

## 1. Introdução

O mercado competitivo é considerado atualmente, como um obstáculo para muitas empresas. Nesta perspectiva as empresas buscam se destacar por meio da radicalidade de inovação de produtos (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). Contudo, a implementação da radicalidade de inovação é repleta de incertezas e riscos (Keizer; Halman, 2007). Apesar dos seus pontos negativos, o presente estudo mostrou que quando a sua implementação é bem sucedida, os resultados são altamente eficazes. Tendo em vista a competitividade do mercado, as organizações precisam, muitas vezes, ajustar suas estratégias com agilidade. Desta forma, Ravichandran (2018) descreve a agilidade como uma junção de características como velocidade, flexibilidade, proatividade em inovação, qualidade e lucratividade. Segundo Oke (2005), a flexibilidade é outra dimensão de suma importância para ambientes marcados pela incerteza e competição, em razão de alterar rapidamente seus níveis de produção. Bem como, obter respostas rápidas as abruptas mudanças de mercado (Brecher; Özdemir, 2017). Para enfrentar os desafios apresentados, as empresas necessitam cada vez mais da agilidade e flexibilidade em seus processos de produção. Tais como, a obtenção novos métodos de integração nos processos de manufatura que auxiliem na integração de seus sistemas, com rapidez de resposta ao mercado e flexibilidade de produção (Chenhall, 1996). Nesta perspectiva, esta pesquisa tem como objetivo avaliar os efeitos da agilidade e flexibilidade em sistemas de manufaturas na performance dos resultados sustentáveis em um contexto de radicalidade de inovação em produtos. Para isto, um survey foi aplicado com especialistas de empresas de diferentes setores no Brasil. Alguns estudos abordaram 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 Suply 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 de agilidade e flexibilidade, e comprovou influência da inovação radical em ambas dimensões. No entanto poucos estudos desenvolveram abordagens semelhantes, porém nenhum relacionando a agilidade, flexibilidade nos sistemas de manufatura sustentável num contexto de radicalidade de inovação de produtos. Neste sentido, esta pesquisa ganha ênfase, em virtude da importância do tema de pesquisa no atual cenário mundial. Garetti e Taisch (2012) consideram a manufatura sustentável como uma das principais contribuintes da sustentabilidade, ao evidenciar os efeitos nos resultados dos negócios. Pauta esta que apresenta grande relevância na atualidade, principalmente nas organizações que estão transformando seus valores com iniciativas sustentáveis. A manufatura sustentável é a capacidade de utilizar os recursos naturais de maneira inteligente, criando produtos e soluções que sejam capazes de atender a objetivos econômicos, ambientais e sociais, enquanto continua a melhorar a qualidade de vida humana (Garetti & Taisch, 2012). A sustentabilidade é um tema predominante na literatura, com um crescimento linear que ultrapassa 3000 estudos publicados anualmente (Kajikawa et al. 2007). 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 que as empresas contribuam somente no viés econômico e financeiro, é elementar a

busca do desempenho sustentável, promovendo ações à sociedade e também ao meio ambiente. Este artigo está estruturado conforme as seguintes seções: 1 - theoretical background, metodologia, resultados e análises subjacentes e conclusões.

## **2. Background Teórico**

Desde as primeiras revoluções industriais o processo de manufatura sofreu diversas transformações. Posto isso, nota-se que a radicalidade de inovação 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 às 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. Atualmente, muitas organizações têm notado as vantagens que a sustentabilidade, quando aplicada em sua produção podem oferecer, tanto a longo, quanto médio prazo. Estudos apontam que o desenvolvimento sustentável abrange as questões econômicas e ecológicas na tomada de decisões (Gomes Jr; Gomes, 2010), como o impacto positivo que suas ações podem ter no mercado (Bonilla et al., 2018) e os efeitos que os problemas ambientais ocasionam na performance de resultados da empresa (Repetto; Austin, 2001 apud Gomes Jr; Gomes, 2010). Dessa forma, as entidades estão investindo cada vez mais nas atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D) referentes à geração de inovações que mantenham ou até mesmo elevem sua competitividade, e que ao mesmo tempo sejam benéficas ao meio ambiente e à sociedade (Barbieri et al., 2010; Scandelari, 2011).

Isto posto, diversas empresas 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 e o desenvolvimento da aprendizagem e das capacidades dinâmicas (Severo; Guimarães; Dorion, 2017; Ricart; Rodríguez; Sánchez, 2005). Assim, a integração da sustentabilidade e agilidade no cenário manufatureiro permite que a organização obtenha benefícios, como melhoria na gama de produtos com o mínimo impacto ambiental, diminuição do tempo de produção e 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. Uma das capacidades da agilidade, descritas por Sharifi e Zhang (1999) é a flexibilidade, que é a capacidade que permite às empresas acelerarem as mudanças em seus níveis de produção, inovação e criação de 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 absorção de conhecimentos, gerando assim mais inovações radicais de produtos.

## **3. Methodology**

A população deste estudo foi envolta de empresas de diferentes setores do Brasil, no período de 2019 a 2020. As autoras investigaram a relação entre a inovação radical de produtos e o grau de agilidade e flexibilidade em processos de manufaturas sustentáveis de diferentes setores. Foi utilizado um questionário escalar como principal instrumento deste estudo (matriz de avaliação). No qual 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, que foram contados através da plataforma LinkedIn. Anteriormente, em setembro, pré-testes foram realizados para que críticas e ajustes necessários fossem realizados. As amostras foram selecionadas a partir da técnica de amostragem aleatória. Dentre 225 especialistas, 43 profissionais retornaram com o questionário completo, os dados foram coletados através de uma matriz de julgamento disponibilizada na base Google Forms. Os respondentes possuem experiência em inovação, produção, tecnologia, conhecimento técnico em desenvolvimento de produtos nas empresas investigadas e com as seguintes ocupações: Diretor de P&D, Engenheiro de Processos, Gerente de Inovação, Diretor de novas tecnologias e inovação, entre outros. Em seguida, esses procedimentos serão detalhados.

#### 4. Resultados

Nesta seção são apresentados os resultados. Detalham-se a seguir estes procedimentos.

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

Nesta fase são identificados e analisados o perfil global dos diferentes setores brasileiros (Figura 1).

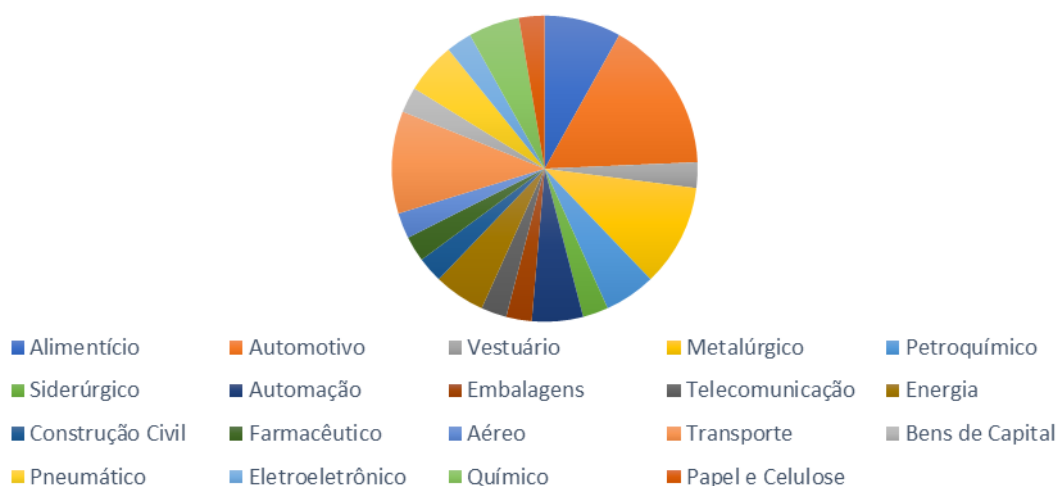


Figura 1: Perfil dos diferentes setores brasileiros

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.

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

Nesta fase são levantadas 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. As seguintes características foram identificadas 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 e;
- 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. A Figura 2 mostra o grau de atuação das dimensões agilidade nas empresas. As dimensões da agilidade utilizada nesta pesquisa foram:

- i. Agilidade Estratégica (AE): identifica rapidamente novas oportunidades e ameaças que surgem constantemente, possibilitando 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-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 e fabricação auxiliada por computador (CAM) e;
- 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, o passo seguinte foi avaliar as respectivas dimensões. Para isto foi aplicado um survey pelo Google Forms, em que os especialistas atribuíram pesos 0 – menor importância e 5 – maior importância. Os resultados são apresentados na Figura 2.

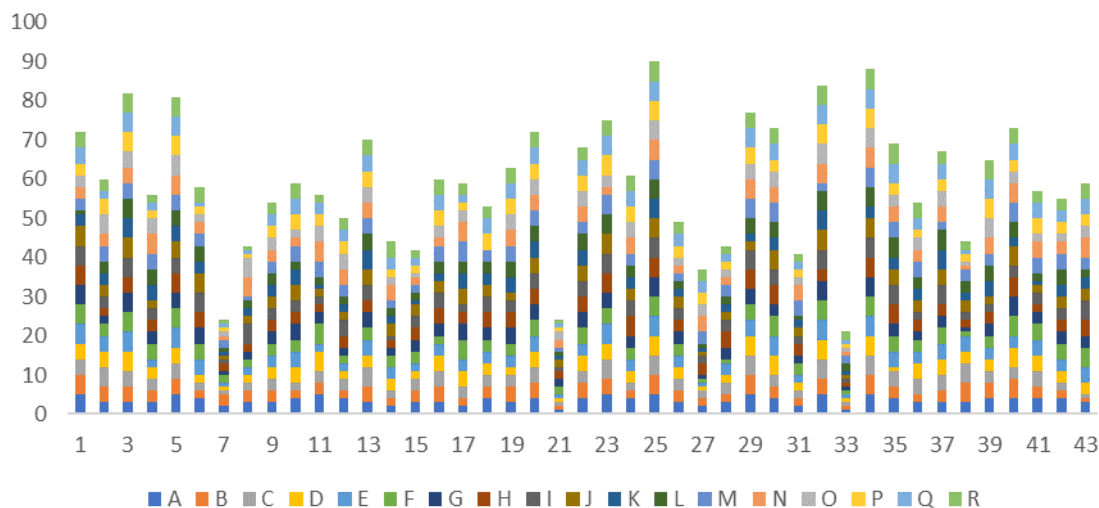


Figura 2: Grau de agilidade nas empresas pesquisadas

A Figura 2 é representada pela fileira horizontal (avaliação dos respondentes) e vertical (dimensões analisadas). As colunas horizontais A, H, I, K, M e N foram as cinco dimensões mais importantes, de acordo com os especialistas. As legendas da Figura 2 encontram-se no Apêndice A. A partir da análise dos resultados apresentados na Figura 3, o resultado obtido através da média ponderada da matriz de julgamento identificou as dimensões AP (3,57) e AE (3,47) como as mais relevantes. Em contrapartida a dimensão AT (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 obtêm melhoras no engajamento e produtividade em seus desempenhos. 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 AP, com a teoria da gestão estratégica com o intuito de produzir inovação contínua de criação de mercado. Afirma-se que as empresas estão investindo em métodos que melhorem a performance de sua equipe interna, da mesma forma que estão concentradas 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, a presente fase buscou identificar e avaliar a atuação da flexibilidade e suas dimensões nos sistemas de produção de diversos setores brasileiros. Nesta pesquisa foram identificadas 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, 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 e;
- 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 estão apresentados na Figura 3.

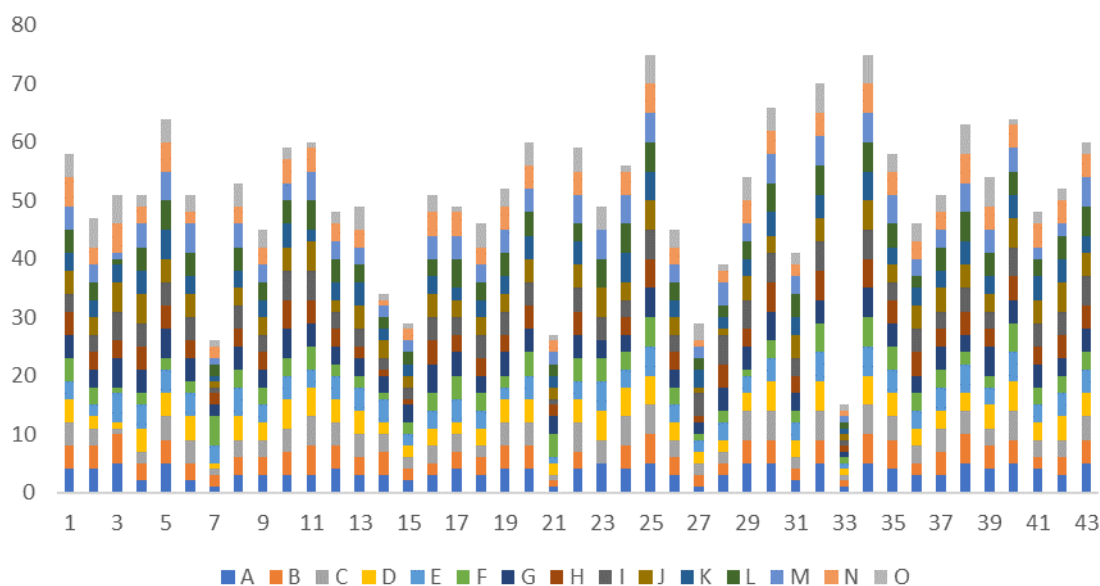


Figura 3: Grau de flexibilidade nas empresas pesquisadas

A Figura 3 é representada pela coluna horizontal (avaliação dos respondentes) e vertical (dimensões analisadas). As colunas horizontais G, I, L, M e O indicam as cinco dimensões mais importantes, de acordo com os especialistas. A legenda da figura acima encontra-se no Apêndice B. Da mesma forma que a fase 3, foi realizada uma análise dos resultados de acordo com as dimensões de flexibilidade apresentadas na Figura 3. Constatou-se que as dimensões mais importantes são: FE (3,67) e FV (3,67), e a FS (2,93) foi considerada a menos relevante. Australian National Training Authority (1996), descreveu a FE como habilidades de relevância em uma organização, na qual os requisitos de entrega apresentam como base os interesses dos consumidores. A FV foi referenciada por Gerwin (1993) como uma dimensão capaz de alterar o fluxo de produção em um curto período. As respostas obtidas através dos especialistas reforçam a ideia da importância de ambas as dimensões FE e FV, dado que as empresas precisam conciliar suas entregas de maneira que agradem seus clientes e que, devido à incerteza do mercado, possibilite uma mudança abrupta nos seus níveis de produção.

*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 na performance econômica e financeira, satisfação de clientes e sustentabilidade. Os resultados são apresentados nas Figuras 4 e 5.

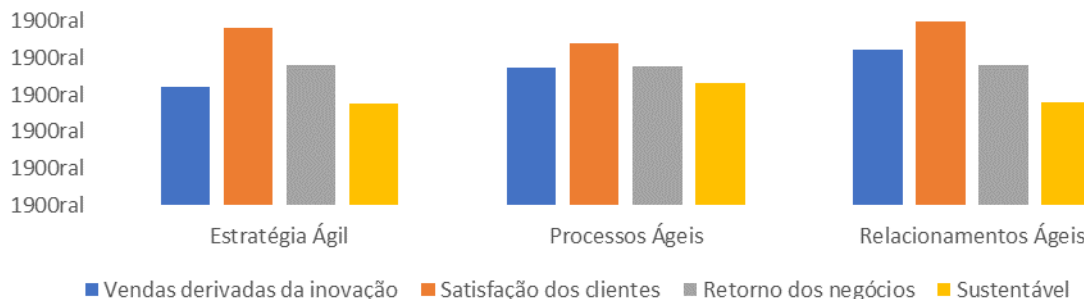


Figura 4: Agilidade na performance de negócios

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 a maior relevância 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. 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), por sua vez 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).

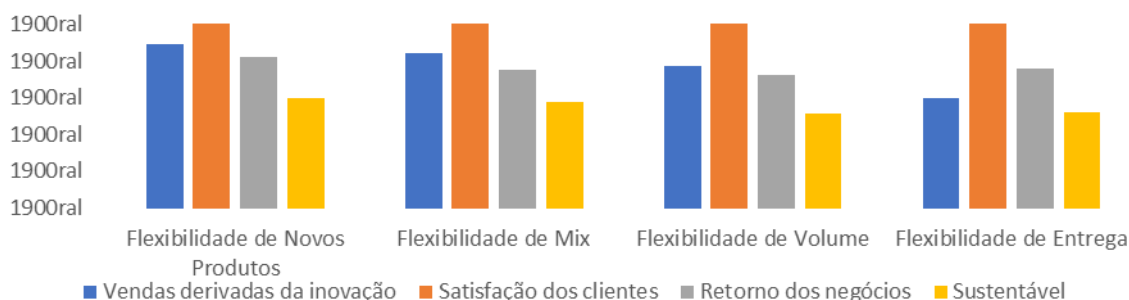


Figura 5: Flexibilidade na performance de negócios

Da mesma forma, a flexibilidade também influencia nos resultados nas categorias de performance estudadas. A partir da figura acima fora identificado as dimensões flexíveis de maior influência nas categorias elencadas, a 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, observou-se uma unanimidade em relação ao maior grau de relevância na performance de negócios, assim como no menor grau. A sustentabilidade apresentou a menor, enquanto a satisfação dos clientes provou ter a maior influência na performance de negócios, obtendo 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. As dimensões agilidade e flexibilidade provaram ser capazes de alterar efetivamente a satisfação dos clientes, através da integração destes no processo criativo e resposta rápida ao consumidor, gerando assim um alto índice de retorno de negócios. Além de atuarem como ferramentas de auxílio na redução de desperdícios de materiais, energia, poluentes e o bem estar de seus funcionários, ela ainda gera para a empresa um impacto positivo em sua performance econômica e financeira, como a redução de alugueis, despesas energéticas e reutilização de materiais. Dessa forma, ao analisar os dados da matriz de julgamento, constata-se que as empresas apresentam 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, fora utilizado a modelagem neurofuzzy (Figura 6).

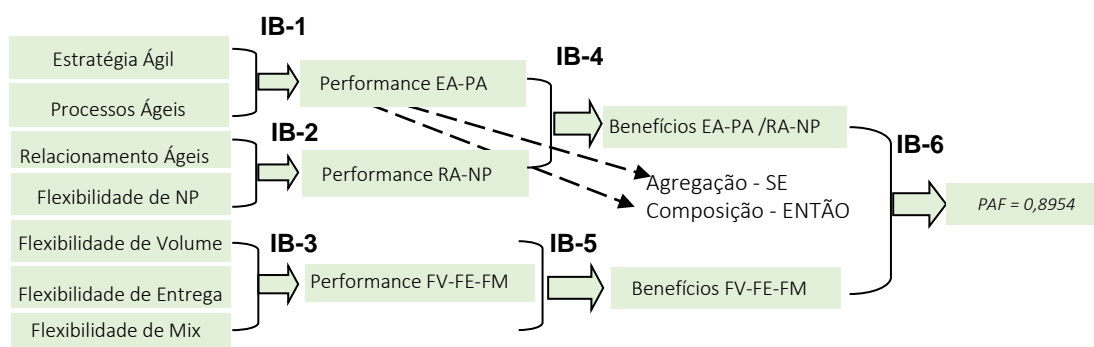


Figura 6: Modelagem Neurofuzzy

Esta fase visa 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 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. Busca-se um parâmetro desejado e aceitável para a avaliação da performance dos negócios. Fora empregado na modelagem regras baseada nos sistemas fuzzy e expressões linguísticas, convergindo para uma taxa ótima de performance dos negócios, expressos em intervalos de 0 a 10. O modelo é descrito da seguinte forma:

- **Determinação das variáveis de entrada (VE):** as variáveis de entrada do modelo foram definidas como sendo as dimensões de agilidade e flexibilidade: Agilidade: EA; PA e RA; Flexibilidade: FNP; FV e FE. Essas foram extraídas da matriz de julgamento, em que os especialistas atribuíram seus julgamentos, avaliando a performance das dimensões. O total de variáveis de entradas são sete. Estas são convertidas em variáveis intermediárias, através de



seus termos linguísticos: alto, médio e baixo, as quais são convertidas/transformadas em graus de convicção ou certeza (GCC), que são dependentes do grau atribuído de acordo com o julgamento dos respondentes nas quais são transformadas em expressões linguísticas baseada nos conjuntos fuzzy /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. Elas 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 seis configurações. Elas 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 para um resultado quantitativo, compreendido entre zero e um, e quanto mais próximo de um, melhor é a performance esperada. Este parâmetro único é o grau ótimo alcançado a partir dos valores atribuídos pelos especialistas, 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 em seus processos de desenvolvimento de inovações radicais devem considerar elevada agilidade e flexibilidade para alcançarem resultados substanciais nas perspectivas econômicas e financeiras, sociais e ambientais. Portanto, constata-se que a partir da taxa ótima obtida que no contexto de radicalidade de inovação, agilidade e flexibilidade possuem efeito positivo na performance de resultados da empresa. Confirma-se assim, a hipótese do estudo com a avaliação da performance global.

## 5. Conclusion

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. Tendo em vista o aumento da demanda e o esgotamento de recursos, as práticas sustentáveis nas indústrias têm se tornado cada vez mais prioritária. O estudo foi desenvolvido através da literatura e de questionário, em que foram avaliadas as experiências dos especialistas sobre o assunto. A partir da Fase 6, foi possível concluir a hipótese geral, ou seja, foi provado a eficácia da inovação radical de produtos nos processos de manufatura sustentável, 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 em seus ambientes de trabalho. 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, também buscam agregar valor em seus negócios. As empresas estão mais cientes dos impactos sociais e ambientais ao introduzir novos produtos no mercado, grande parte dessa mudança se deve à pressão dos consumidores, que valorizam produtos que sejam menos nocivos ao meio ambiente. O estudo almeja incentivar novas pesquisas a serem realizadas, com uma maior diversidade de setores, um maior escopo amostral e em diversos países, considerando 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. Os resultados obtidos através desta pesquisa, evidenciam um resultado socioambiental benéfico, além de implicar positivamente para os formuladores de políticas públicas ambientais, uma vez que eles permitem a criação de planos de governos que incentivem mudanças nas manufaturas do país, a pesquisa ainda auxilia os gestores durante a tomada de decisão, promovendo uma melhoria para a entidade utilizando o método proposto.

## References

- Baker, W. E., Sinkula, J. M., Grinstein, A., & Rosenzweig, S. (2014). The effect of radical innovation in/congruence on new product performance. *Industrial Marketing Management*, 43(8), 1314–1323.
- Barbieri, J. C., Vasconcelos, I. F. G. de, Andreassi, T., & Vasconcelos, F. C. de. (2010). Inovação e sustentabilidade: novos modelos e proposições. *Revista de Administração de Empresas*, 50(2), 146–154.
- Bonilla, S. H., Silva, H. R. O., da Silva, M. T., Gonçalves, R. F., & Sacomano, J. B. (2018). Industry 4.0 and sustainability implications: A scenario-based analysis of the impacts and challenges. *Sustainability (Switzerland)*, 10(10).
- Brecher, C., & Özdemir, D. (2017). *Integrative Production Technology: Theory and Applications* (1st ed.; Christian Brecher & D. Özdemir, eds.). Aachen: Springer.
- Callegari, J. L. da C., & Oliveira, S. R. M. (2019). 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*, 153(3), 222–233.
- Chenhall, R. H. (1996). Strategies of manufacturing flexibility, manufacturing performance measures and organizational performance: An empirical investigation. *Integrated Manufacturing Systems*, 7(5), 25–32. <https://doi.org/10.1108/09576069610129892>
- Denning, S. (2017). The next frontier for Agile: strategic management. *Strategy and Leadership*, 45(2), 12–18. <https://doi.org/10.1108/SL-02-2017-0021>
- Elmoselhy, S. A. M. (2013). Hybrid lean-agile manufacturing system technical facet, in automotive sector. *Journal of Manufacturing Systems*, 32(4), 598–619.
- Fayezi, S., Zutshi, A., & O’Loughlin, A. (2015). How Australian manufacturing firms perceive and understand the concepts of agility and flexibility in the supply chain. *International Journal of Operations and Production Management*, 35(2), 246–281.
- Garetti, M., & Taisch, M. (2012). Sustainable manufacturing: trends and research challenges. *Taylor & Francis*, 23(February-March 2012), 83–104.
- Gerwin, D. (1993). Manufacturing flexibility. A strategic perspective. *Management Science*, 39(4), 395–410.
- Gomes Jr, S. F., & Gomes, A. R. (2010). As Vantagens da Sustentabilidade Empresarial. *INGEPRO - Inovação, Gestão e Produção*, 02(2000), 62–71.
- Hannan, M. T., & Freeman, J. (1984). Structural Inertia and Organizational Change. *American Sociological Review*, 49(2), 149–164.

- Holbeche, L. S. (2018). Organisational effectiveness and agility. *Journal of Organizational Effectiveness*, 5(4), 302–313.
- Kajikawa, Y., Ohno, J., Takeda, Y., Matsushima, K., & Komiyama, H. (2007). Creating an academic landscape of sustainability science: An analysis of the citation network. *Sustainability Science*, 2(2), 221–231.
- Keizer, J. A., & Halman, J. I. M. (2007). Diagnosing risk in radical innovation projects. *Research Technology Management*, 50(5), 30–36.
- Leifer, R., McDermott, C. M., O'Connor, G. C., Peters, L. S., Rice, M., & Veryzer, R. W. (2000). Radical Innovation: How Mature Companies Can Outsmart Upstarts. In *Harvard Business School Press* (illustrate, Vol. 55).
- McDermott, C. M., & O'Connor, G. C. (2002). Managing radical innovation: An overview of emergent strategy issues. *Journal of Product Innovation Management*, 19(6), 424–438.
- Oke, A. (2005). A framework for analysing manufacturing flexibility. *International Journal of Operations and Production Management*, 25(10), 973–996.
- Oliveira, S. R. M. (2017). High Radicality of Product Innovation and High Flexibility and High Agility of System of Manufacturing: Towards the Smart Factories. *Procedia Manufacturing*, 11(June), 1324–1334.
- Ravichandran, T. (2018). Exploring the relationships between IT competence, innovation capacity and organizational agility. *Journal of Strategic Information Systems*, 27(1), 22–42.
- Ricart, J. E., Rodríguez, M. Á., & Sánchez, P. (2005). Sustainability in the boardroom: An empirical examination of Dow Jones Sustainability World Index leaders. *Corporate Governance*, 5(3), 24–41.
- Rossi, C. A. V., & Slongo, L. A. (1998). Pesquisa de Satisfação de Clientes: o Estado-da-Arte e Proposição de um Método Brasileiro. *Revista de Administração Contemporânea*, 2(1), 101–125.
- Sánchez, O., & Camilo, L. (2017). Determinants of Product Innovation Performance: Why Are Some Innovations More Successful than Others? *Economía y Desarrollo*, 158(2), 43–62.
- SCANDELARI, V. D. R. N. (2011). *Inovação e Sustentabilidade: Ambidestralidade e desempenho sustentável na indústria eletroeletrônica* (Universidade Federal do Paraná; Vol. 11).
- Severo, E. A., Guimarães, J. C. F. de, & Dorion, E. C. H. (2017). Cleaner production and environmental management as sustainable product innovation antecedents: A survey in Brazilian industries. *Journal of Cleaner Production*, 142(January), 87–97.
- Sharifi, H., & Zhang, Z. (1999). A methodology for achieving agility in manufacturing organisations: an introduction. *International Journal of Production Economics*, 62(1), 7–22.
- Vinodh, S. (2010). Improvement of agility and sustainability: A case study in an Indian rotary switches manufacturing organisation. *Journal of Cleaner Production*, 18(10–11), 1015–1020.

- Vinodh, S., Sundararaj, G., Devadasan, S. R., Kuttalingam, D., & Rajanayagam, D. (2009). Computer-aided design of experiments: An enabler of agile manufacturing. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 44(9–10), 940–954.
- Zhou, K. Z., & Wu, F. (2010). TECHNOLOGICAL CAPABILITY, STRATEGIC FLEXIBILITY, AND PRODUCT INNOVATION. *Strategic Management Journal*, 31(November 2009), 547–561.
- Baker, W. E., Sinkula, J. M., Grinstein, A., & Rosenzweig, S. (2014). The effect of radical innovation in/congruence on new product performance. *Industrial Marketing Management*, 43(8), 1314–1323.
- Barbieri, J. C., Vasconcelos, I. F. G. de, Andreassi, T., & Vasconcelos, F. C. de. (2010). Inovação e sustentabilidade: novos modelos e proposições. *Revista de Administração de Empresas*, 50(2), 146–154.
- Bonilla, S. H., Silva, H. R. O., da Silva, M. T., Gonçalves, R. F., & Sacomano, J. B. (2018). Industry 4.0 and sustainability implications: A scenario-based analysis of the impacts and challenges. *Sustainability (Switzerland)*, 10(10).
- Brecher, C., & Özdemir, D. (2017). *Integrative Production Technology: Theory and Applications* (1st ed.; Christian Brecher & D. Özdemir, eds.). Aachen: Springer.
- Callegari, J. L. da C., & Oliveira, S. R. M. (2019). 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*, 153(3), 222–233.
- Chenhall, R. H. (1996). Strategies of manufacturing flexibility, manufacturing performance measures and organizational performance: An empirical investigation. *Integrated Manufacturing Systems*, 7(5), 25–32.
- Denning, S. (2017). The next frontier for Agile: strategic management. *Strategy and Leadership*, 45(2), 12–18.
- Elmoselhy, S. A. M. (2013). Hybrid lean-agile manufacturing system technical facet, in automotive sector. *Journal of Manufacturing Systems*, 32(4), 598–619.
- Fayezi, S., Zutshi, A., & O’Loughlin, A. (2015). How Australian manufacturing firms perceive and understand the concepts of agility and flexibility in the supply chain. *International Journal of Operations and Production Management*, 35(2), 246–281.
- Garetti, M., & Taisch, M. (2012). Sustainable manufacturing: trends and research challenges. *Taylor & Francis*, 23(February-March 2012), 83–104.
- Gerwin, D. (1993). Manufacturing flexibility. A strategic perspective. *Management Science*, 39(4), 395–410.
- Gomes Jr, S. F., & Gomes, A. R. (2010). As Vantagens da Sustentabilidade Empresarial. *INGEPRO - Inovação, Gestão e Produção*, 02(2000), 62–71. <https://doi.org/1984-6193>
- Hannan, M. T., & Freeman, J. (1984). Structural Inertia and Organizational Change. *American Sociological Review*, 49(2), 149–164.
- Holbeche, L. S. (2018). Organisational effectiveness and agility. *Journal of Organizational Effectiveness*, 5(4), 302–313.



- Kajikawa, Y., Ohno, J., Takeda, Y., Matsushima, K., & Komiyama, H. (2007). Creating an academic landscape of sustainability science: An analysis of the citation network. *Sustainability Science*, 2(2), 221–231.
- Keizer, J. A., & Halman, J. I. M. (2007). Diagnosing risk in radical innovation projects. *Research Technology Management*, 50(5), 30–36.
- Leifer, R., McDermott, C. M., O'Connor, G. C., Peters, L. S., Rice, M., & Veryzer, R. W. (2000). Radical Innovation: How Mature Companies Can Outsmart Upstarts. In *Harvard Business School Press* (illustrate, Vol. 55).
- McDermott, C. M., & O'Connor, G. C. (2002). Managing radical innovation: An overview of emergent strategy issues. *Journal of Product Innovation Management*, 19(6), 424–438.
- Oke, A. (2005). A framework for analysing manufacturing flexibility. *International Journal of Operations and Production Management*, 25(10), 973–996.
- Oliveira, S. R. M. (2017). High Radicality of Product Innovation and High Flexibility and High Agility of System of Manufacturing: Towards the Smart Factories. *Procedia Manufacturing*, 11(June), 1324–1334.
- Ravichandran, T. (2018). Exploring the relationships between IT competence, innovation capacity and organizational agility. *Journal of Strategic Information Systems*, 27(1), 22–42.
- Ricart, J. E., Rodríguez, M. Á., & Sánchez, P. (2005). Sustainability in the boardroom: An empirical examination of Dow Jones Sustainability World Index leaders. *Corporate Governance*, 5(3), 24–41.
- Rossi, C. A. V., & Slongo, L. A. (1998). Pesquisa de Satisfação de Clientes: o Estado-da-Arte e Proposição de um Método Brasileiro. *Revista de Administração Contemporânea*, 2(1), 101–125.
- Sánchez, O., & Camilo, L. (2017). Determinants of Product Innovation Performance: Why Are Some Innovations More Successful than Others? *Economía y Desarrollo*, 158(2), 43–62.
- SCANDELARI, V. D. R. N. (2011). *Inovação e Sustentabilidade: Ambidestralidade e desempenho sustentável na indústria eletroeletrônica* (Universidade Federal do Paraná; Vol. 11).
- Severo, E. A., Guimarães, J. C. F. de, & Dorion, E. C. H. (2017). Cleaner production and environmental management as sustainable product innovation antecedents: A survey in Brazilian industries. *Journal of Cleaner Production*, 142(January), 87–97.
- Sharifi, H., & Zhang, Z. (1999). A methodology for achieving agility in manufacturing organisations: an introduction. *International Journal of Production Economics*, 62(1), 7–22.
- Vinodh, S. (2010). Improvement of agility and sustainability: A case study in an Indian rotary switches manufacturing organisation. *Journal of Cleaner Production*, 18(10–11), 1015–1020.
- Vinodh, S., Sundararaj, G., Devadasan, S. R., Kuttalingam, D., & Rajanayagam, D. (2009). Computer-aided design of experiments: An enabler of agile manufacturing. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 44(9–10), 940–954.

Zhou, K. Z., & Wu, F. (2010). Technological Capability Strategic Flexibility, and Product Innovation. *Strategic Management Journal*, 31(November 2009), 547–561.

## Apêndices

Nota: Fora considerado os anos de 2015 à 2020 durante a aplicação do survey.

### APÊNDICE A – Legenda referente à Figura 3

- A. Em qual grau a estratégia de manufatura adotada pela companhia foi considerada efetiva; e amplamente alinhada com o plano de negócios?
- B. Em qual grau a estratégia de manufatura adotada pela companhia foi comprometida com a estratégia ágil, assim como sua implantação?
- C. Em qual grau a estratégia de manufatura adotada pela companhia foi capaz de alinhar a um mercado ágil?
- D. Em qual grau a planta produtiva da empresa focou em células, bem como o incremento de volume?
- E. Em qual grau a planta produtiva da empresa aplicou processos de manufaturas estruturados e flexíveis?
- F. Em qual grau a planta produtiva da empresa realizou investimentos em tecnologias?
- G. Em qual grau a planta produtiva da empresa apresentou respostas ágeis para solução dos problemas enfrentados?
- H. Em qual grau a planta produtiva da empresa estabeleceu relações diretas com os fornecedores?
- I. Em qual grau a empresa promoveu uma política aberta de informação/comunicação?
- J. Em qual grau a planta produtiva da empresa implementou células de fabricação?
- K. Em qual grau a empresa implementou planejamento de processo assistido por computador (CAPP)?
- L. Em qual grau a companhia possui sistemas de comunicação/execução em tempo real?
- M. Em qual grau a empresa implementou inspeção visual?
- N. Em qual grau a planta treinou as equipes de acordo com as habilidades necessárias à consecução de suas tarefas?
- O. Em qual grau a companhia adota práticas que incentivam a criatividade das equipes?
- P. Em qual grau a empresa implementou técnicas sustentáveis?
- Q. Em qual grau a empresa implementou técnicas que evitem o desperdício?
- R. Em qual grau a empresa implementou mecanismos de integração e processos?

### APÊNDICE B – Legenda referente à Figura 4

- A. Em qual grau a tecnologia de produção foi aplicada no processo de manufatura na companhia?
- B. Em qual grau foi alterado a gama de produtos existentes nos sistemas de manufaturas, redução do tempo de instalação, modularidade, multi-habilidade?
- C. Em qual grau o mix de produtos da planta refletiu a alta necessidade de flexibilidade de mistura no processo de manufatura?
- D. Em qual grau a demanda por flexibilidade de mix na planta produtiva foi conduzida pela introdução de novos produtos?
- E. Em qual grau houve incremento no nível de serviço de entrega prestado?
- F. Em qual grau ocorreram os cancelamentos, atrasos ou falhas na entrega da mercadoria?
- G. Qual o grau da qualidade de assistência ao consumidor adotada pela companhia?
- H. Em qual grau houve negociação de lead time?
- I. Em qual grau a planta necessitou de níveis elevados de flexibilidade de volume porque a demanda por seus produtos foi altamente variável?
- J. Em qual grau houve a atualização do equipamento para aumentar a capacidade?
- K. Em qual grau houve compartilhamento de trabalho?
- L. Em qual grau a planta teve habilidade de introduzir novos produtos?
- M. Em qual grau a planta teve habilidade de introduzir novos produtos que modificam os produtos existentes?
- N. Em qual grau ocorreram práticas de eliminação de atividades desnecessárias, desperdícios no processo de manufatura e reutilização de material?
- O. Em qual grau a companhia adotou mecanismos como virtual office, home office, como maneiras sustentáveis de energia e emissão de gases?