUTOS E PERFORMANCE SUSTENTÁVEL NAS INDÚSTRIAS 4.0/SMART NO BRASIL

LAÍS FERNANDA DA SILVA JÚLIO
UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE

SELMA REGINA MARTINS OLIVEIRA

Introdução

A criação de valor tornou-se primordial para o sucesso dos negócios, seja por pressão interna ou externa, cabe as organizações inovar em estratégias para se manter vivas em um ambiente competitivo pautado em ações sustentáveis.

Problema de Pesquisa e Objetivo

Quais são os efeitos da radicalidade de inovação em produtos na performance sustentável e criação de valor para os negócios, sob agilidade e flexibilidade dos processos de manufatura sustentável das indústrias 4.0/Smart no Brasil, e como este resultado afeta a performance dos negócios nas perspectivas: Resultado do negócio, Satisfação do Cliente e Ambiental. O objetivo da pesquisa é avaliar os efeitos da radicalidade em inovação de produtos na performance sustentável e criação de valor para os negócios sob agilidade e flexibilidade dos processos de manufatura sustentável das indústrias 4.0/Smart.

Fundamentação Teórica

A competitividade está cada vez mais relacionada à adoção de uma gestão da inovação que inclua a sustentabilidade (KNEIPP et.al., 2019). Nesse sentido, vantagem competitiva sustentável passou a ser um conceito-chave na prática de estratégia e pesquisa (BAAIJ; GREEVEN; VAN DALEN, 2004). Nesse contexto, as inovações radicais possuem a aptidão de transformar o relacionamento entre os clientes, indústrias e desenvolver-se sustentavelmente (GOKTAN; MILES, 2011).

Metodologia

O presente trabalho foi sistematizado em duas fases: 1 – literatura, em que foram extraídas as variáveis (independentes, moderadoras e dependentes) do modelo conceitual; e 2 – de campo, uma vez que foram aplicados questionários a especialistas. A pesquisa utilizou como população as indústrias 4.0/Smart no Brasil, selecionadas a partir do ranking 2020 das empresas inovadoras no Brasil de revistas como Forbes e Fast Company. Os setores compreendidos foram de Cosméticos, Alimentício, Automotivo, Aviação, Farmacêutico, Eletroeletrônico, Vestuário, Papel e Celulose, Metalúrgico, etc.

Análise dos Resultados

A agilidade e flexibilidade têm efeitos substanciais na performance dos resultados e para criação de valor nos negócios. E sob o efeito moderado da agilidade e flexibilidade, a empresa consegue estrutura para transformar criações e obter um alcance maior em termos de resultados sustentáveis.

Conclusão

Os achados evidenciaram que: 1 - a criação de valor é dependente do equilíbrio entre o desempenho econômico, social e ambiental; e 2 – Quanto mais radical for a inovação em produtos, maior agilidade e flexibilidade são demandas nos processos; e maior será o impacto nos resultados dos negócios. Este estudo tem implicações práticas para os tomadores de decisão, evidenciando que os resultados econômicos são potencializados quando correlacionados com as questões sociais e ambientais.

Referências Bibliográficas

EYERS, D. R.; POTTER, A. T.; GOSLING, J.; NAIM, M. M. The flexibility of industrial additive manufacturing systems. *International Journal of Operations & Production Management*. v. 38, n. 12, pp. 2313-2343, 2018. HABRAKEN, M.; BONDAROUK, T. Smart Industry or Smart Bubbles? A Critical Analysis of Its Perceived Value. *Advanced Series in Management*. v. 23, n. 1, pp.1-20, 2019. 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,

Palavras Chave

Radicalidade de inovação em produtos, Performance sustentável, Indústria 4.0/Smart

Agradecimento a órgão de fomento

Agradecimento ao CNPQ (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) - Bolsa PIBIC.

RADICALIDADE DE INOVAÇÃO EM PRODUTOS E PERFORMANCE SUSTENTÁVEL NAS INDÚSTRIAS 4.0/SMART NO BRASIL

1. INTRODUÇÃO

Os padrões de produção e consumo mudaram substancialmente nas últimas décadas, gerando transformações na sociedade e no meio ambiente, criando demandas e condicionantes para as empresas, de modo que a competitividade está cada vez mais relacionada à adoção de uma gestão da inovação que inclua a sustentabilidade (KNEIPP et.al., 2019). Vantagem competitiva sustentável passou a ser um conceito-chave na prática de estratégia e pesquisa, não menos porque o resultado pretendido de vantagem competitiva sustentável é desempenho econômico superior persistente (BAAIJ; GREEVEN; VAN DALEN, 2004). Aliado a isto, as incertezas geradas pelas mudanças contínuas levaram as indústrias a obter características inovadoras como fontes imprescindíveis de sucesso (CAMISÓN; LÓPEZ, 2010; AZIZ; SAMAD, 2016). Isso faz considerar a urgência de visualizar valor no que a empresa constrói para atender a demanda e chegar à satisfação do cliente (STEINER, BRANDHOFF, 2020). Nesta perspectiva, Chaurasia et al (2020) ressaltam que a inovação é necessária para criar valor em um ambiente que os negócios não podem ser desenvolvidos apenas com olhar financeiro e econômico. Diversos benefícios podem ser considerados quando se refere a inovação radical em produtos. Heikkilä, Bouwman e Heikkilä (2017) afirmam que inovar sustenta as empresas para suportar pressão de mercado e obter vantagens significativas em termos de resultado global. E conforme evidencia Herrmann, Tomczak e Befurt (2006), inovações radicais em produtos é parte dos negócios e propõe atender ao cliente crítico que busca eficiência superior e menor custo; como também associa a criação de valor, experiência e bem estar (LEE, TRIMI, 2018). Além disso, a estratégia dos negócios a partir dos últimos 20 anos se moldou na sustentabilidade e dinamização dos setores produtivos (SEVERO; GUIMARÃES; DORION, 2017).

A partir deste movimento de inovação, as indústrias que fazem uso da flexibilidade e agilidade se destacam em produção e competitividade com combinações tecnológicas dinâmicas na perspectiva de fabricação ótima, além de redução de desperdício e otimização do trabalho em relação a produto e processo (RADZIOWON et al., 2014). No entanto a inovação radical em produtos ainda não é utilizada em todas as empresas, mas a gestão que contempla em seus processos a radicalidade de produto possui estratégia potencial diante da concorrência (OLIVEIRA, 2017). E na busca por soluções a desafios enfrentados, as indústrias líderes no mercado são envolvidas por características ágeis e flexíveis nos setores fabris (FELICE et al., 2018). Ser ágil envolve a capacidade para responder em curto tempo as demandas e concorrências proporcionando alto nível de qualidade com custos reduzidos (HELO, 2004). Ser flexível para Camisón e López (2010) e Narasimhan, Talluri e Das (2004), representa o poder de mudar segundo às necessidades do ambiente, reagir e readaptar com esforço reduzido a diferentes situações. Nesta perspectiva, Lin, Cheng e Wu (2020) afirmam ainda que os novos produtos de origem desta interação ganham espaço no mercado por apresentarem valores e experiências únicas aos clientes.

Sendo assim, o sucesso dos negócios deixa de representar apenas qualidade e quantidade. Helo (2004) resalta que a manufatura emergente deve estar apta a agregar valor, mudar em termos de mercado e tecnologia para prosperar diante de variações e incertezas; como também atribuir foco contínuo em priorizar o resultado de negócio. Neste espectro, a sustentabilidade das atividades e satisfação dos consumidores devem convergir (BRIX; PETERS, 2015). Nesta perspectiva, o presente trabalho tem por objetivo avaliar os efeitos da

radicalidade em inovação de produtos na performance sustentável e criação de valor para os negócios sob agilidade e flexibilidade dos processos de manufatura sustentável das indústrias 4.0/*Smart* no Brasil, e como este resultado afeta a *performance* sustentável. E tem como problema de pesquisa a seguinte questão: Quais são os efeitos da radicalidade de inovação em produtos na *performance* sustentável e criação de valor para os negócios, sob agilidade e flexibilidade dos processos de manufatura sustentável das indústrias 4.0/*Smart* no Brasil. Além disso, examina como este resultado afeta a *performance* dos negócios nas perspectivas: (i) Resultado do negócio, (ii) Satisfação do Cliente e (iii) Ambiental.

Algumas produções científicas como Lin, Cheng e Wu (2020), investigaram as interações organizacionais que acontecem nas empresas com introdução da inovação radical em produtos. Já os estudos de Brix e Peters (2015), por sua vez buscaram examinar os valores do processo de radicalidade e como as medidas anteriores das empresas podem determinar o sucesso e fracasso dos negócios. Investigações acerca da flexibilidade e agilidade foram abordadas por Irfan *et al* (2019), que discutiram a influência de integração de processos, a flexibilidade e agilidade na cadeia de suplementos e o efeito na *performance* do negócio. Oliveira (2017) verificou nas firmas da Europa o efeito da radicalidade de inovação em produtos na flexibilidade e agilidade dos sistemas de manufatura e examinou o efeito nos resultados do negócio. Já Shukor *et al* (2020) abordaram a relação entre agilidade e a flexibilidade organizacional como também o impacto da incerteza ambiental. No entanto, o objeto de investigação da presente pesquisa não foi abordado dentre os estudos analisados. Desta forma o estudo parte de um *gap* na literatura. A presente pesquisa é um dos poucos estudos a examinar o efeito na inovação radical em produtos na *performance* sustentável e criação de valor sob agilidade e flexibilidade. Espera-se aqui contribuir tanto para o estado da arte como para o estado da prática para tomadores de decisão em escolher as aplicações de recursos com vistas à alcançar retornos melhores e gestão eficaz, como orientações a respeito da flexibilidade e agilidade em um ambiente de inovação radical em produtos em busca da criação de valor e negócios sustentáveis que é um desafio para o desenvolvimento. Esta pesquisa está estruturada da seguinte forma: na próxima seção será apresentada a revisão da literatura e conceitos pertinentes. As seções posteriores englobam Framework Conceitual e Hipótese do Estudo, Metodologia, Resultados, Conclusões e Recomendações.

2. BACKGROUND TEÓRICO

2.1 Inovação Radical de Produtos, Agilidade e Flexibilidade

Atualmente as inovações têm moldado o ritmo dos mercados e são consideradas primordiais para o sucesso dos negócios (LIN; CHENG; WU, 2020). Isso está relacionado à necessidade de otimização de recursos produtivos que determinam o sucesso e fracasso (BRIX; PETERS, 2015), a qualidade dos produtos e criação de valor (LEE; TRIMI, 2018); como também a visão global da *performance* e especificações que mudam constantemente (AZIZ; SAMAD, 2016). Na visão de Oke, Burke e Myers (2007), a inovação radical em produtos com a evolução do conhecimento como força motriz que impulsiona as organizações e alcança valor com diferencial, por meio de inovações. As inovações radicais possuem a aptidão de transformar o relacionamento entre os clientes, indústrias e desenvolver-se sustentavelmente (GOKTAN; MILES, 2011). Isso faz considerar que as revoluções ocorridas na manufatura ao longo dos anos; e principalmente a partir do século XXI, voltam-se à ações sustentáveis como habilidades estratégicas para criar valor e ganhar o mercado (SEVERO; GUIMARÃES; DORION, 2017). Diversos estudos da literatura mencionam a inovação radical de produtos como o desenvolvimento de algo completamente diferente dos produtos existentes que compreende a união de tecnologias e conhecimentos com objetivo de atender a demanda crítica e ao mercado altamente pautado em propósitos sustentáveis (HERRMANN; TOMCZAK;

BEFURT, 2006; LIN; CHENG; WU, 2020). No entanto, Lin, Cheng e Wu (2020) observaram que nem sempre as empresas possuem a inovação radical em produtos, devido a obstáculos em seus processos de aplicação e diante da necessidade contínua de pesquisa e desenvolvimento. Além disso, o potencial tecnológico precisa ser alto, uma vez que auxilia o crescimento de forma dedicada com sistemas ágeis e flexíveis (HERRMANN; TOMCZAK; BEFURT, 2006). Além disso, a introdução de um produto completamente diferenciado é acompanhada de riscos e incertezas trazendo instabilidade ao ambiente empresarial (GOKTAN; MILES, 2011).

Zhang e Sharifi (2000) referenciam que quanto maior a inovação do mercado, maior também será a necessidade de se tornar ágil e flexível para a empresa prosperar em um ambiente que exige pensamento integrado. Nesse sentido, destaca-se a indústria 4.0/*smart*, pois é envolvida pela tecnologia nos processos produtivos e desenvolve fabricação avançada com estruturas altamente ágeis, flexíveis e sintonizadas, faz uso de sistemas conectados e controlados por computadores para otimização dos processos (FELICE, PETRILLO, ZOMPARELLI, 2018). Diante disso, observa-se na literatura a flexibilidade como à capacidade de adaptação e reação a mudança em menor tempo possível, menor custo e a partir do menor esforço (NARASIMHAN, TALLURI, DAS, 2004). Como tal, os estudos de Cheng, Simmons e Ritchie (1997), Abdelilah, Kerchi e Bolambo (2018) e Eysers et al (2018), ressalta que a característica de ser flexível implica na possibilidade de se adequar às incertezas que envolve completamente todos os processos necessários à finalização do produto. Já o termo agilidade para Yusuf, Sarhadi e Gunasekaran (1999) e Swafford, Ghosh e Murthy (2006), está associado à capacidade da organização em responder à demanda e mudanças do mercado, e ainda, segundo a visão dos autores, ser ágil se refere tanto no sentido de colocar produtos quanto de retirá-los se preciso for, além disso essa característica compreende a flexibilidade. A criação de valor de fato molda a realidade das organizações. Assim, conforme afirmam Habraken e Bondarouk (2019), é relevante o uso de forma inteira da cadeia de produção para criar valor ao produto e aos clientes, é necessário contar com estruturas altamente ágeis, flexíveis e sintonizadas. Essas características são capazes de promover a resolução de problemas de fabricação enfrentados pelas manufaturas atuais, como também aprimorar questões relacionadas à reciclagem de produtos, com potencial de prever a demanda e responder a dinâmica do mercado, além de possuir como característica, benefícios sustentáveis (RADZIOWON et. al., 2014). A seção seguinte apresenta o framework conceitual.

3. FRAMEWORK CONCEITUAL E HIPÓTESE DO ESTUDO

Nesta seção são apresentados o modelo conceitual da pesquisa e a hipótese do estudo (Figura 1).

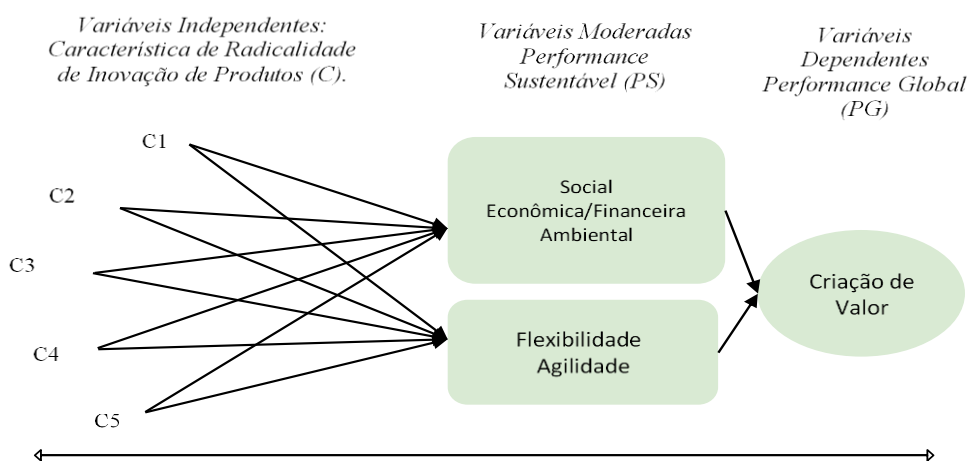


Figura 1: Framework conceitual

A Figura 1 propõe a estrutura do modelo conceitual e apresenta as variáveis independentes, moderadas e dependentes e a atuação que será tratada a seguir neste estudo. Com base no modelo conceitual foi construída a hipótese:

- *Variáveis Independentes*: As variáveis independentes utilizadas são as Características da Inovação Radical em Produtos. Estas foram selecionadas a partir da Literatura especializada, e foram nomeadas por siglas para facilitar a compreensão em gráficos e tabelas.
- *Variáveis Moderadoras*: As variáveis moderadas consideradas são: A *performance* sustentável (Perspectivas Satisfação do Cliente (Social), Econômica e Financeira, e Ambiental), a Agilidade e Flexibilidade.
- *Variáveis Dependentes*: Considerada como variável dependente a *performance* global e criação de valor nos negócios.
- *Hipótese 1*: A hipótese estabelecida é que a radicalidade das inovações em produtos afeta a agilidade e flexibilidade em processos de manufatura; e terá efeito em maior ou menor grau na performance dos negócios e criação de valor nas indústrias 4.0/*Smart* no Brasil.

3.2 Metodologia

O presente trabalho foi sistematizado em duas fases: 1 – literatura, em que foram extraídas as variáveis (independentes, moderadoras e dependentes) do modelo conceitual; e 2 – de campo, uma vez que foram aplicados questionários a especialistas. A pesquisa utilizou como população as indústrias 4.0/*Smart* no Brasil, selecionadas a partir do *ranking* 2020 das empresas inovadoras no Brasil de revistas como *Forbes* e *Fast Company*. Os setores compreendidos foram de Cosméticos, Alimentício, Automotivo, Aviação, Farmacêutico, Eletroeletrônico, Vestuário, Papel e Celulose, Metalúrgico, Químico, Petroquímico, Construção Civil, Siderurgia, Automação, Embalagens, Energia, Materiais e Processos Tecnologia. A pesquisa envolveu 300 especialistas que foram selecionados de forma criteriosa por meio do site oficial da empresa e rede profissional *Linkedin*. O instrumento para coleta de dados deste estudo foi uma matriz de julgamento. A identificação das características de inovação radical que compõe a matriz de julgamento está fundamentada principalmente na literatura especializada. Foram levantados 270 artigos da literatura especializada. Deste total, 27 foram utilizados para citações e aprofundamento no tema. As principais fontes utilizadas para pesquisa da literatura foram as bases *Science Direct* e *Emerald*. Para responder a matriz, foram identificados os especialistas com experiência sobre o objeto de investigação, por exemplo, gestores em áreas de produção e inovação, tecnologia *P&D* de negócios, gestores de produção e *P&D*, gestores de excelência em manufatura, entre outros especialistas diretamente envolvidos nos processos industriais das empresas objeto de investigação. Foi realizado um mapeamento geral dos especialistas a fim de garantir consistência. O questionário possuía formato escalar e foi enviado através de uma matriz de julgamento do *Google Forms*; em que a opinião dos especialistas foi emitida (variando de 1 - menor o grau de importância à 5 - maior grau de importância). Antes do envio do questionário aos especialistas, foram realizados pré-testes com a finalidade de eliminar inconsistências. O questionário foi estruturado conforme às seguintes seções: a seção I – abordou dados referentes de contatos dos especialistas e informações gerais; a seção II – evidenciou os conceitos básicos sobre inovação radical em produtos, agilidade e flexibilidade; a seção III - envolveu questões relacionadas às inovações existentes na empresa; a seção IV - tratou sobre características de inovação radical em produtos nas empresas objeto de investigação; a seção V – tratou de informações sobre agilidade em sistemas de produção; a seção VI – tratou de informações sobre flexibilidade em sistemas de produção; a seção VII - avaliou os efeitos da inovação radical de produtos na *performance* dos resultados do Negócio nas perspectivas Satisfação do cliente (Social), econômica e financeira

e ambiental. A pesquisa envolveu 300 especialistas e foi realizada durante o mês de janeiro, fevereiro e março de 2021. O questionário foi reenviado duas vezes aos especialistas que não ofereceram nenhum tipo de feedback. Dentre 300 questionários enviados, 60 retornaram respondidos. A seguir são apresentados os resultados e as análises subjacentes.

4. RESULTADOS E ANÁLISES SUBJACENTES

Nesta seção são apresentados os resultados e análises subjacentes referentes à pesquisa, conforme os critérios definidos na seção de procedimentos metodológicos. Desta forma, os resultados foram analisados de acordo com as fases a seguir: *Fase 1*: Análise das informações sobre as inovações nas empresas objeto de estudo. *Fase 2*: Identificação e avaliação das características da radicalidade de inovação de produtos. *Fase 3*: Identificação dos tipos de agilidade e flexibilidade nas empresas. *Fase 4*: Avaliação global da *performance* dos resultados. Detalham-se a seguir esses procedimentos.

Fase 1: Análise das informações sobre as inovações na empresa objeto de estudo.

Nesta fase estão apresentadas as informações sobre as inovações nas empresas objeto de estudo. Esta fase foi realizada a partir dos dados obtidos no questionário a partir do julgamento dos especialistas referente às empresas em que atuam ou atuaram. De uma forma geral, os resultados indicaram que 76,7% dos especialistas atuam ou atuaram em empresas que possuem inovação radical de produtos. Os respondentes afirmaram que 51,7% das inovações radicais ocorrem com frequência nos setores de produção. Esse resultado obtido é observado por Heikkilä, Bouwman e Heikkilä (2017), que ressaltam que a radicalidade de inovações são promissoras e elevam o desempenho em termos de lucros e mercado. Neste sentido, as empresas são orientadas por esta categoria de inovações. Quando questionados acerca do grau de incerteza, 53,7% dos especialistas apontaram como frequente as incertezas nos setores produtivos da empresa em que atuam ou atuaram. Essa característica é associada à instabilidade provocada no mercado por mudanças contínuas. Conforme estudo de Goktan e Miles (2011), as incertezas levam à necessidade de conhecimento e pesquisas nos setores empresariais continuamente. E ainda, os resultados desta fase revelaram que inovações radicais em produtos criados nas empresas estão relacionadas à nova *performance* que proporcionam à experiência diferenciada ao consumidor, com variações em formatos e aplicações, evidenciando a *performance* ótima nos resultados finais e na experiência dos usuários.

Fase 2: Identificação das características da radicalidade de inovação de produtos.

Nesta fase são identificadas (literatura) e confirmadas as características da inovação radical de produtos junto a especialistas, com conhecimento e experiência sobre o objeto desta pesquisa. A identificação das características da inovação radical nas empresas está fundamentada principalmente à luz da literatura internacional. Foram levantados 270 artigos. As principais fontes utilizadas para pesquisa da literatura foram *Science Direct* e *Emerald*. Do total de artigos levantados, os mais próximos ao tema foram selecionados para citações, análise e definições. Em síntese, após a seleção na literatura, as características foram confirmadas pelos especialistas através de uma matriz de julgamento em formato escalar conforme os procedimentos metodológicos definidos. A seguir são apresentadas as características identificadas e confirmadas pelos especialistas.

- Característica de potencialidades de produtos com nova *performance* para a empresa e o mercado (C1);
- Característica de potencialidades para novas funções da empresa/indústria, gestão complexa (C2);
- Característica grau de incerteza (C3);
- Característica de potencialidades de criação de descontinuidade no mercado, em

tecnologia e organização (C4);

- Característica de potencialidades de novos conjuntos de engenharia e princípios científicos que abrem novas aplicações e novos segmentos de mercados (C5);

Fase 3: Identificação dos tipos de agilidade e flexibilidade nas empresas.

Nesta fase são apresentados os tipos de agilidade e flexibilidade identificados e predominantes nos sistemas de manufatura, conforme o julgamento dos especialistas, em relação às empresas que atuam ou atuaram. Os resultados foram obtidos através de uma matriz de julgamento detalhada conforme metodologia da pesquisa. As descobertas revelam que os principais tipos de agilidade predominantes nos sistemas de manufatura são agilidade de processos e agilidade estratégica. A literatura (Yusuff, Sarhadi, Gunasekaran, 1999) mostra que a agilidade impulsiona a competitividade. Isso se deve ao fato de que a redução de tempo nos setores de produção permite um alinhamento dos negócios e reduz custo e tempo de entrega. Assim também a agilidade estratégica é caracterizada por Zhang e Sharifi (2014) como primordial; e é uma prioridade nos sistemas devido às incertezas e mudanças contínuas relacionadas à eficiência e visão global dos sistemas de manufatura. Isso significa que o investimento em sistemas ágeis está diretamente associado ao maior retorno. Já acerca da flexibilidade, os especialistas afirmam que prevalecem flexibilidade de processos, flexibilidade de produção, flexibilidade de produtos, flexibilidade de operações, flexibilidade de máquinas e flexibilidade de trabalho. Esse resultado deve-se ao fato que a flexibilidade torna os sistemas eficientes, uma vez que atende prontamente as determinações da demanda. Narasimhan, Talluri e Das (2004) apontam que a flexibilidade reduz tempo, custos, aumento da lucratividade e ganho de mercado. Isso ocorre porque os sistemas conseguem atingir uma produção ótima. Abdelilah, Korchi e Balambo (2018) consideram ainda que interação entre agilidade e flexibilidade promovem vários níveis produtivos, alta qualidade e com combinação proativa, uma vez que retém mercado diante da acirrada competição. Com isso, percebe-se que as empresas devem investir mais nesses tipos de flexibilidade para proporcionar maior retorno e olhar atento ao sistema bem configurado de manufatura.

Fase 4: Avaliação da *performance* dos resultados

Nesta fase são apresentados os resultados da avaliação da *performance* global. Esta fase está sistematizada conforme as seguintes etapas: *Etapa 1*: Avaliação dos efeitos da inovação radical na *performance* da sustentabilidade. *Etapa 2*: Avaliação dos efeitos da agilidade e flexibilidade na *performance* global. *Etapa 3*: Avaliação da agilidade e flexibilidade na *performance* global dos resultados na perspectiva de criação de valor para o negócio.

Etapa 1: Avaliação dos efeitos da Inovação radical na *performance* da sustentabilidade.

Nesta etapa são apresentados os resultados da avaliação do efeito da inovação radical na *performance* da sustentabilidade, conforme às seguintes perspectivas: satisfação do cliente, ambiental, econômica/financeira. Os resultados obtidos são apresentados na Figura 2.

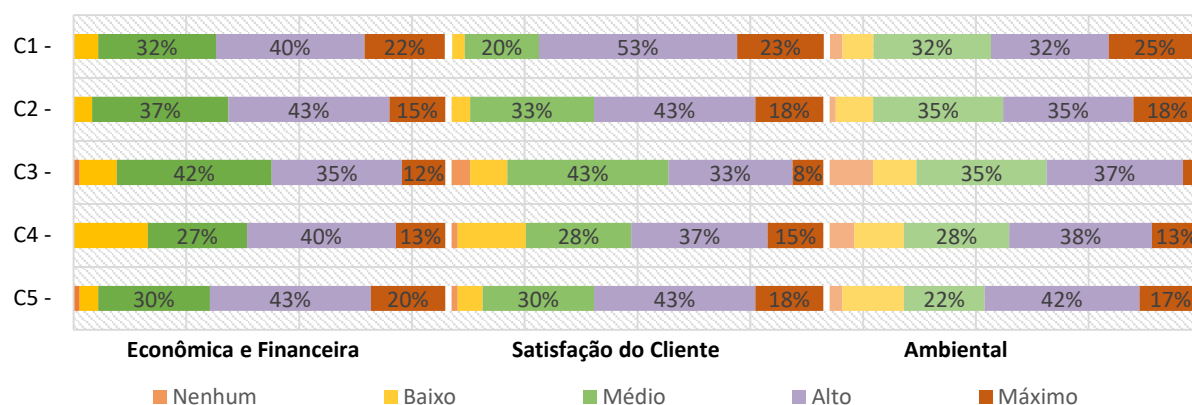


Figura 2: Efeitos da Inovação Radical na *Performance* da Sustentabilidade: Perspectivas Econômica e Financeira, Satisfação do Cliente e Ambiental.

As descobertas revelaram que as características de inovação radical apresentam relevância substancial para a *performance* sustentável (Figura 2). Ao analisar a perspectiva econômica e financeira, os especialistas consideram que há um elevado efeito. As características com maior destaque são a C1 (62%) e C5 (63%), o que indica que a radicalidade de inovações em produtos são fundamentais para promover a *performance* econômica e financeira. Estes resultados são referenciados na literatura conforme estudos de Heikkilä, Bouwman e Heikkilä (2017), que afirmam que a radicalidade de inovação é capaz de proporcionar lucratividade por tempo prolongado atuando diretamente nos aspectos econômicos e financeiros da organização.

Já na perspectiva satisfação do cliente os resultados apontam impacto predominantemente elevado. As características que recebem maior destaque são C1 (76%), C2 (61%) e C5 (61%), o que revela que a inovação radical em produtos afeta aspectos sociais principalmente relacionados a novas *performances* e funcionalidades; e está diretamente associado a satisfação dos clientes. A literatura mostra que clientes são rígidos em termos de valores criados pela empresa e não se satisfaz apenas com qualidade de produtos. Portanto, a satisfação do cliente relaciona-se a atuação da organização em ambiente interno e externo. Em concordância aos resultados apresentados no estudo de Herrmann, Tomczak e Befurt (2006), em que os autores evidenciaram que a inovação de produtos desperta no cliente nova experiência e valor diferenciado, estes produtos atendem de forma melhor as necessidades em termos de custos e eficiência.

Na perspectiva ambiental os resultados evidenciaram grau predominantemente elevado, com destaque para às características C1 (57%) e C5 (59%). Assim, aspectos ambientais são impactados de maneira substancial, com predominância de grau médio e alto. Este resultado está alinhado com a literatura, uma vez que Bakovic, Lazibat e Sutic (2013) afirmam que inovação radical em produtos cria valor ao negócio e exerce influência significativa devido ao alcance elevado de eficiência e eficácia superior na otimização de recursos. A característica C3 apresentou resultado predominantemente médio em todas perspectivas, indicando que o grau de incerteza, embora menor, também possui efeito moderadamente factível.

Assim, o conhecimento presente nas empresas, pesquisas, ensino continuado aos funcionários, comunicação ágeis são destacados como investimentos necessários nos setores produtivos. Os resultados indicam que inovação radical em produtos tem forte orientação a resultados positivos para aspectos econômicos/financeiros, satisfação do cliente e ambientais, o que evidencia conformidade com o esperado pela pesquisa.

Etapa 2: Avaliação das características da Inovação Radical para flexibilidade e agilidade.

Nesta etapa são avaliados os efeitos das características da Inovação Radical para flexibilidade e agilidade e estão apresentados conforme a Figura 3.

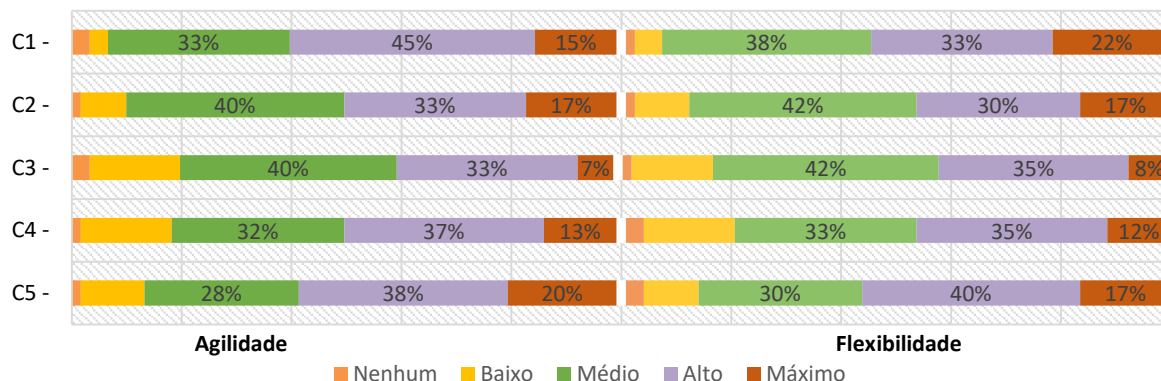


Figura 3: Efeitos das Características de Inovação Radical para a Agilidade e Flexibilidade.

Os resultados obtidos sugerem que as características C1, C2, C3, C4 e C5 apresentam um efeito moderadamente forte para a agilidade e flexibilidade do sistema de manufatura dos negócios em contexto de inovação radical. Estas evidências afirmam que na presença de inovação radical é necessário investir em sistemas ágeis e flexíveis para desenvolver novos produtos buscando a performance ótima dos resultados. Uma análise individual considera a *performance* de grau elevado predominantemente alta com destaque a característica C1 (60%) de efeito para agilidade e de (55%) de efeito para flexibilidade, destaca-se também a característica C5 com efeito de (58%) para agilidade e de (57%) para flexibilidade. De forma geral os resultados são equilibrados e com grau de efeitos elevados. A literatura alinha-se a este resultado, pois mostra a relevância de agilidade e flexibilidade ao desenvolver produtos inovadores. Evidências neste sentido foram encontradas em estudos de Oliveira (2017), que afirma um impacto substancial da inovação de produtos na flexibilidade e agilidade inseridas no sistema produtivo e apontadas como capazes de gerar elementos estratégicos para a inovação radical. A inovação radical nasce em sistemas com aspectos ágeis e flexíveis que são suportes e agentes impulsionadores, como também o investimento em tecnologias disruptivas conseguem derrubar fronteiras na criação de novos produtos. A luz da literatura Vázquez-Bustelo, Avella e Fernandez (2007), observaram em seus estudos que práticas de manufatura ágeis são promissoras a desenvolver resultados positivos em ambientes incertos e turbulentos sempre com vistas a considerar de forma integrada os modelos produtivos com maior alcance, eficácia e eficiência.

Etapa 3: Avaliação da Agilidade e Flexibilidade na performance global dos resultados na perspectiva de criação de valor para o negócio.

Nesta etapa será apresentada a avaliação e análise da agilidade e flexibilidade na performance global dos resultados na perspectiva de criação de valor para o negócio. Nesta perspectiva, esta etapa foi elaborada mediante consulta aos especialistas, em que os dados foram obtidos por meio do questionário do tipo escalar que avaliou a agilidade e flexibilidade na *performance* global dos resultados conforme referenciado nos procedimentos metodológicos, e posteriormente foram organizados em planilhas e apresentados em tabelas para melhor compreensão. Os resultados da avaliação da agilidade e flexibilidade na *performance* global dos resultados orientados à criação de valor são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Avaliação da Agilidade e Flexibilidade na perspectiva de Criação de Valor

Tabela 1: Avaliação da Agilidade e Flexibilidade na performance global dos resultados na perspectiva de criação de valor		
Item	Grau	%
Efeito da radicalidade de Inovação em produtos na Performance Global dos resultados (criação de valor) sob o efeito moderado da Agilidade	1	5,1%
	2	11,9%
	3	16,9%
	4	37,3%
	5	28,8%
Efeito da radicalidade de Inovação em produtos na Performance Global dos resultados (criação de valor) sob o efeito moderado da Flexibilidade	1	3,4%
	2	12,1%
	3	17,2%
	4	39,7%
	5	27,6%
Efeito Global da Agilidade na performance global dos resultados (criação de valor)	1	0,0%
	2	3,4%
	3	10,2%
	4	42,4%
	5	44,1%
Efeito Global da Flexibilidade na performance global dos resultados (criação de valor)	1	0,0%
	2	5,1%
	3	16,9%
	4	40,7%
	5	37,3%
Interação entre Agilidade, Flexibilidade, Inovação Radical de produtos e performance sustentável nos negócios (Criação de valor)	1	0,0%
	2	3,3%
	3	15,0%
	4	38,3%
	5	43,3%

As descobertas revelaram que o efeito global da agilidade e flexibilidade nos resultados contribui substancialmente para a criação de valor dos negócios. Isto é explicado, uma vez que os sistemas ágeis e flexíveis são capazes de oferecer rápidas respostas e evitar acidentes, conter desperdícios, aprimorar projetos e identificar possibilidades responsáveis e criativas com alcance elevado em pouco tempo. A literatura evidencia que flexibilidade está primordialmente na origem da otimização de recursos utilizados para produzir e também ganho de tempo e espaço nos setores fabris, lucros e potencial de concorrência (NARASIMHAN; TALLURI; DAS, 2004). Ao considerar uma análise individual, foi possível verificar o efeito de forte relevância a extrema relevância de radicalidade de inovação em produtos na *performance* global dos resultados na perspectiva de criação de valor sob o efeito moderado da Agilidade (66,1%). Os resultados também evidenciaram um impacto substancial quando observada sob o efeito moderado de flexibilidade (67,3%). Além disso, os resultados sinalizam que o efeito da agilidade na *performance* global dos resultados na perspectiva de criação de valor possui efeito bastante influente (86,5%). Na mesma linha, a flexibilidade aponta ter um efeito de alta relevância na *performance* global dos resultados na perspectiva de criação de valor (78%). Ao analisar a interação entre agilidade, flexibilidade e inovação radical de produtos e *performance* sustentável nos negócios na perspectiva de criação de valor as descobertas evidenciaram um efeito de muito relevante a extremamente relevante (81,6%). De fato, criar valor requer sistemas integrados e planejamento que envolva a cadeia produtiva e promova benefícios de forma

global.

Ao analisar os resultados em uma visão holística, é possível afirmar que agilidade e flexibilidade têm efeitos substanciais na *performance* dos resultados das empresas e contribui para criação de valor nos negócios. E sob o efeito moderado da agilidade e flexibilidade, a empresa consegue estrutura para transformar criações e obter um alcance maior em termos de resultados sustentáveis. Em estudo realizado por Nath e Agrawal (2020), os autores mostraram uma forte relação entre a agilidade das firmas e gestão enxuta que orientam de forma direta ou indiretamente práticas sustentáveis. Já Swafford, Ghosh e Murthy (2006), conseguiram identificar que a agilidade influencia na flexibilidade e impacta diretamente no desempenho dos negócios. Portanto, outro aspecto identificado nos resultados obtidos, foi a associação entre agilidade, flexibilidade, inovação de produtos e *performance* sustentável, que apresentou resultado de elevada importância para extremamente importante, ou seja, a pesquisa revelou que é fundamental manter um equilíbrio entre agilidade, flexibilidade, inovação radical de produtos para alcançar a *performance* sustentável e permitir a criação de valor dos negócios.

5. CONCLUSÕES

Esta pesquisa teve por objetivo avaliar os efeitos da radicalidade de inovação em produtos na *performance* sustentável e criação de valor para os negócios sob agilidade e flexibilidade dos processos de manufatura sustentável das indústrias 4.0/*Smart* no Brasil, e como este resultado afeta a *performance* sustentável. A hipótese testada é que a radicalidade das inovações em produtos afeta a agilidade e flexibilidade dos processos de manufatura; e têm efeito em maior ou menor grau na *performance* dos negócios e criação de valor nas indústrias 4.0/*Smart* no Brasil. Portanto, com os resultados obtidos neste estudo verificou-se que a hipótese testada é verdadeira.

A partir dos resultados obtidos é possível concluir que a radicalidade de inovações em produtos tem efeito elevado sob agilidade e flexibilidade com forte orientação a resultados positivos para *performance* global e criação de valor influenciando positivamente o resultado dos negócios e a satisfação do cliente. Revelou que inovações radicais em produtos proporcionam a experiência diferenciada aos clientes em formatos e aplicações dando as empresas potencial de mercado. Assim os gestores devem priorizar sistemas ágeis e flexíveis para a *performance* sustentável e *performance* global. Sugere-se ainda que as empresas concentrem esforços no conhecimento, em pesquisas, e ensino continuado aos funcionários como investimentos necessários nos setores produtivos devido as mudanças contínuas.

Esta pesquisa tem implicações para a prática da gestão, uma vez que oferece um suporte às decisões orientadas à inovação. A criação de valor é um ingrediente alcançado a partir das inovações radicais em um ambiente ágil e flexível. Os achados evidenciam que inovação de alta *performance* deve considerar um equilíbrio entre lucratividade, sociedade e meio ambiente. Assim, os gestores devem concentrar seus esforços, sinalizando por iniciativas sustentáveis paralelamente aos ganhos econômicos. Neste sentido, os resultados desta investigação conduziram à identificação de elementos importantes para o desenvolvimento desta área do conhecimento, com uma contribuição significativa para os avanços no estado da prática. Além disso, esta pesquisa também contribui para a literatura, uma vez que este tema foi pouco explorado na literatura. O estudo limita-se às indústrias no Brasil, e desta forma, recomenda-se a aplicação em outros países, com a finalidade de comparação dos resultados. Também, as nossas análises realizadas nesta pesquisa não separaram as indústrias por tamanho e setor, o que pode ser desenvolvido em outros estudos. Finalmente, recomenda-se que estudos futuros possam ampliar o escopo da amostra, assim como o tratamento dos dados utilizando métodos estatísticos como por exemplo, análise de correlação de *Spearman* para verificar a associação entre as variáveis.

REFERÊNCIAS:

- ABDELILAH, B.; KERCHI, A. E.; BOLAMBO, M. A. Flexibility and agility: evolution and relationship. **Journal of Manufacturing Technology Management**. v. 27, n. 7, pp. 1138-1162, 2018.
- AZIZ, N. N. A.; SAMAD, S. Innovation and Competitive Advantage: Moderating Effects of Firm Age in Foods Manufacturing SMEs in Malaysia. **Procedia Economics and Finance**. v. 35, n. xx, pp. 256 – 266, 2016.
- BAAIJ, M.; GREEVEN, M.; VAN DALEN, J. Persistent Superior Economic Performance, Sustainable Competitive Advantage, and Schumpeterian Innovation: Leading Established Computer Firms, 1954–2000. **European Management Journal**. v. 22, n. 5, pp. 517-531, 2004.
- BAKOVIC, T.; LAZIBAT, T.; SUTIC, I. Radical innovation culture in Croatian manufacturing industry. **Journal of Enterprising Communities: People and Places in the Global Economy**. v.7, n.xx, 1, pp. 74-80, 2013.
- BRIX, J.; PETERS, L. S. The performance-improving benefits of a radical innovation Initiative. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 64, n. 3, pp. 356-376, 2015.
- CAMISÓN, C.; LÓPEZ, A. V. An examination of the relationship between manufacturing flexibility and firm performance. **International Journal of Operations & Production Management**. v. 30, n. 8, pp. 853-878. 2010.
- CHAUURASIA, S. S.; KAUL, N.; YADAV, B.; SHUKLA, D. Open innovation for sustainability through creating shared value-role of knowledge management system, openness and organizational structure. **Journal of Knowledge Management**. v. 24, n. 10, pp. xx-xx, 2020.
- CHENG, J. M. J.; SIMMONS, J. E. L.; RITCHIE, J. M. Manufacturing system flexibility: the “capability and capacity” approach. **Integrated Manufacturing Systems**. v. 8, n. 3 pp. 147 – 158. 1997.
- EYERS, D. R.; POTTER, A. T.; GOSLING, J.; NAIM, M. M. The flexibility of industrial additive manufacturing systems. **International Journal of Operations & Production Management**. v. 38, n. 12, pp. 2313-2343, 2018.
- FELICE, F.; PETRILLO, A.; ZOMPARELLI, F. A Bibliometric Multicriteria Model on Smart Manufacturing from 2011 to 2018. **IFAC PapersOnLine**. v. 51, n. 11, pp. 1643–1648, 2018.
- GOKTAN, A. B.; MILES, G. Innovation speed and radicalness: are they inversely related? **Management Decision**. v. 49, n. 4 pp. 533 – 547. 2011.
- HABRAKEN, M.; BONDAROUK, T. Smart Industry or Smart Bubbles? A Critical Analysis of Its Perceived Value. **Advanced Series in Management**. v. 23, n. 1, pp.1-20, 2019.
- HELO, P. Managing agility and productivity in the electronics industry. **Industrial Management & Data Systems**. V. 104, n. 7, pp. 567–577, 2004.
- HEIKKILA, M.; BOUWMAN, H.; HEIKKILA, J. From strategic goals to business model innovation paths: an exploratory study. **Journal of Small Business and Enterprise Development**. v.25, n.1, pp 1462-6004, 2017.
- HERRMANN, A.; TOMCZAK, T.; BEFURT, R. Determinants of radical product innovations. **European Journal of Innovation Management**. v. 9, n. 1, pp. 20-43, 2006.

KNEIPP, J.M., GOMES, C.M., BICHUETI, R.S., FRIZZO, K. e PERLIN, A.P. Sustainable innovation practices and their relationship with the performance of industrial companies, **Revista de Gestão**, v. 26 n. 2, pp. 94-111, 2019.

LEE, S. M.; TRIMI, S. Innovation for creating a smart future. **Journal of innovation & Knowledge**. V.3, n. 1, pp. 1-8, 2018.

LIN, C. W.; CHENG, L. K.; WU, L. Y. Roles of strategic orientations in radical product innovation. **Marketing Intelligence & Planning**. v. xx, n. xx, pp. 1-15, 2020.

NARASIMHAN, R; TALLURI, S; DAS, A. Exploring flexibility and execution competencies of manufacturing firms. **Journal of Operations Management**. V. 22, n. pp. 91–106, 2004.

NATH, V.; AGRAWAL, R. Agility and lean practices as antecedents of supply chain social sustainability. **International Journal of Operations & Production Management**. v.xx, n. xx, pp. xx-xx, June 2020.

OKE, A.; BURKE, G.; MYERS, A. Innovation types and performance in growing UK SMEs. **International Journal of Operations & Production Management**. v. 27, n. 7, pp. 735-753, 2007.

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. xx, pp. 1324 – 1334, 2017.

RADZIWON, A.; BILBERG, A.; BORGES, M.; MADSEN, E. S. The Smart Factory: Exploring Adaptive and Flexible Manufacturing Solutions. **Procedia Engineering**. v. 69, n. xx, pp. 1184 – 1190, 2014.

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. 1, p. 87–97, 2017.

STEINER, B.; BRANDHOFF, M. An analysis of configurations of relationship quality dimensions to explain sources of behavioral outcomes in globalized manufacturing. **European Journal of Marketing**. v. xx, n. xx, pp. xx-xx, 2020.

SWAFFORD, P. M.; GHOSH, S.; MURTHY, N. N. A framework for assessing value chain agility. **International Journal of Operations & Production Management**. v. 26, n. 2, pp. 118 - 140, 2006.

VÁZQUEZ-BUSTELO, D.; AVELLA, L.; FERNÁNDEZ, E. Agility drivers, enablers and outcomes. **International Journal of Operations & Production Management**. v. 27 n. 12, pp. 1303-1332, 2007.

YUSUFL, Y. Y.; SARHADI, M.; GUNASEKARAN, A. Agile manufacturing: The drivers, concepts and attributes. **Int. J. Production Economics**. V. 62, n. 1-2, pp. 33-43, 1999.

ZHANG, Z.; SHARIFI, H. A methodology for achieving agility in manufacturing organizations. **International Journal of Operations & Production Management**. v. 20, n. 4, pp. 496-512. 2000.

Agradecimento ao CNPQ (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela bolsa recebida - PIBIC.