



Análise Envoltória de Dados (DEA) como ferramenta de avaliação da eficiência tecnológica

1. Introdução

A indústria brasileira apresentou diversas transformações estruturais na década de 90, apresentando uma competitividade das indústrias nacionais, o que foi impulsionado pela Lei de Propriedade intelectual que protege novos produtos, processos e patentes (MENDONÇA, 2005). Já na década seguinte a indústria brasileira apresentou um crescimento de 2,9 % (anual), e com o decorrer dos anos a indústria brasileira de transformação esteve cada vez mais presente na economia brasileira durante a década, a partir de dados oferecidos pela PINTEC é possível notar o aumento de investimento em inovações, como a compra de novos equipamentos, treinamento dos funcionários e também um maior investimento na área de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D).

Como consequência da busca por novas tecnologias, amplificou-se a competitividade, o que tem intensificado e incentivado cada vez mais a globalização, abertura econômica e intensificação comercial a fim de garantir a competitividade no cenário mundial. Um fator que determinou o aumento da competitividade é o acesso à inovação tecnológica, que no caso do Brasil o acesso foi tardio, e por isso têm dificuldades em alcançar países que apresentam alto grau de inovação tecnologia, pois para se inovar é necessário um alto volume de investimentos em P&D (Pesquisa e Desenvolvimento) e intangibilidade de ativos (Corder, 2004).

2. Fundamentação Teórica

Para o desenvolvimento de uma economia, tem-se de cumprir diversas condições, sendo uma das mais importantes a competitividade, e para que uma economia seja competitiva, a competitividade tem que ser alcançada no nível empresarial, industrial e econômico. A competitividade representa a capacidade de se obter uma produtividade alta com a utilização inovadora de recursos humanos, financeiros e materiais (Trascajméo, 2015).

Um indicador capaz de representar a tecnologia, competitividade e o crescimento dos países estão relacionados ao âmbito industrial de cada país, relacionados a importações e exportações. Uma das maneiras de analisar a tecnologia de determinado país está relacionado a capacidade de um país criar estruturas e experiências de mercado em determinada indústria (Panucci et al, 2017). Outra maneira de se analisar a tecnologia, competitividade e inovação está relacionado a ciência e tecnologia, no investimento relacionado nessa área e também na quantidade de produção dessa área, que está referente a quantidade de artigos científicos produzidos (Negri et al, 2017).

O Fórum Econômico Mundial realiza desde 2005 realiza um relatório denominado de WEF na busca por quantificar por meio da produtividade obtida e recursos disponíveis a melhoria de uma organização. Dessa forma são utilizados como critérios para a avaliação da competitividade econômica prontidão tecnológica, na qual se refere a agilidade com que a instituição adota as tecnologias existentes visando a melhora de produtividade, sofisticação de negócios que aborda a qualidade das redes de negócios e a qualidade das estratégias de operações individuais das empresas e também o grau de inovação presente dentro de uma instituição, na qual pode ser medida pelo investimento em pesquisa e desenvolvimento (P&D).

A industrialização é capaz de alavancar o desenvolvimento de nações, sendo capaz de deixar um país mais ou menos competitivo de acordo com o tratamento industrial e seus investimentos realizados e também afetando diretamente em sua economia (Coelho, 2016). Um fator determinante na economia de uma nação é o PIB e tem relações diretas com o nível investimentos em P&D e também com o número de depósitos de patentes, em 2007 os três países que apresentaram maior PIB representaram cerca de 59% das patentes registradas naquele ano, além também de apresentarem os maiores investimentos em P&D , podendo ser utilizado como um indicador de competitividade econômico (Garrido, 2018).

A análise da evolução da tecnologia explica a natureza da inovação e prevê os padrões de inovação direcionados para resolver problemas e satisfazer necessidades da sociedade. A tecnologia pode ser utilizada no setor industrial para melhorar as deficiências nas tecnologias existentes ou introduzir novas que permitem maximizar a eficiência de determinado processo. E em um ambiente competitivo de negócios, está se tornando impossível gerenciar efeitos adversos dos padrões de consumo e produção insustentáveis e isso exploração de melhorias significativas no desempenho de recursos em toda a economia global (Rajput; Prakash, 2019)

As empresas investem em P & D para aumentar a probabilidade de inovações, o que leva a aumentos no processo de lucratividade subjacente que desaparecem com o tempo. As empresas produzem produtos com capital e mão de obra e, como tal, respondem a inovações bem-sucedidas com novos investimentos físicos. Assim, o modelo leva em conta tanto o impacto dos gastos em P & D na lucratividade quanto a interação entre gastos com P & D e investimento físico (Lach;

Schankerman, 2018). Desta maneira a eficiência tecnológica de acordo com os gastos investidos em P & D e o retorno em novas patentes, novos produtos e novos métodos de processamento.

2.1. Classificação de Patentes

Os documentos de patentes publicados pelos escritórios oficiais de patentes, em um campo específico da técnica e dentro de certo período de tempo, não somente refletem a atividade inventiva e a fonte de informação de novo conhecimento técnico em um país, mas também como transferência tecnológica que possibilitam a identificação de atividades industriais vindouras, indicando assim novas tendências tecnológicas e novos desenvolvimentos, muito antes que seus efeitos sejam sentidos no mercado (Scartassini et al.; 2018).

A base dados relacionada a patentes da Espacenet é uma base de dados referente ao Escritório Europeu de Patentes (EPO), no qual concede patentes aos países referentes ao tratado da Convenção de Munique, no qual representa mais de 90 países, contendo cerca de 65 milhões de patentes registradas e catalogadas, e dentro do campo de aplicação a essa pesquisa, existem um total de 12 705 923 patentes catalogadas em relação ao termo de tecnologia, 2 462 943 de patentes relacionadas a eficiência da manufatura e subdivididos majoritariamente entre 18 países.

2.2. Manufatura

Dentro de uma empresa um dos fatores que influenciam em seu desempenho é a manufatura, e para se alcançar a competitividade e ter sucesso no mercado a indústria deve apresentar um sistema de manufatura eficiente. A partir de 1980 as empresas começaram a perceber a importância que a manufatura tem na competitividade e começaram a na implementação de técnicas de programas de melhorias como o Just in time e Total Quality Management (TQM) buscando sucesso ao longo prazo (Wagner, 2008).

Com isso devido a emergência de novos países os países desenvolvidos tiveram que investir em processos de inovações tecnológicas para o aumento da produtividade. Em países em desenvolvimento, é fundamental os investimentos em P&D para buscar melhorias no processo de manufatura (Glaucio et al.; 2017). Outro fator determinante dentro da manufatura é a mão de obra, uma vez que a mão de obra qualificada é capaz de gerar uma capacidade inovativa e também em saber lidar com as novas tecnologias emergentes no mercado, garantindo a competitividade (Kuhl, 2013)

2.3. Data Envelopment Analysis

O Data Envelopment Analysis (DEA) é uma técnica de programação matemática que busca analisar o desempenho, em termos de eficiência relativa, de diferentes unidades tomadoras de decisão (DMUs – Decision Making Units), a partir de um conjunto de inputs e outputs. As DMUs localizadas na fronteira de eficiência servirão de benchmark para as demais. A técnica do DEA foi desenvolvida inicialmente por Charnes, Cooper e Rhodes (1978), com base nos princípios derivados do modelo de Farrell (1957). E foi introduzido pela primeira vez como uma ferramenta para medir a produtividade e eficiência das unidades decisórias (DMUs) (Charnes et al., 1978). Isto tem sido amplamente aplicado para abordar a análise de decisão em diferentes setores, incluindo seleção de fornecedores na manufatura (Liu et al., 2000).

São dois os principais modelos associado ao DEA o primeiro deles é o modelo CCR (Charnes, Cooper e Rhodes 1978) que foi o primeiro a ser utilizado associado ao DEA, este modelo avalia o conjunto de inputs (inputs) e outputs (saída) e gera um resultado que será a eficiência dos inputs em relação aos outputs e essa escala varia de 0 a 1. Este modelo busca otimizar a relação insumo produto da DMU, atribuindo livremente pesos aos insumos e produtos com a restrição de que, com os mesmos pesos, todas as DMUs, não apresentam esta relação maior que 1. Já o segundo modelo proposto é BCC que consegue devolver valores variados da escala ao passo que o modelo CCR só consegue devolver valores constantes de escala, dessa maneira é possível adicionar valores crescentes ou decrescentes a escala, e no Modelo BCC, os índices de eficiência, podem ser escolhidos diferentemente do modelo CCR (Peña, 2008).

O método Multicritério para Seleção de Variáveis necessita que o decisor escolha um input e um output que permanecerá no modelo até o fim, além de ter que definir maior ou menor importância aos objetivos. A relação causal nesse método é quantificada a partir do ajuste da fronteira calculado a partir da eficiência média de todas DMUs, em seguida é analisado quais DMUs não contribuem para a eficiência média do modelo, sendo assim descartadas.

O Método Multicritério Combinatório por Cenários para Seleção de Variáveis é um método realizado em duas etapas, a primeira etapa é selecionado as DMUs com maior eficiência da mesma maneira que no Método Multicritério, a segunda etapa é realizada a mesma metodologia que na primeira etapa, porém com as DMUs já selecionadas, e isso pode se repetir podendo ser realizado em mais etapas (Senra, Et al.; 2004).

3. Metodologia

O modelo utilizado será o modelo DEA BCC-O (orientação ao output), representando nas equações abaixo visando à maximização da eficiência tecnológica, inviabilizando que os baixos resultados fossem compensados com a diminuição dos inputs. Além da escolha do melhor modelo, para que todas as variáveis escolhidas fossem consideradas no cálculo da eficiência foi utilizada a restrição dos pesos para se determinar qual input e output impacta na eficiência tecnológica e competitividade.

Para a classificação das variáveis em input e outputs visam estabelecer uma análise de correlação sobre a eficiência tecnológica, realizada com a ferramenta de análise de dados do Excel para verificar quais inputs se correlacionam mais com a eficiência tecnológica.

Na construção do modelo DEA deve-se definir quais serão as variáveis serão consideradas inputs e quais serão consideradas outputs, e também o modelo, que será melhor representado pelo modelo BCC-O (orientação ao output). Como o objetivo do projeto visa à maximização da eficiência tecnológica, inviabilizando que os baixos resultados fossem compensados com a diminuição dos inputs. Além da escolha do melhor modelo, para que todas as variáveis escolhidas fossem consideradas no cálculo da eficiência foi utilizada a restrição dos pesos, além de se utilizar o Método Multicritério Combinatório por Cenários para a seleção das DMUs capazes de serem eficientes em relação à eficiência tecnologia, realizado na primeira análise, para poderem ser analisadas quais dessas DMUs já selecionadas são eficientes em relação à competitividade econômica.

4. Resultados e Discussões

Inicialmente buscou-se na literatura, em artigos, publicações, revistas e livros os melhores parâmetros para buscar quantificar a eficiência tecnológica, de acordo com a literatura os parâmetros mais utilizados estão relacionados a classificação de patentes, competitividade econômica, que abrange análises financeiras e indicadores de desempenho econômicos, números sobre Pesquisa & Desenvolvimento e também índices que classificam países de acordo com inovação, competitividade e relacionado ao mercado do país.

Segundo Scartassini (2018) o número de patentes é capaz de refletir o desenvolvimento tecnológico de uma entidade e também afeta o seu desenvolvimento competitivo, com isso realizou-se a busca por uma base de dados que contenham dados sobre o número e classificação de patentes de acordo com cada país, a base de dados utilizada no projeto foi a base de dados da Espacenet. Em sua plataforma realizou-se uma busca de patentes referentes ao termo technology e com a utilização dos próprios filtros da plataforma selecionaram-se os 18 países que apresentam o maior número de patentes registradas referentes à tecnologia.

Conforme Negri (2017) e Kuhl (2013) a mão de obra qualificada e também a produção de artigos científicos, impulsionam a competitividade e também alavancam a inovação tecnológica de uma nação, outro indicador utilizado para medir a competitividade a as inovações tecnológicas estão ligadas às exportações e na capacidade de um país criar novas estruturas de mercado de acordo com Panucci (2017).

Com a utilização da base de dados encontrado no Grupo Banco Mundial (The World Bank DATA, 2018) que apresenta 189 países como membros, com mais de 130 escritórios pelo mundo, em sua base de dados coletou-se dados referentes sobre aspectos econômicos, industriais, de manufatura, de inovação e P&D (Pesquisa e Desenvolvimento) dos 18 países já selecionados de acordo com o número de patentes.

Selecionaram-se os dados e realizou-se uma análise de correlação e regressão entre todos os dados coletados, para que se tenha um valor numérico da relação entre os parâmetros e assim buscar os dados que apresentam uma maior correlação entre os outputs definidos e está apresentado em anexo, para se decidirem quais serão os inputs do modelo, os inputs e outputs que apresentam as melhores correlações entre si, levando em considerações as pesquisas realizadas na literatura, e definiu-se os inputs sendo Valor agregado em manufatura em 2018 (US\$), Artigos científicos e técnicos e Pesquisas em P&D e os outputs sendo Número de patentes Espacenet e Exportação de alta tecnologia (US\$) em 2018 e as DMUs são os países que apresentam o maior número de patentes relacionadas ao termo “technology”

Com a utilização do software MaXDEA realizou-se a aplicação do modelo de multiplicadores BCC-O (orientação ao output) com o objetivo de maximizar o número de patentes e as exportações de alta tecnologia apresentando valores de Score entre 0 e 1, ou seja, a variação ocorre de 0 a 100%. O escore 1 (100%) é atribuído para as DMU consideradas eficientes; as demais são ineficientes. O Benchmark (Lambda) representa as unidades referência para as organizações que não têm um desempenho eficiente. Isto é, fornecem um conjunto de unidades com modelos de desempenho com os quais a organização pode se comparar, com o objetivo de melhorar a sua performance.

Essa primeira aplicação do modelo DEA foi utilizada somente para selecionar os países que apresentam os maiores valores de Scores para a utilização do Método Multicritério Combinatório por Cenários para Seleção de Variáveis para selecionar quais DMUs estão mais próximas da fronteira de eficiência para se utilizar na segunda rodada do modelo DEA. Na segunda rodada, já com as DMUs reduzidas e selecionadas de acordo com a proximidade da fronteira.

De acordo com Trascajméo (2015) a competitividade é um fator determinante para o desenvolvimento de uma economia e representa a capacidade de se obter uma produtividade alta com a utilização inovadora de recursos humanos, financeiros e materiais. Outra busca realizada foi relacionado ao mercado de cada país, já que conforme Panucci (2017) o mercado é capaz de influenciar na competitividade e também na eficiência tecnológica dos países.

Segundo Srivastava (2017) e Panucci (2017) é capaz de gerar competitividade a partir da busca de novas tecnologias e também em relação ao mercado. Outra busca foi em relação a eficiência desses 18 países selecionados relacionados a eficiência e de acordo Rajput (2019) a maximização da eficiência acarreta o aumento da produtividade e por fim a competitividade de uma empresa, ou até de uma nação.

Como os inputs já estão definidos, sendo eles os outputs da primeira rodada, e definiu-se o primeiro output da segunda rodada, alinhando os objetivos do projeto com a literatura como o Índice de Competitividade Global. Para se definir qual seria o segundo output da etapa 2 realizou uma análise de correlação e regressão com todos os dados para se decidir quais serão os outputs do segundo modelo, os outputs que apresentam as melhores correlações entre si, levando em considerações as pesquisas realizadas na literatura. Com isso definiu-se os inputs como Número de patentes Espacenet e Exportação de alta tecnologia (US\$), os outputs sendo os Índices de Competitividade Global e de Inovação e as DMUs os Países que apresentam maior proximidade à fronteira de eficiência do resultado da primeira rodada, estando representados a seguir na tabela 2 os dados utilizados na primeira e na segunda rodada respectivamente.

Tabela 1 – Dados utilizados para a aplicação do modelo DEA BCC-O na primeira e segunda rodada.

DMU	Input 1	Input 2	Input 3	Output 1	Output 2	DMU	input 1	input 2	output 1	output 2
País	Valor agregado em manufatura em 2018 (US\$)	Artigos científicos e técnicos	Pesquisas em P&D	Número de patentes Espacenet	Exportação de alta tecnologia (US\$)	País	Número de patentes Espacenet	Exportações de alta tecnologia (US\$)	Índice de Competitividade Global	Inovação
New Zealand	18.778.600.000,00	7.889,00	18.624,00	15.116,00	607.000.000,00	Nova Zelândia	15.116,00	607.000.000,00	5,40	4,42
Singapore	75.809.300.000,00	11.459,00	36.295,00	25.986,00	155.000.000.000,00	Cingapura	25.986,00	155.000.000.000,00	5,70	5,18
Hong Kong, China	3.540.090.000,00	9.333,00	30.002,00	9.372.218,00	470.000.000,00	Hong Kong, China	9.372.218,00	470.000.000,00	5,50	4,38
Korea, Rep	440.941.000.000,00	66.376,00	385.091,00	1.103.008,00	193.000.000.000,00	República da Coreia	1.103.008,00	193.000.000.000,00	5,10	4,83
United States	2.173.320.000.000,00	422.808,00	1.370.973,00	3.670.866,00	156.000.000.000,00	China	9.626.508,00	654.000.000.000,00	5,00	3,91
United Kingdom	252.529.000.000,00	97.681,00	286.772,00	77.033,00	76.500.000.000,00					
Norway	25.611.300.000,00	11.803,00	34.241,00	17.082,00	4.290.000.000,00					
Sweden	74.111.800.000,00	20.421,00	76.408,00	23.066,00	17.400.000.000,00					
Australia	82.821.500.000,00	53.610,00	99.857,00	304.337,00	5.270.000.000,00					
Japan	1.007.330.000.000,00	98.793,00	672.489,00	2.663.582,00	111.000.000.000,00					
Canada	160.531.000.000,00	59.968,00	153.962,00	329.548,00	31.000.000.000,00					
Russia	203.988.000.000,00	81.579,00	407.701,00	255.700,00	10.200.000.000,00					
Germany	805.458.000.000,00	104.396,00	413.535,00	110.106,00	210.000.000.000,00					
Spain	159.399.000.000,00	54.537,00	133.040,00	69.177,00	17.000.000.000,00					
Brasil	180.542.000.000,00	60.148,00	179.989,00	35.511,00	11.100.000.000,00					
South Africa	43.293.000.000,00	13.009,00	27.654,00	15.145,00	2.240.000.000,00					
France	269.584.000.000,00	66.352,00	297.581,00	12.862,00	118.000.000.000,00					
China	4.002.750.000.000,00	528.263,00	1.698.032,00	9.626.508,00	654.000.000.000,00					

Com a utilização do software MaXDEA realizou a segunda rodada com o objetivo de maximizar a Competitividade Global e a Inovação utilizou o modelo BCC-O (orientação ao output) e o resultado está exibido na tabela 2 a seguir, apresentando valores entre 0 e 1, sendo o valor de 1 estando na fronteira de eficiência e 0 o mais distante da fronteira da eficiência.

Tabela 2 – Resultados da aplicação do modelo DEA BCC-O na segunda etapa.

DMU	Score	Rank	Benchmark
Nova Zelândia	1,00	1	Cingapura(1,000000)
Cingapura	1,00	1	Hong Kong, China(1,000000)
Hong Kong, China	1,00	1	Cingapura(1,000000)
República da Coreia	0,93	4	Nova Zelândia(1,000000)
China	0,88	5	Cingapura(1,000000)

Verificando agora os resultados obtidos na segunda etapa da aplicação do DEA, temos que as DMUs capazes de se serem mais eficiente em traduzir os inputs: Número de patentes (Espacenet) e Exportação de alta tecnologia (US\$) em outputs: Índice da Competitividade Global e Índice de Inovação são as DMUs que apresentam os maiores valores de Score, e estão localizadas na fronteira de eficiência, e são elas Cingapura, Hong Kong (China) e Nova Zelândia.

Verificando os resultados dos Benchmarks da segunda rodada, a fim de avaliar quais são os países tratados como referências para os demais, quando analisado a capacidade de se transformar os insumos (Número de patentes e exportações em alta tecnologia) em produtos (Competitividade global e Inovação), sendo somente Cingapura sendo referência para os países que não se encontram na fronteira de eficiência.

Cingapura, assim como Nova Zelândia apresenta um baixo número de patentes registradas pelo escritório da Espacenet e também um valor (US\$) abaixo de exportações de alta tecnologia, comparando com as das outras DMUs analisadas na segunda etapa, apresentado valores inferiores de insumos e mesmo assim sendo capazes de gerar valores de produtos superiores as demais DMUs, porém somente Cingapura é tratada como referência, para China e para a República da Coreia por apresentar os maiores valores nos Índices de Competitividade Global e Inovação, isso é devido ao fato de Cingapura apresentar um bom desenvolvimento de sua infraestrutura, funcionamento do mercado de trabalho e também

um sistema de financiamento desenvolvido, apresentado destaques referentes ao ambiente de negócios, políticos e de regulamentação, na facilidade em se conseguir crédito, subsídios aos pequenos produtores e apresentar baixos impostos.

5. Conclusões

A partir desse projeto foi possível avaliar a eficiência tecnológica e a competitividade dos países analisados em relação a sua manufatura industrial, assim como a identificação de diferentes maneiras de se avaliar a eficiência tecnológica e o melhor modelo DEA para análise da eficiência tecnológica. E também identificar qual o impacto da inovação e competitividade de cada país analisado dependendo de sua estrutura e qualidade tecnológica no ramo de manufatura.

A principal contribuição deste trabalho está relacionada na avaliação comparativa da eficiência tecnológica e na competitividade dos países analisados, que tem como o objetivo destacar as nações capazes de serem mais eficientes em se obter uma maior eficiência em traduzir os inputs analisados em competitividade e eficiência tecnológica.

A ferramenta utilizada para a análise de eficiência dos países foi o método DEA e mostrou-se uma ferramenta muito importante para determinar quais os principais fatores que influenciam na eficiência tecnológica e competitividade dos países, e desta maneira conclui-se que os principais fatores capazes de influenciar na melhora da eficiência dos países está relacionada ao valor agregado em manufatura, na primeira aplicação do modelo DEA, e na segunda aplicação do modelo DEA, o input capaz de melhor influenciar a melhora da eficiência é as exportações de alta tecnologia, que por sua vez é maximizada de acordo com o valor agregado em manufatura dos países.

Com a realização da pesquisa foi possível verificar quais são os países capazes de melhor traduzir o número de patentes e as exportações de alta tecnologia em termos de inovação e competitividade em escala global, os países que melhor conseguem fazer são Cingapura, Nova Zelândia e Hong Kong (China) e os motivos em comum desses países terem uma melhor eficiência em transformar os insumos em produtos, ambos esses países apresentam estabilidade política, eficiência do governo, uma boa educação superior, proteção de investidores minoritários, baixos impostos, facilidade de conseguir crédito, alto investimento interno e trabalharem com manufatura de alta tecnologia, portanto conclui-se que para um país aumentar sua eficiência tecnológica e competitividade, tem de se haver um ambiente político eficaz, investimentos no ramo de manufatura e alta tecnologia e também investimento em educação, principalmente no ensino superior.

Para isso teve de se fragmentar em duas etapas, descrito na revisão bibliográfica, para se selecionar os Países capazes de maximizar o número de patentes, exportações de alta tecnologia, inovação e competitividade global, utilizando diferentes inputs para se analisar diferentes perspectivas.

Desta forma, concluiu-se que é viável calcular a eficiência da competitividade e eficiência tecnológica mediante ao uso da técnica de Análise Envoltória de Dados, confirmando-se que o uso da eficiência da tecnologia aumenta a competitividade dos países analisados.

6. Bibliografia

- CORDER, S.M. **Financiamento e incentivos ao sistema de ciência, tecnologia e inovação no Brasil: Quadro atual e perspectivas**. Campinas, 2004. Dissertação (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas.
- Charnes, A.; Cooper, W.W., Rhodes, E. Measuring the efficiency of decision making units. **Eur. J. Oper.** V.1, n. 6, p. 429–444, 1978.
- Garrido, E. C.; Sampaio, R. R.; Pessoa, F. L. P. **Competitividade Tecnológica entre Países: uma análise de dados de patentes na indústria petroquímica**. Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA, Brasil, 2018.
- Kuhl, Marcos Roberto; Cunha, João Carlos. “Obstáculos à implementação de inovações no Brasil: como diferentes empresas percebem sua importância”. Vitória-ES, 2013.
- LACH, S.; SCHANKERMAN. Determinantes dos gastos em p&d no âmbito da OCDE: uma abordagem neoschumpeteriana. **Revista Tecnologia e Sociedade**, 2018.
- Liu, J., Ding, F., Lall, V. “Using data envelopment analysis to compare suppliers for supplier selection and performance improvement”. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 5, n. 3, p. 143-150, 2000.
- MENDONÇA, Maurício. Políticas públicas de inovação no Brasil: a agenda da indústria. **Revista Parcerias Estratégicas**, Brasília, n. 21, p. 5-32, dez. 2005.
- Negri, F.; Rauen, A.T.; SquEFF, F. H. S. **Ciência, Inovação e Produtividade: Por uma nova geração de políticas públicas**. Universidade de São Paulo (USP), 2017.
- Panucci, L.F.; Tomelin, J.; Hein, N. INTENSIDADE TECNOLÓGICA E VOLUME DE EXPORTAÇÃO: UMA ANÁLISE DAS EMPRESAS EXPORTADORAS BRASILEIRAS”. **Revista Capital Científico** Vol. 15 n.4 – Outubro/Dezembro, 2017.
- Rajput, S. Prakash, S. S. Connecting circular economy and industry 4.0. **International Journal of Information Management**, 2019.
- Scartassini, V. B.; Bochi, F.; Junior, R. F. G.; Moura, A. M. M. ESTUDO PATENTOMÉTRICO DAS PATENTES BRASILEIRAS NA VIA PATENT COOPERATION TREATY (PCT)”. **ENANCIB**. Londrina, Paraná.2018.
- Senra, L. F. A. C.; Nanci, L. C.; Mello, J. C. C. B. S.; Meza, L. A. ESTUDO SOBRE MÉTODOS DE SELEÇÃO DE VARIÁVEIS EM DEA. **Pesquisa Operacional**, v.27, n.2, p.191-207, Maio a Agosto de 2007
- Trascajméno, D. L; Aceleanu, M. **Assessing the competitiveness of Romanian manufacturing industry**. International Institute for Social and Economics Sciences, 2015.
- Wagner, B. **A gestão da produtividade na manufatura como fator indutivo na formação de valor agregado de produtos e serviço: um exemplo de aplicações na indústria aeronáutica**. Bauru, Universidade Paulista (dissertação de mestrado), 2008.