



Trajetória recente de eficiência técnica na indústria calçadista: uma abordagem regional por Análise Envoltória de Dados (DEA) dos Arranjos Produtivos Locais (APL) de Franca e Jaú

Murilo Henrique Zucolotto Escardovelli¹;
Ana Elisa Périco²;

Resumo: Historicamente, o estado de São Paulo representa as raízes da produção calçadista no país, porém, o setor passa por um forte processo de reestruturação organizacional, onde grande parte das empresas migraram para outras regiões do país em busca de benefícios econômicos. Ainda assim, o estado de São Paulo continua relevante na produção nacional, característico por se organizar em Arranjos Produtivos Locais (APL). Neste contexto, o presente estudo visa analisar dois casos: o APL calçadista de Franca e de Jaú, a partir da Análise Envoltória de Dados (DEA), no período de 2012 a 2021. Franca foi a única unidade eficiente na amostra, no ano de 2014, apesar de apresentar uma trajetória com tendência decrescente, enquanto, Jaú, apresentou a menor eficiência técnica entre as unidades, porém uma trajetória crescente. Os resultados ainda mostram que duas variáveis são primordiais para o desempenho da eficiência dos APL: Mão de obra e especialização regional. Essa pesquisa se mostra de extrema relevância, uma vez que vem colaborar com a escassa quantidade de investigações sobre o setor utilizando a DEA.

Palavras-chave: Análise Envoltória de Dados; Indústria calçadista paulista; Arranjo Produtivo Local

Código JEL: L25; L67; C61

Área Temática: 1.1 Dinâmicas industriais setoriais e dos sistemas de produção

Recent trajectory of technical efficiency in the footwear industry: a regional approach using Data Envelopment Analysis (DEA) of Local Productive Arrangements in Franca and Jaú

Abstract: Historically, the state of São Paulo has been the birthplace of the country's footwear industry; however, the sector is undergoing a major organizational restructuring, with many companies relocating to other regions of the country in search of economic benefits. Nevertheless, the state of São Paulo remains significant in national production, characterized by its organization into Local Productive Arrangements (LPA). In this context, this study aims to analyze two cases: the footwear LPAs of Franca and Jaú, using Data Envelopment Analysis (DEA), for the period from 2012 to 2021. Franca was the only efficient unit in the sample in 2014, despite exhibiting a downward trend, while Jaú had the lowest technical efficiency among the units but showed an upward trend. The results also show that two variables are paramount to the efficiency performance of the LPAs: labor and regional specialization. This research is of extreme relevance, as it contributes to the scarce body of research on the sector using DEA.

Keywords: Data Envelopment Analysis; São Paulo footwear industry; Local Productive Arrangement

¹ Universidade Estadual Paulista - UNESP - Araraquara-FCL. E-mail: murilo.escardovelli@unesp.br

² Universidade Estadual Paulista - UNESP - Araraquara-FCL. E-mail: ana.perico@unesp.br

1. Introdução

As indústrias de manufatura representam uma das mais antigas práticas produtivas e consistem na transformação de matéria prima em produto ou derivados (intermediários), através do emprego de maquinaria e intenso trabalho humano (CORDERO, 2022) e por isso, também recebem o nome de indústrias de transformação. A atividade de manufatura é uma das principais fontes de riqueza e valor agregado no PIB de um país, em geral, por sua característica geradora de emprego e renda. Hallward-Driemeier e Nayyar (2017) afirmam que o setor manufatureiro é um dos que mais contribuem para o PIB nos países desenvolvidos, enquanto nos países em desenvolvimento ou de industrialização tardia, como o Brasil, se encontra entre os três principais setores geradores de valor agregado.

Destacam-se, especialmente nos países em desenvolvimento, modelos de indústria de transformação de baixa tecnologia e que demandam grandes quantidades de mão de obra, as chamadas LTMI (*Low Tech Manufacturing Industry*). As LTMI são caracterizadas por assumirem baixo gasto em capital e um nível de qualificação dos trabalhadores menor, quando comparado a outros segmentos, focando na quantidade e produtividade da mão de obra empregada (QI; LIJUN, 2009).

Entre as principais indústrias LTMI no Brasil, se destaca o setor de produção de calçados. Este setor, no ano de 2021, apresentou um crescimento de sua participação no PIB da indústria de transformação na ordem de 4,5% (ABICALÇADOS, 2022). Além disso, o Brasil ocupou a quinta posição no ranking mundial de produção de calçados no mesmo ano e se sagrou como o décimo segundo maior exportador do produto. O relatório setorial da Associação Brasileira das Indústrias de Calçados (ABICALÇADOS, 2022), mostra o impacto da pandemia de Covid-19 no setor, em especial em 2020, no qual o segmento foi fortemente atingindo, com um encolhimento produtivo na ordem de 18,4%. Sendo um setor intensivo em mão de obra, as práticas de isolamento e os ciclos de consumo afetaram seu desempenho. Porém, logo em 2021, o setor deu sinais de recuperação, apresentando um crescimento de 9,8%, mesmo com as condições adversas.

A pandemia não foi o único desafio da indústria calçadista nas últimas décadas. Pereira Júnior (2015) mostra que o setor tem sofrido desde a década de 1970, forte pressão dada a perda de competitividade externa frente ao processo de globalização e abertura comercial. Cano (1997), interpreta a pressão sobre a indústria nacional na mesma década, como fruto da transição da segunda para a terceira revolução industrial e do surgimento de um novo modelo de acumulação capitalista, que aumenta o risco e a incerteza do capital privado e penaliza países subdesenvolvidos através do aumento da dependência externa. As transformações nos paradigmas organizacionais têm impactado na organização espacial e regional dos setores, fazendo com que as firmas tenham maior seletividade espacial, em busca de vantagens competitivas em outros territórios (WHITACKER; VERDELHO, 2015). Esses processos não seriam diferentes na indústria calçadista brasileira, que passa a aderir estratégias para manter a competitividade no mercado externo, buscando localidades com melhores condições para produzir, como mão de obra barata e benefícios fiscais. Surge, assim, o processo de reorganização regional do setor. A partir dos anos 90, com a escalada da abertura comercial e fortalecimento da guerra fiscal, a indústria calçadista passou por intenso processo de descentralização (PEREIRA JÚNIOR, 2015). Um dos estados mais impactados foi São Paulo, onde grandes empresas transferiram suas plantas produtivas para outras regiões do país, especialmente ao Nordeste, devido aos menores custos de mão de obra e a extensa gama de benefícios fiscais (SANTOS et al., 2002).

Mesmo frente ao processo de reorganização setorial, o estado de São Paulo, cujas origens e tradição no ramo calçadista remontam o século XIX, não perdeu completamente sua relevância no território nacional, visto que aparece como o sexto maior produtor dentro do país, responsável por 5,5% da produção nacional. Um fator essencial que permite ao estado manter sua relevância, é a presença de aglomerações calçadistas nas cidades de Franca, Birigui e Jaú, que juntas corresponderam a 76,2% da produção paulista no ano de 2021 (ABICALÇADOS, 2022). Estes arranjos são característicos por possuírem extensa quantidade de micro e pequenas firmas, em geral, familiares, com alta heterogeneidade estrutural. Com a saída de grandes empresas dado o processo de realocização, as firmas de menores escalas se concentram nestes polos e adotam estratégias focadas na redução de custos e no aproveitamento dos ganhos de aglomeração, em busca de eficiência coletiva (Souza; de Paula; Fuck, 2012). A organização industrial do setor se mostra de extrema importância para compreender seu desempenho no estado de São Paulo.

Os Arranjos Produtivos Locais (APL), são uma das formas mais comuns de organização da produção calçadista, cuja trajetória de formação e consolidação do modelo como estrutura central do setor,

remonta a década de 1960, quando o país se estabelece como um dos grandes fornecedores de calçados para o mercado estadunidense (Garcia, 2001). A reorganização regional do setor, a partir da década de 90, também tem fortes influências para o fortalecimento dos APL, especialmente, para as pequenas firmas que buscam competitividade nos ganhos de aglomeração se concentrando em APL e se aproveitando da elevada oferta local de mão de obra (SOUZA; DE PAULA; FUCK, 2012). Millanze e Batalha (2008), definem os *clusters* ou APL, como uma concentração geográfica de agentes que atuam em um mesmo segmento industrial e que objetivam a formulação conjunta de políticas públicas e privadas em busca da eficiência coletiva. Albuquerque e Britto (2002) completam que a integração destes agentes acaba por conferir vantagens competitivas e eficiência para uma região particular, por meio de economias de aglomeração.

Dado o contexto setorial, nota-se que há uma importância fundamental em medir o desempenho técnico-produtivo e a competitividade da indústria calçadista. Uma das formas que a eficiência da indústria de calçados tem sido investigada na literatura é por meio da construção de modelos de Análise Envoltória de Dados (DEA). A literatura internacional é predominante, com trabalhos como o de Guajala et al. (2022), Cordero (2022) e Marín et al. (2009), que elegem regiões produtoras de calçados em países da América Latina e constroem indicadores de eficiência a partir de modelos reduzidos, contendo os fatores de produção clássicos. O papel da estrutura regional para a eficiência técnica, nestes trabalhos, é discutido marginalmente e não é incorporado aos modelos. Há uma lacuna na literatura nacional, cuja aplicação da metodologia para estudo do setor é bastante limitada, como por exemplo, o trabalho de Antunes (2020), que apesar de investigar firmas regionalmente localizadas, não incorpora no modelo os fatores de competitividade e eficiência coletiva dos APL.

As evidências de eficiência técnica por meio de modelos DEA para o estado de São Paulo são ainda menores. A grande maioria dos estudos para o estado focam apenas em fatores qualitativos da competitividade calçadista, focando em variáveis ligadas à produtividade do fator de produção trabalho, uma vez que este é um setor intensivo em mão de obra, dando pouca evidência nos efeitos de aglomeração para o desempenho do setor. Por fim, a discussão de sustentabilidade na produção também é incipiente nos estudos sobre o setor, especialmente quando se refere à incorporação destas variáveis a modelos DEA.

Neste sentido, o presente estudo tem por objetivo colaborar com a redução da lacuna na literatura quanto à aplicação de modelos DEA na indústria de calçados paulista. Para fins desta investigação, convém destacar os APL de Franca (maior porte) e o de Jaú (menor porte), como estudos de caso. Por isso, a pesquisa ora apresentada visa responder: Quais as trajetórias de eficiência técnica nesses dois arranjos produtivos? Quais variáveis possuem maior impacto na determinação da eficiência em Franca e Jaú?

Portanto, para cumprir com o objetivo do trabalho, será utilizada uma abordagem DEA para a construção de indicadores de eficiência técnica para Franca e Jaú, no período de 2012 a 2021. O estudo visa se afastar de uma modelagem que inclua apenas os fatores clássicos de produção do setor, implementando um modelo amplo capaz de compreender os três fatores principais de competitividade presentes em um APL do setor calçadista: fatores produtivos, regionais e de sustentabilidade (ESG). Adicionalmente, será testada a contribuição dos *inputs* do modelo sobre a eficiência, a partir de testes econométricos, para identificar quais variáveis possuem mais relevância para o desempenho do setor no estado de São Paulo.

Este trabalho está estruturado da seguinte maneira: a Sessão 2 mostra a síntese de importantes pesquisas nacionais e internacionais envolvendo a temática de eficiência nas indústrias de calçados e uma bibliografia complementar sobre APL; a Sessão 3 trata da metodologia e modelagem do estudo, enquanto a Sessão 4 mostra os resultados encontrados. Fica a cargo da Sessão 5 fazer as considerações finais.

2. Revisão Bibliográfica

Esta seção se subdivide em duas: A primeira, destinada a apresentar obras relacionadas à eficiência técnica das indústrias calçadistas, de modo a justificar a escolha de variáveis para o modelo proposto; a segunda, trata dos APL calçadistas, servindo tanto de base teórica como para caracterização destes arranjos.

2.1 Eficiência técnica das indústrias de calçado e manufatura

Marín, Tobón e Gutiérrez (2009), avaliaram o desempenho de 79 firmas colombianas do setor calçadista em quatro regiões, através do método de Eficiência Estocástica. Ao todo foram utilizadas 11

variáveis nos modelos. A “Produção diária de pares de sapato” foi escolhida como variável dependente e as outras 10, foram tratadas como explicativas, dentre as quais se destacam: a quantidade de empregados, investimento em máquinas e tamanho da firma. Os resultados indicam que as empresas colombianas operavam com uma eficiência média de 63%. Os fatores ligados a mão de obra e a antiguidade da firma, se mostraram os mais importantes para as regiões, uma vez que a elasticidade calculada foi de 0,19% e 0,33% sobre o aumento da produção, respectivamente. Variáveis ligadas ao investimento, como inversão em máquinas e equipamentos, por sua vez, tiveram efeito negativo ou não significativo.

Antunes (2020) analisou a eficiência de uma indústria calçadista do Brasil, coletando dados em 5 plantas em diferentes estados, entre janeiro de 2017 a junho 2019. Foram calculados os indicadores eficiência técnica, econômica e alocativa. Para isso, foi utilizado um conjunto de 10 parâmetros de *inputs* e 1 parâmetro de *output*. Alguns dos *inputs* utilizados são: números de trabalhadores diretos; matéria prima para couro e número de retrabalhos. O número de pares faturados foi utilizado como variável de *output*. Os resultados médios encontrados para os indicadores de eficiência nas cinco plantas investigadas, foram de 82% para a eficiência técnica, 60% para a eficiência econômica e 71% para a eficiência alocativa. O autor conclui ressaltando que, apesar da importância dos outros indicadores de eficiência nas análises da indústria, a eficiência técnica apresenta grandes vantagens em sua utilização, uma vez que indicam oportunidades diferentes e aspectos não incorporados pelas demais.

A obra de Stefanoni e Voltes-Dorta (2021), apesar de não tratar diretamente da indústria calçadista, tem como objetivo incluir na temática da eficiência de manufaturas, indicadores que analisem os aspectos ESG (Environmental, Social and Governance), para além dos já difundidos indicadores financeiros e operacionais. A necessidade de revisão desta obra reflete a ausência de bibliografia que incorpore o estudo das ESG no setor calçadista. Os autores calcularam a eficiência técnica para 33 montadoras internacionais de automóveis no período de 2014 a 2017, incluindo os chamados ESG scores, como *outputs* do modelo. O ranking de empresas eficientes do setor de automóveis muda conforme os indicadores de sustentabilidade considerados. A média da eficiência técnica foi maior para os modelos ajustados na dimensão Governança, e menor na dimensão Social. Por exemplo, as empresas europeias subiram nos rankings de eficiência técnica quando incorporados aos modelos os aspectos ESG de Governança e Ambiental.

Por fim, dois trabalhos representam contribuição mais recente e robusta na literatura internacional, quanto a aplicação da metodologia DEA no setor calçadista, e se assemelham aos objetivos deste estudo. O primeiro deles é o de Guajala et. al (2022), que estuda as indústrias de calçado da província de Tungurahua no Equador, a partir da relação entre a eficiência técnica e os fatores de produção, no período de 2013 a 2018. Foram utilizadas duas etapas de investigação: uma abordagem DEA e uma análise econométrica controlada pelos índices de localização e urbanização. Para isso, contaram com variáveis de *inputs*: Matéria prima, Ativos fixos, Gastos com trabalhadores e Capital investido. O *output* considerado foi o volume de vendas líquidas de calçados. O resultado da análise de eficiência técnica determinou que apenas 26% das empresas da província equatoriana são totalmente eficientes. A etapa econométrica, por sua vez, mostrou que os aumentos nas variáveis de ativos fixos são inversamente proporcionais à eficiência técnica, ressaltando a característica do setor em ser de baixa intensidade em capital. A variável “gastos com trabalhadores”, no entanto, teve efeito positivo sobre a eficiência, mostrando a relevância da intensidade da mão de obra ao setor e a importância da produtividade desta variável como fonte de eficiência técnica.

Cordero (2022), investiga a eficiência técnica das indústrias de calçado da “Zona 2” no Equador, no período de 2014 a 2019. Foram utilizados os mesmos passos e as mesmas variáveis de Guajala et al. (2022). Os resultados da modelagem DEA mostram que as firmas calçadistas operaram com eficiência média de 53%, valor muito próximo ao observado para o setor na América Latina, sendo que os anos de 2014 e 2018 obtiveram incrementos significativos a eficiência. A análise da contribuição dos *inputs* para a eficiência, realizada através do modelo econométrico, mostra que a variável “capital investido” apresentou relação negativa, onde cada unidade adicional de ativos fixos instalados colaborou para redução do indicador de eficiência. As variáveis de gastos com trabalhadores apresentaram relação positiva, o que está ligado à natureza trabalho-intensiva do setor. Os elevados índices de localização nesta região contribuem para a concentração populacional e aumento da mão de obra disponível.

É possível notar que a grande maioria dos trabalhos elege uma região, ou conjunto de firmas aglomeradas ao redor de uma localidade, como recorte espacial. Este é um aspecto locacional característico

do setor, uma vez que a indústria calçadista opera sobre uma forte base territorial. O setor calçadista paulista também se aglomera ao redor de municípios historicamente formados, e se aproveita da especialização da mão de obra e das relações institucionais das localidades. É neste sentido, que na seção seguinte, busca-se entender o papel do território e dos APL sobre a indústria paulista de calçados.

2.2 Arranjos Produtivos Locais (APL)

A concentração regional no setor calçadista tem raízes que remontam o processo de assentamento de imigrantes italianos no século XIX ao redor de fazendas cafeeiras, e que encontram, na década de 70, sua consolidação por meio dos APL, como forma de se enquadrar ao novo modelo de acumulação industrial. Dada a relevância do território para o setor, esta seção revisa algumas literaturas sobre APL, principalmente voltados a indústria de calçados paulista, a fim de caracterizá-los e identificar variáveis para o modelo.

Albuquerque e Britto (2002), buscaram identificar *clusters* brasileiros nos setores têxtil-vestuário e eletrônica-telecomunicações, a partir de dados da RAIS de 1997, através do cálculo do Quociente Locacional (QL). Os *clusters*, segundo os autores, podem ser identificados a partir de quatro critérios: a) aglomeração de atividades similares no espaço; b) divisão do trabalho entre as firmas aglomeradas; c) o tipo de interação entre elas; e d) a trajetória histórica e evolutiva da aglomeração. Nos dois setores investigados, foram encontradas um total de 140 aglomerações industriais, responsáveis por 7,4% dos empregos da indústria de transformação no ano em questão. Das 140 aglomerações, após a subposição de categorias qualitativas, verificou-se que apenas 31 delas poderiam ser consideradas como *clusters*, a maioria pertencente ao setor têxtil-vestuário, o qual o setor calçadista faz parte.

Garcia et al. (2003) incrementam a discussão, a partir da aplicação da metodologia de Gini Locacional (GL) e QL, para delimitar os chamados Sistemas Locais de Produção (SLP), aplicando-a na indústria de calçados do estado de São Paulo, no ano de 1998, para os principais municípios ou microrregiões: Franca, Birigui e Jaú. Os autores definem os SLP como aglomerados de agentes de diversas vertentes que se encontram em um mesmo território e que possuem, entre si, fortes vínculos de cooperação e aprendizagem mútua, incluindo as relações entre as instituições públicas e privadas, formadores de capital humano, entidades de financiamento, entre outras. Quando os SLP possuem baixa articulação entre os agentes locais e reduzido conteúdo de inovação, são chamados de APL. Garcia et al. (2003) entendem que o setor calçadista se enquadra mais no conceito de APL.

Alinhado com o objetivo deste estudo, dois arranjos são destacados: Franca e Jaú. Os resultados encontrados por Garcia et al. (2003), para Franca, mostram que a cidade apresentou indicadores de especialização elevados na fabricação de calçados de couro, gerando um total de 11.271 empregos formalizados. Franca também se destaca por seu “encadeamento para trás”, ou seja, a presença de inúmeras atividades de processamento anterior ao calçado, como o tratamento de couro e infraestrutura institucional, como os sindicatos e instituições para qualificação de mão de obra. O município possui forte conteúdo de exportação, especialmente para tradicionais mercados importadores de calçados, como os Estados Unidos.

Jaú, por sua vez, é especializada nos calçados femininos de couro e outros materiais, onde estes se apresentam como o segmento mais importante para o município, e com oferta voltada em grande medida ao mercado interno e regional, com baixo dinamismo exportador. Quanto ao encadeamento produtivo, este é relativamente frágil, sendo que boa parte dos insumos e serviços vem de outros polos produtores importantes como Franca e o Vale dos Sinos.

Nota-se que as terminologias *cluster* e APL, são muitas vezes utilizadas como sinônimos na literatura. O conceito de *cluster* está em grande medida, relacionada ao trabalho seminal de Porter (1990), que observa ganhos de competitividade em aglomerações produtivas. Contudo, a contribuição do autor parte da observação de fatos estilizados em países desenvolvidos, cujas condições de competitividade e inovação são bastante distantes da periferia do capitalismo. Uma vasta corrente da literatura nacional, por sua vez, escolhe trabalhar com o conceito de APL, que focam nas trajetórias históricas de formação de aglomerações industriais, a partir de aspectos presentes nas economias em desenvolvimento. O presente estudo adere o uso do conceito de APL, entendendo que este é mais adequado as características do setor.

3. METODOLOGIA

3.1 Proposta de Modelo teórico de eficiência

A fim de atingir o objetivo do estudo, é necessário definir as variáveis de *input* e *output* que comporão o modelo. Após revisão bibliográfica, a partir de critérios técnicos (quanto às características das bases de dados) e qualitativos (quanto sua aplicabilidade), foram selecionadas as variáveis que mais se apresentavam na literatura e as que estavam disponíveis para compor a amostra.

Foram selecionadas, portanto, 10 variáveis preliminares para o teste de validação. Como *inputs*, foram escolhidos: (i) Matriculados no Ensino Técnico por Habitante, (ii) Desembolsos do BNDES; (iii) Trabalhadores Diretos; (iv) Índice de Especialização; (v) Empresas Sindicalizadas (ESG); (vi) Diversidade da Mão de Obra (ESG) e (vii) Emissão de CO₂ por par (ESG). Já como *outputs*, foram escolhidas as variáveis: (viii) Produção anual de pares; (ix) Exportação e (x) Valor de Transformação Industrial. A amostra escolhida foi de dados anuais entre 2012 e 2021, por ser o período mais recente com dados disponíveis. O quadro 1, resume as principais variáveis do modelo e suas características.

Quadro 1 – Variáveis do modelo para validação

Variável	Função	Unidade de Medida	Bibliografia relacionada	Fonte
Matriculados no Ensino Técnico/Habitante	Input	Índice	MILLANZE; BATALHA (2008)	Censo INEP / INEP Data
Desembolsos do BNDES	Input	Valor Monetário (R\$)	Rincón et al. (2016) apud. Guajala, et al. (2022)	BNDES Dados Abertos – Desembolsos Mensais
Trabalhadores Diretos	Input	Quantidade Absoluta de trabalhadores	Antunes (2020)	RAIS/CAGED Base SEADE
Especialização	Input	Índice calculado a partir do VTI	Garcia e Sampaio (2003)	Calculado a partir de SEADE Indústria
ESG: Empresas Sindicalizadas	Input	Quantidade Absoluta de empresas sindicalizadas	Stefanoni e Voltes-Dorta (2021)	Sinbi; Sindifranca; Sindicalçados Jaú
ESG: Diversidade da Mão de Obra	Input	Quantidade Absoluta de Mulheres empregadas no setor	Stefanoni e Voltes-Dorta (2021)	RAIS/CAGED
ESG: Emissão de CO ₂ p/ par	Input	Toneladas por par	Stefanoni e Voltes-Dorta (2021)	Calculado: ABICalçados; Cheah et. al. (2013)
Produção anual de pares	Output	Quantidade Absoluta	Antunes (2020)	IBGE, Abicalçados (via Sinbi)
Exportação	Output	Valor FOB (US\$)	Marín, Tobón e Gutiérrez (2009)	Comex Stat
Valor de Transformação Industrial	Output	Valor Monetário (R\$)	Garcia e Sampaio (2003)	SEADE Indústria

Fonte: Elaborada pelos autores.

Para garantir a eficácia da metodologia, deve ser mantida uma proporção mínima entre a quantidade de variáveis e o número de unidades investigadas ou Unidades Tomadoras de Decisão (DMU). Nunamaker (1985) e Antunes (2020) recomendam que a quantidade DMU seja três vezes maior que a soma das variáveis. Deste modo, para cada ano investigado, cada APL correspondeu a uma unidade virtual ou DMU. Para atingir o mínimo exigido pela metodologia, a amostra a ser validada para o modelo DEA, além dos APL de Franca e Jaú, também levam em conta o município de Birigui. Por exemplo, o APL de Franca, no período de 2012 a 2021, gerou 10 unidades que, somadas as demais, totalizam 30 DMUs.

Vale também uma ponderação quanto a variável Emissões de CO₂, devido à característica do dado. A emissão de CO₂, tradicionalmente, é uma variável do tipo indesejada, ou seja, quanto menor for o seu valor, maiores os benefícios e melhores são os resultados (relação inversamente proporcional). Porém, os autores, para adequar o dado para a Análise Envoltória de Dados (DEA), utilizaram uma transformação estatística do dado com base em Tschaffon e Meza (2011), para que, quanto maior fosse o resultado da variável, menor fosse a emissão de CO₂. Deste modo, a relação entre a variável e a eficiência técnica passa a ser diretamente proporcional e o sinal esperado de correlação seria positivo.

3.2 Validação do modelo: Análise dos Componentes Principais (PCA-DEA)

Para validar o modelo teórico proposto na seção anterior, foi utilizada a metodologia PCA-DEA, amplamente utilizada em pesquisas internacionais e que, na comparação com outros métodos, apresenta resultados mais precisos e robustos (Adler; Yazhemsky, 2010). O método permite definir pela permanência ou não de variáveis nos modelos, através de estatísticas de teste e matrizes.

A primeira etapa do método são as comunalidades, que indicam a proporção da variância explicada pelas componentes principais. Os valores podem variar entre 0 e 1, sendo 0 quando os fatores comuns não explicam nenhuma parcela da variância e 1 quando a explicam a sua totalidade. Valores abaixo de 0,5 sugerem a exclusão da variável. A Tabela 1 apresenta o resultado das comunalidades para as 10 variáveis do modelo proposto.

Tabela 1 - Comunalidades do modelo	
Variáveis	Comunalidades
Desembolsos do BNDES	0,68
ESG: Diversidade da Mão de Obra	0,94
ESG: Emissão de CO ₂ p/ par	0,96
Matriculados no Ensino Técnico por Habitante	0,79
ESG: Empresas Sindicalizadas	0,94
Especialização	0,92
Trabalhadores Diretos	0,98
Exportação	0,91
Produção anual de pares	0,84
Valor de Transformação Industrial	0,98

Fonte: Elaborada pelos autores.

Para a amostra em questão, todas as variáveis obtiveram valores de comunalidade acima de 0,5, portanto, o teste indica que todas as variáveis podem ser mantidas no modelo, sem a necessidade de exclusão. A maior comunalidade foi da variável “trabalhadores diretos”, (98,4% da variância explicada do componente), evidenciando o fato que o setor calçadista é intensivo em mão de obra. A menor comunalidade, mas não suficiente para exclusão do modelo, foi a “Desembolsos do BNDES”, o que pode indicar uma participação menor do capital público nos arranjos do setor. Sendo a variável “trabalhadores diretos” a que apresentou maior comunalidade, os resultados apresentados, especialmente na análise de produtividade dos fatores (relação *output/input*), serão realizadas com base nela. O trabalho é um fator de produção de extrema relevância para o setor e cuja produtividade é objetivo para a grande maioria das pequenas e microempresas presentes nestes APL (Souza; de Paula; Fuck, 2012)

O segundo passo da validação se trata da matriz quadrada de correlação anti-imagem, que indica a adequação de cada variável para ser usada no método PCA-DEA. Em casos de se detectarem valores pequenos na diagonal (ou seja, $r < 0,5$), deve considerar-se a eliminação da variável. A matriz de correlação anti-imagem das 10 variáveis é do tipo quadrada (10x10) e todos os coeficientes de correlação anti-imagem na diagonal principal da matriz ficaram acima de 0,67, o que indica que nenhuma variável precisou ser subtraída do modelo. A matriz pode ser visualizada no anexo I devido sua elevada dimensão.

As próximas métricas correspondem aos testes KMO e de Bartlett. O teste KMO é uma medida da adequação dos dados que compara as correlações simples com as correlações parciais. Trata-se de um teste que varia de 0 a 1, onde os valores abaixo de 0,5 não classificam os dados como adequados para o método proposto; valores entre 0,5 e 0,8 indicam adequação média; valores entre 0,8 e 0,9 indicam boa adequação; e, por fim, valores entre 0,9 e 1 indicam adequação excelente. O teste de Bartlett, por sua vez, testa a hipótese nula de que a matriz de correlação é uma matriz identidade, isto é, não há correlação entre as variáveis. Valores de significância maiores do que 0,1 indicam que os dados não são adequados para o tratamento com o método PCA-DEA. Os resultados são apresentados na tabela 2.

A medida KMO obtida foi de 0,8, o que segundo a métrica, demonstra uma boa adequação do modelo proposto à amostra de dados obtida, validando-o. Quanto ao teste de Bartlett, a partir da estatística de teste foi obtida a significância igual a 0,000, rejeitando assim a hipótese nula de que a matriz de correlação é uma matriz identidade, ou seja, há correlação entre as variáveis.

Tabela 2 - KMO e Bartlett

Medida Kaiser-Meyer-Olkin		0,8
Teste de Esfericidade de Bartlett	Qui-quadrado aprox.	620,33
	Graus de liberdade	45
	Sig.	0,000

Fonte: Elaborada pelos autores

Por fim, são apresentados os autovalores, que apontam o percentual acumulado da variância dos fatores que explicam o conjunto de variáveis. Os resultados para os autovalores podem ser observados na Tabela 3 e mostram que os dois primeiros fatores explicam cerca de 89,8% da variância, onde a partir do 3º fator, os acréscimos de explicação são marginais. Isso indica que há o predomínio de duas variáveis sobre as demais no modelo.

A partir dos resultados obtidos em todas as etapas da PCA-DEA, o modelo inicialmente proposto, foi considerado validado e adequado ao objetivo do trabalho.

Tabela 3 - Autovalores

Componente	Soma de extração de carregamentos ao quadrado			
	Total	% de variância	% cumulativa	Fatores retidos
1	7,47	74,7	74,7	1
2	1,51	15,1	89,8	2
3	0,62	6,2	96,06	-
4	0,24	2,4	98,4	-
5	0,078	0,78	99,2	-
6	0,027	0,27	99,5	-
7	0,024	0,23	99,7	-
8	0,015	0,15	99,9	-
9	0,004	0,04	99,9	-
10	0,002	0,02	100	-

Fonte: Elaborada pelos autores.

3.3 Retornos de escala: teste Kolmogorov-Smirnov (KS)

A próxima etapa, consiste na escolha de retornos a escala ser empregado (constante ou variável de escala). Banker (1996), sugere a realização do teste de KS, uma vez que escolha da tecnologia é uma questão crucial e, se feita de forma arbitrária, pode produzir resultados viesados. O teste se baseia na distância máxima das distribuições cumulativas dos indicadores de eficiência dos modelos DEA CCR-CRS (retornos constantes de escala) e DEA BCC-VRS (retornos variáveis de escala). O teste avalia a hipótese nula (H_0) de retornos constantes de escala contra a hipótese alternativa de retornos variáveis de escala. A estatística resulta em valores entre 0 e 1, sendo então comparada ao valor crítico obtido. Se, $TSM < D$ crítico, aceita-se H_0 ; se, $TSM > D$ crítico, rejeita-se H_0 .

Ao aplicar o teste KS para a amostra, foi obtido como resultado o valor da estatística de 0,96, que quando comparado ao valor crítico de 0,2940, calculado a 5% de significância, rejeita a hipótese nula do teste, sendo possível aceitar a hipótese de retornos variáveis de escala e, portanto, a aplicação do modelo BCC-VRS na forma dos multiplicadores, orientado a *output* e com as 10 variáveis selecionadas, sendo elas divididas em 7 *inputs* e 3 *outputs*.

3.4 Modelo econométrico

A fim de cumprir com o objetivo de identificar as variáveis que possuem maior influência na determinação da eficiência dos APL estudados, foi desenvolvido um modelo econométrico para estimar o efeito dos *inputs* sobre a eficiência técnica. Para isso, foi utilizado o modelo de análise em painel dado pela Equação 1. O modelo estimado foi baseado em sua versão completa, que inclui os dois arranjos produtivos paulistas já citados e mais o APL de Birigui, compondo os principais arranjos do setor no estado, a fim de observar um efeito sistêmico das aglomerações calçadistas paulistas.

$$\log EFT = \log \alpha + \beta_1 MET(Ensino Técnico) + \beta_2 TD(Trabalhadores Diretos) + \beta_3 E(Especialização) + \beta_4 BNDES(Desembolsos BNDES) + \beta_6 ESGMDO(Diversidade MDO) + \beta_7 ESGCO2(CO2) + \beta_8 ESGSIND(Emp. Sindicalizadas) + \varepsilon$$

(Equação 1)

O modelo foi estimado por Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), e testado para autocorrelação e heterocedasticidade pelos testes de Wooldridge e White, respectivamente. Caso alguma dessas condições fossem identificadas, a estimação seria refeita pelo método de Mínimos Quadrados Ponderados (MQP), a fim de corrigir a eficiência dos estimadores.

4. Resultados do modelo

A partir da estimação do modelo DEA proposto, foi possível chegar nos resultados de eficiência para os APL de Franca e Jaú. Foi calculada também, a produtividade do fator trabalho através da análise *output/input*, uma vez que essa variável apresentou a maior comunalidade calculada e o setor é intensivo em mão de obra. Para isso, a seção será dividida em três subseções, uma para cada APL, a fim de um maior detalhamento dos resultados e uma subseção final para o modelo econométrico.

4.1 Arranjo produtivo de Franca

Os resultados para Franca podem ser observados, na Tabela 4. O arranjo obteve apenas uma unidade eficiente durante o período de análise, enquanto todas as demais unidades ficaram abaixo da fronteira de produção eficiente. O maior indicador calculado, portanto, foi de 100%, identificado no ano de 2014. Os dados da amostra indicam que, para este ano, havia 18.811 trabalhadores diretos no setor e o índice de especialização produtiva do município foi de 71,7%, estrutura que permitiu ao APL produzir 23.400.000 pares de calçados. A eficiência média do APL, por sua vez, ficou em cerca de 92%, acima da média de eficiência dos dois arranjos estudados, que foi de 83,59%. O desvio padrão calculado em Franca foi de 4,97%, o que indica uma baixa variabilidade e maior estabilidade nos indicadores de eficiência de Franca, e que pode ter sido causada por uma distância menor entre a eficiência mínima e máxima.

Tabela 4 - Resultados de eficiência - APL de Franca			
Eficiência técnica		Medidas Estatísticas	
Franca 2012	87, 92%	Máximo	100%
Franca 2013	90,53%	Mínimo	87,92%
Franca 2014	100%	Média	92,13%
Franca 2015	98,06%	Mediana	90,08%
Franca 2016	89,62%	Desvio Padrão	4,97%
Franca 2017	92,48%		
Franca 2018	87,92%		
Franca 2019	98,89%		
Franca 2020	87,92%		
Franca 2021	87,92%		

Fonte: Elaborada pelos autores.

O menor indicador de eficiência registrado no arranjo foi de 87,9% em quatro anos: 2012, 2018, 2020 e 2021. Percebe-se que os maiores níveis de ineficiência ocorreram no período relacionado à COVID-19 (2020 e 2021), durante o qual, alguns fenômenos foram relevantes. O primeiro deles, tem a ver com a variação do consumo, uma vez que, como apontado por Pandini et al. (2018), o setor calçadista possui consumo cíclico, ou seja, o comportamento econômico-financeiro dessas empresas é influenciado por variações na economia, pois produzem bens que não são classificados como de primeira necessidade. Um segundo efeito da pandemia é sobre a demanda e o financiamento do setor, devido as dificuldades de acesso a capital de giro, cancelamento de pedidos, dificuldades em transportar ou escoar a produção e inadimplência dos clientes (CNI, 2020). Por fim, o último efeito está diretamente ligado as medidas de distanciamento social, pois como argumenta Silveira e Marques (2021), nem todas as empresas conseguiram se adaptar às estas restrições, reduzindo sua utilização de capacidade instalada e diminuído o

número de funcionários, duas variáveis essenciais para o desempenho técnico-produtivo do setor calçadista.

Para o caso do ano de 2012, Pires e André (2015), ressaltam possíveis fatores que podem explicar o desempenho do setor no período. O primeiro deles, tem a ver com a desaceleração da economia mundial desde 2009, com forte queda do PIB dos países da OCDE com simultâneo desaquecimento dos mercados norte-americanos e europeus em termos de importação de bens brasileiros. Esse fator é bastante expressivo uma vez que, historicamente, países como os Estados Unidos são fortes e importantes parceiros comerciais da indústria francana, e o desaquecimento desses mercados frente a oferta chinesa de calçados (bem mais competitivos), impacta diretamente na produtividade e estratégia das firmas. Por fim, deve-se ressaltar os efeitos da primeira fase de políticas econômicas descontinuadas dos governos Dilma, iniciados em 2011 com políticas macroprudenciais restritivas, seguida da tentativa de implementação da Nova Matriz Macroeconômica (NMM).

O contexto de 2018 se refere ao cenário de estabilização econômica após a recessão do período 2015/2016 e da implementação de políticas econômicas de cunho neoliberal do governo Temer. Oreiro e de Paula (2019), ressaltam alguns fatores que podem explicar o desempenho do setor no período. O primeiro deles está ligado ao baixo crescimento do país, próximo a 1%, no período 2017/2019, o que economicamente representa uma taxa de crescimento nula. Outro fator citado pelos autores é o “*overkill*” de política macroeconômica no período, que reduziu drasticamente a demanda agregada. A política monetária passou a adotar, desde 2017, uma taxa de juros de curto prazo acima dos juros neutro, indicando forte retração monetária. A política fiscal, acompanhou o ritmo contracionista, tanto nos gastos do governo (com o chamado “Teto de Gastos”), quanto na disponibilidade de crédito, a partir de uma forte redução dos desembolsos do BNDES, dificultando o financiamento de longo prazo.

Concluindo, nota-se uma tendência de eficiência levemente decrescente para o APL em questão, mesmo com um período de grande crescimento de eficiência entre 2012 e 2014. A trajetória decrescente, porém, se acentua em 2016 e alcança o ponto de mínimo em 2018. Mesmo com breve recuperação na trajetória em 2019, a nova tendência positiva foi interrompida pela pandemia nos anos de 2020 e 2021.

Por fim, convém analisar a produtividade média por insumo utilizado no APL (relação *output/input*). Foram calculados três indicadores com base em um mesmo *input* (Trabalhadores diretos), variando apenas o seu *output*. Vale ressaltar que apenas uma variável foi selecionada para análise devido a característica do setor em ser intensivo em mão de obra, e pelo resultado elevado do indicador de comunalidade. Portanto, na Tabela 5 são apresentadas as relações exportação/trabalhadores, pares/trabalhadores, VTI/trabalhadores e a eficiência técnica. Foi utilizada para a análise, uma distribuição por quartis, onde o valor apresentado na tabela se refere ao limite superior dos intervalos da distribuição. Portanto, dados abaixo deste limite, correspondem ao quartil em questão, e valores superiores, correspondem ao quartil seguinte.

Tabela 5 - Razão *Output/Input* - Franca

Unidades	Exportação/ Trabalhadores (US\$)	Pares/ Trabalhadores (Qtd.)	VTI/ Trabalhadores (R\$)	Eficiência
Franca 2012	4428,35	1282,59	84,56	87, 92%
Franca 2013	4117,15	1306,07	80,51	90,53%
Franca 2014	4653,70	1445,96	92,95	100%
Franca 2015	4970,04	1426,30	89,18	98,06%
Franca 2016	4660,20	1275,80	90,74	89,62%
Franca 2017	5320,23	1323,97	84,73	92,48%
Franca 2018	5379,95	1302,14	90,19	87,92%
Franca 2019	5772,47	1453,44	88,04	98,89%
Franca 2020	4087,38	1218,23	89,55	87,92%
Franca 2021	4829,77	1299,49	73,20	87,92%
Quartil 1	4484,68	1286,82	84,61	87, 92%
Quartil 2	4744,98	1304,10	88,61	90,08%
Quartil 3	5232,68	1400,72	90,03	96,60%
Quartil 4	5772,47	1453,44	92,95	100%

Fonte: Elaborada pelos autores.

No ano de maior eficiência (2014), como é possível observar, cada unidade de trabalho empregada produziu 1.446 pares de calçado, US\$ 4.653,70 de exportação e RS 92,95 de VTI. É possível notar que houve a coincidência na alocação dos quartis entre os indicadores pares/trabalhadores, VTI/trabalhadores e eficiência técnica, indicando que estas duas relações de produtividade foram as que mais influenciaram diretamente a eficiência da unidade. Em outras palavras, o que pode se entender é que, para o ano de 2014, o setor calçadista de Franca parece ter apresentado uma alocação da mão de obra com mais produtividade, sendo esta capaz de gerar indicadores elevados tanto em termos de produção (ao olhar para o volume de pares produzidos), quanto em termos de custos e valor gerado (ao olhar para o VTI).

As unidades de menor eficiência técnica do APL correspondem aos anos de 2012, 2018, 2020 e 2021. As unidades em questão pertencem ao primeiro e menor quartil de eficiência (25% menores valores). No ano de 2012, todos os indicadores de produtividade e o indicador de eficiência se alocaram neste mesmo quartil, o que indica que uma aparente baixa produtividade do trabalho pode estar colaborando para o desempenho da eficiência técnica neste ano. Os aspectos conjunturais apresentados por Pires e André (2015), reforçam a observação de baixo desempenho interno e externo do setor neste ano.

Por outro lado, para o ano de 2018 não houve homogeneidade nos quartis estudados em cada indicador, ou seja, a baixa eficiência deste ano não aparenta ter ligação com problemas na produtividade dos fatores estudados, uma vez que grande parte delas se encontra no quartil de maior eficiência. Isso implica que a baixa eficiência pode ter sido gerada por problemas de produtividade de outras variáveis não analisadas, choques externos ou externalidades geradas pela aglomeração e cadeia produtiva do APL neste ano. As análises de Oreiro e de Paula (2019), reforçam o argumento de que, em 2018, os problemas do setor em termos de eficiência técnica não são do lado da oferta, ou seja, da produtividade dos fatores, mas sim, um problema de falta de demanda dado o “*overkill*” de política econômica neoliberal. O baixo desempenho de 2021, por sua vez, tem contribuição da reduzida produtividade do trabalho em termos de pares produzidos e da baixa produtividade do trabalho em termos do VTI gerado, uma vez que há coincidência entre estes quartis. Os resultados de 2020 e 2021 estão diretamente ligados aos efeitos conjunturais da COVID-19, como a quebra das cadeias de valor e de logística, redução do emprego como forma de se adequar as medidas de distanciamento social, queda da demanda, entre outros.

Convém selecionar uma unidade que tenha sido alocada em um quartil entre os extremos da distribuição (segundo ou terceiro quartil). Nesse sentido, foi escolhida a unidade no ano de 2016, alocada no segundo quartil da amostra, com uma eficiência de 89,6%. Neste caso, nota-se uma relação direta da eficiência com os indicadores de produtividade exportação/trabalhadores. Mesmo em meio a recessão econômica brasileira no período, a eficiência do setor calçadista francano neste ano parece ter sido conduzida pelo desempenho menos dinâmico do setor externo.

Ao analisar a distribuição dos indicadores de produtividade nos quartis, nota-se que, para as 10 unidades virtuais analisadas, a razão Pares/Trabalhadores apareceu com maior frequência em um mesmo quartil que a eficiência do modelo, cerca de 70% dos casos. Isso mostra que este indicador de produtividade é bastante relevante para o desempenho do setor calçadista no APL de Franca.

É interessante notar que existem casos em que não há a convergência de quartis, onde a eficiência técnica parece não responder muito bem ao resultado das relações *output/input* estudadas, como é o caso de 2018, em que os indicadores de produtividade não tiveram convergência alguma com a eficiência. Casos como este denotam a predominância de outras variáveis do modelo que não foram analisadas nas relações *output/input*, e que podem ter sido mais relevantes na determinação direta do nível de eficiência, como por exemplo, os efeitos dos investimentos medidos pela variável Desembolsos do BNDES, ou mesmo o nível de qualificação da mão de obra. É provável que essa seja a principal explicação para estes casos.

Apesar disto, por se tratar de arranjos produtivos, onde agentes individuais de um mesmo segmento industrial buscam eficiência coletiva, não se pode descartar o impacto sobre a eficiência, ainda que indiretamente, dos fatores locais e regionais exógenos ao modelo. Entre eles podem-se destacar as sinergias entre as empresas locais, sinergias entre os APL paulistas e de outros estados, investimentos em firmas de bens de capital correlacionadas, abertura ou fechamento de entidades de representação e/ou de qualificação profissional, reorganização das firmas (migração para outros estados), ambiente de inovação, entre outros aspectos não captados pelo modelo. Esses elementos podem impactar a eficiência de maneira indireta, através de alterações na produtividade das variáveis do modelo proposto e na demanda das firmas.

4.2 Arranjo produtivo de Jaú

Os resultados para os indicadores de eficiência técnica do APL de Jaú são apresentados na Tabela 6, assim como as estatísticas descritivas calculadas para a amostra. Como pode ser observado, não houve unidades eficientes para o período estudado, ou seja, todas as unidades virtuais ficaram abaixo da fronteira de produção. A eficiência média do município foi de 75%, com um desvio padrão de 12,55%, o que indica uma maior variabilidade dos indicadores se comparados com Franca, indicando que a eficiência se distancia da média do arranjo produtivo ao longo do recorte analisado. Essa maior variabilidade pode ser explicada pela maior distância entre os indicadores máximos e mínimos de eficiência, uma vez que Jaú apresenta o menor indicador de eficiência dentre os dois arranjos estudados.

Tabela 6 - Resultados de Eficiência - APL Jaú

Eficiência técnica		Medidas Estatísticas	
Jaú 2012	54,98%	Máximo	87,92%
Jaú 2013	58,85%	Mínimo	54,98%
Jaú 2014	65,93%	Média	75,03%
Jaú 2015	68,02%	Mediana	76,32%
Jaú 2016	87,37%	Desvio Padrão	12,55%
Jaú 2017	87,92%		
Jaú 2018	76,75%		
Jaú 2019	86,66%		
Jaú 2020	75,90%		
Jaú 2021	87,92%		

Fonte: Elaborada pelo autor.

Mesmo sem atingir a fronteira de eficiência, dois anos obtiveram os maiores valores para a amostra: 2017 e 2021, com 87,92% de eficiência técnica. Para o ano de 2017, os dados indicam que havia 4.077 trabalhadores diretos no setor e a especialização do município foi de 17,3%, o que permitiu ao arranjo produzir 6.900.000 pares de calçados. Já para o ano de 2021, o total de trabalhadores diretos correspondeu a 3.078 funcionários e a especialização produtiva regional ficou por volta dos 18,4%, com um volume de produção de 7.100.000 pares de calçados. A menor eficiência técnica calculada correspondeu ao ano de 2012, cujo indicador de eficiência foi de 54,9%. Os dados mostram que neste ano havia 6.661 trabalhadores diretos e o indicador de especialização produtiva regional em Jaú foi de 27,7%. A combinação destes e de outros fatores produziram um total de 8.900.000 pares de calçados.

Nota-se, portanto, para Jaú, uma tendência crescente na eficiência, diferentemente de Franca, apresentando um rápido ganho de eficiência nos primeiros cinco anos, seguido de uma estabilização do indicador. Ainda assim, é possível notar que este é um APL de média-baixa eficiência, já que na maior parte da série histórica o indicador foi alocado no menor quartil da distribuição, e a média do APL ficou abaixo dos 80% de eficiência.

Em termos de enfrentamento da pandemia, Jaú, diferentemente de Franca, reagiu rapidamente aos efeitos adversos da crise uma vez que recupera eficiência na passagem de 2020 para 2021, saltando de 75,9% para 87,9%. Mesmo com a crise sanitária ainda em estado crítico, 2021 foi um dos anos de maior eficiência para o arranjo. Parece que a produção de Jaú, esteve menos exposta as variações cíclicas de consumo durante a crise sanitária.

Há algumas hipóteses que podem explicar a diferença de comportamento entre os APL de Franca e Jaú durante a pandemia. A principal delas tem a ver com o grau de dependência da Cadeia Global de Valor (CGV) e da inserção comercial externa dos APL. O município de Jaú é característico por ter uma estrutura produtiva bastante reduzida, com a maioria das firmas sendo de porte pequeno se tratando de um APL pouco dinâmico em sua inserção no comércio internacional, com baixo *quantum* exportado e com grande parcela de sua produção destinada ao mercado interno regional e com grande quantidade de insumos obtidos internamente (Garcia et al., 2003 e Zingano; Oliveira, 2014). Este aspecto, faz com que o APL esteja menos sujeito a alterações de demanda externa, sendo mais dependente do mercado interno que tende a ser mais estável. Franca por sua vez, é caracterizado por possuir um maior número de médias e grandes empresas, amplamente consolidadas e que possuem maior acesso ao mercado internacional, o que aumenta sua exposição aos ciclos de consumo e a quebra das CGVs.

Outro aspecto se relaciona com o tipo de produto exportado. Jaú tem um produto mais nichado, os calçados femininos, um mercado com maior concorrência e apelo interno, o que permite relativa estabilidade na demanda destas firmas. Franca, por outro lado, é especializado nos calçados de couro masculinos e cujo principal consumidor é os Estados Unidos, o que certamente expõe o setor a maior volatilidade dos ciclos e imputa maior dependência externa. Com a quebra das CGVs durante a pandemia, certamente o APL francano é fortemente afetado e demora mais a responder a este processo.

O arranjo registra um ganho de eficiência acelerado no período de 2012 a 2016, em um período economicamente conturbado, como apresentado por Pires e André (2015), com desaceleração do crescimento mundial e das exportações brasileiras, seguido de recessão econômica nos anos de 2015/2016. É provável que o desempenho do APL no período seja devido suas características de menor dependência do mercado externo, uma vez que sua inserção é muito limitada, focada em um mercado local. O ganho de eficiência só desacelera no APL com o ápice da recessão brasileira, em 2016, mas ainda assim, sem voltar a uma tendência decrescente. Isso ressalta a estabilidade do mercado local atendido por Jaú, mas também expressa a características das suas firmas: pequenas e de pouco encadeamento, dependentes do desempenho local do arranjo para sua eficiência.

Por fim, resta a análise da produtividade média por insumo utilizado no arranjo local (relação *output/input*). Serão calculados na análise os mesmos três indicadores utilizados na seção anterior, com base no *input* “Trabalhadores diretos”. Vale lembrar que, apesar da escolha desta variável, outras 6 variáveis foram utilizadas no modelo, porém, apenas uma selecionada para análise. Portanto, na Tabela 7 são apresentadas as relações exportação/trabalhadores, pares/trabalhadores, VTI/trabalhadores e o indicador de eficiência técnica para o APL de Jaú. Foi utilizada, novamente, uma distribuição por quartis nos mesmos moldes anteriores.

Tabela 7 - Razão *Output/Input* – Jaú

Unidades	Exportação/ Trabalhadores (US\$)	Pares/ Trabalhadores (Qtd.)	VTI/ Trabalhadores (R\$)	Eficiência
Jaú 2012	125,10	1336,13	44,44	54,98%
Jaú 2013	108,68	1548,52	46,62	58,85%
Jaú 2014	88,82	1645,41	51,77	65,93%
Jaú 2015	72,31	1788,26	41,56	68,02%
Jaú 2016	132,50	1980,96	43,99	87,37%
Jaú 2017	230,91	1692,42	34,91	87,92%
Jaú 2018	400,12	1953,86	46,37	76,75%
Jaú 2019	473,60	1796,75	53,67	86,66%
Jaú 2020	322,07	2122,82	52,98	75,90%
Jaú 2021	443,40	2306,69	46,09	87,92%
Quartil 1	112,79	1657,16	44,10	66%
Quartil 2	181,71	1792,51	46,23	76%
Quartil 3	380,61	1974,18	50,48	87%
Quartil 4	473,60	2306,69	53,67	87,9%

Fonte: Elaborada pelo autor.

A começar pelas unidades de maior eficiência, nos anos de 2017 e 2021. Para cada trabalhador empregado no setor em 2017, foram produzidos 1.692 pares de calçados, US\$230,91 de exportação e R\$34,91 de VTI. Neste ano, não houve coincidência entre o quartil de eficiência técnica e dos indicadores de produtividade analisados, o que pode indicar que a produtividade de outros fatores não observados fora mais relevante para o bom desempenho técnico deste ano. No ano de 2021, por outro lado, foram produzidos 2.307 pares de calçados, US\$443,40 de exportação e R\$46,09 de VTI por trabalhador direto empregado. Foi possível identificar uma importante contribuição direta da produtividade da mão de obra em termos de exportação e pares produzidos para a composição de eficiência deste APL, sendo que os quartis de ambos os indicadores foram o mesmo quartil do índice de eficiência técnica. Vale observar que os valores absolutos dos indicadores de produtividade são muito menores quando comparados aos de Franca, o que reforça o fato deste arranjo ser menos dinâmico e com menor encadeamento no estado.

Para a unidade de menor eficiência, ano de 2012, fica claro que houve uma influência negativa da baixa produtividade do trabalho em relação ao número de pares produzidos, uma vez que foi o único indicador em mesmo quadrante que a eficiência técnica. Cada unidade de trabalhador empregado produziu para o município 1.336 pares de calçados, US\$ 125,10 de exportação e R\$ 44,44 de VTI. Ressalta-se o contexto econômico do período, evidenciado por Pires e André (2015), de políticas macroeconômicas descontinuas e com caráter inicial contracionista de demanda e crédito, o que pode ter alterado a estrutura de custos das firmas e prejudicado o desempenho de eficiência técnica neste ano.

Para completar a primeira etapa da análise, convém selecionar uma unidade que tenha sido alocada em um quartil entre os extremos da distribuição (segundo ou terceiro quartil). Nesse sentido, foi escolhida a unidade no ano de 2015, cuja eficiência técnica calculada foi de 68,02%, correspondente ao segundo quartil da distribuição. Neste ano, para cada unidade de trabalho direto utilizado na produção, foram gerados US\$ 72,31 de exportações, 1.788 de pares produzidos e R\$ 41,56 de VTI. Enquanto as relações exportações/trabalhadores e VTI/trabalhadores pertencem ao primeiro quartil da amostra, o indicador pares/Trabalhadores é o único que se encontra no segundo quartil, assim como a eficiência técnica. Fica nítido, mais uma vez, a fundamental importância da produtividade do trabalho dada pela relação pares/trabalhadores para a composição de eficiência deste APL.

Portanto, em termos gerais, é possível notar que para Jaú, 70% dos anos analisados tiveram parte da sua eficiência explicada diretamente pela produtividade do trabalho em relação ao número de pares produzidos (relação pares/trabalhadores), destacando-se os anos de 2013, 2014 e 2021 que, para além da produtividade em termos de produção, foram também influenciados indiretamente pela relação de produtividade exportação/trabalhadores. O ano de 2018 foi uma exceção, onde seu nível de eficiência técnica foi explicado pela produtividade VTI/trabalhadores. Por sua vez, os anos de 2017 e 2020 não obtiveram coincidência entre os quartis dos indicadores de produtividade e de eficiência.

Novamente ressaltamos que estas situações em que não há coincidência entre os quartis são, provavelmente, causadas por variáveis do modelo que não foram analisadas nas relações *output/input*. Estas podem ter sido mais relevantes na determinação direta do nível de eficiência do que a variável selecionada para a análise. Os efeitos macroeconômicos e conjunturais, descritos por Pires e André (2015) e Oreiro e de Paula (2019), assim como os efeitos microeconômicos e de organização industrial, descritos por Zingano e Oliveira (2014) e Souza, de Paula e Fuck (2012), também devem ser considerados. Aspectos como, o “*overkill*” de políticas macroeconômicas restritivas e neoliberais, a gradativa redução da inserção comercial externa do setor e o processo de reorganização regional da indústria calçadista, impactam indiretamente os indicadores de produtividade, através de alterações em variáveis do modelo, como o volume de Desembolsos do BNDES, o índice de especialização, entre outras.

Cabe ponderar que, se tratando de APL, não se pode descartar a contribuição marginal e indireta de fatores locacionais e regionais exógenos à análise, que podem agir sobre a eficiência do modelo em alguns anos em específico, sem necessariamente promover grandes alterações em sua produtividade. São exemplos de fatores locais latentes: o surgimento de novas instituições, novos fluxos comerciais inter-regionais, processos de entrada e concentração de firmas, alterações nas estruturas de custos, entre outros fatores.

4.3 Resultados do modelo econométrico

Por fim, resta identificar a contribuição das variáveis de *inputs* do modelo DEA na composição da eficiência técnica, identificando o sinal de correlação de cada variável através do método de regressão linear múltipla de Mínimos Quadrados Ordinário (MQO), aplicado a dados em painel. Testar estatisticamente o grau de explicação dos *inputs* sobre a eficiência técnica é uma prática comum na literatura revisada, como em Marín, Tobón e Gutiérrez (2009), Guajala et al. (2022) e Cordeiro (2022), e é recomendável para aprofundar as discussões dos resultados do modelo DEA.

Foram utilizadas como *proxies* dos fatores de produção (insumos), as 7 variáveis de *input* do modelo DEA, sendo estas incorporadas no modelo econométrico deste trabalho como variáveis explicativas da eficiência técnica. Estes *inputs* foram escolhidos a partir de dois critérios: 1) são as variáveis que mais se relacionam e que são amplamente utilizadas nos estudos especializados no setor, captando os principais fatores de competitividade; 2) as variáveis de *input* foram amplamente revisadas, testadas e validadas por meio de metodologias robustas, como o PCA-DEA.

O primeiro passo foi estimar o modelo MQO para dados em painel e, na sequência, testá-lo para autocorrelação e heterocedasticidade, através dos testes de Wooldridge e White, analisados à significância de 5%. Esta é uma forma de garantir robustez ao modelo econométrico proposto. Os resultados dos testes são apresentados nas Tabelas 8.

Tabela 8 - Resultado do Teste de Wooldridge e White		
	Wooldridge	White
Hipótese Nula (H0):	Sem autocorrelação de primeira-ordem	Sem heteroscedasticidade
Estatística de Teste:	t (2) = 9,76081	LM = 22,6798
p-valor	0,0103337	0,0656839

Fonte: Elaborada pelos autores.

Dada a presença de autocorrelação de primeira ordem nos dados em painel, pois o p-valor é maior que a significância no teste de Wooldridge, o modelo MQO foi reestimado por Mínimos Quadrados Ponderados (MQP) a fim de minimizar a variância dos estimadores, e cujo resultado será utilizado para análises. O modelo ponderado é apresentado pela Tabela 9.

Tabela 9 - Resultado da Regressão do Painel modelo MQP					
Unidades de Corte Transversal = 3		Variável de ponderação: Desembolsos do BNDES			
Comprimento da Série Temporal = 10					
	Coefficiente	Erro Padrão	Razão-t	P-valor	Significância
Constante	10,15	4,26	2,379	0,0264	**
Ensino Técnico	-0,133	0,14	-0,944	0,3553	
Trabalhadores Diretos	0,39	0,201	1,935	0,0660	*
Especialização	0,311	0,15	2,041	0,0534	*
Desembolsos BNDES	-0,037	0,018	-2,086	0,0488	**
Diversidade Mão de Obra	-0,616	0,26	-2,360	0,0276	**
Emissões CO2	-0,546	0,22	-2,400	0,0253	**
Empresas Sindicalizadas	-0,099	0,12	-0,826	0,4173	
R-quadrado = 0,65		R-quadrado ajustado = 0,543			
F (7, 22) = 5,922		P-valor(F) = 0,0005			

Fonte: Elaborada pelos autores.

É importante destacar que os efeitos negativos encontrados em algumas variáveis, por exemplo, “diversidade de mão de obra” e “empresas sindicalizadas”, não concluem necessariamente que estas não são capazes de aumentar a eficiência técnica, mas sim que, para a amostra analisada e para a atual estrutura das unidades avaliadas, elas não tiveram contribuição efetiva na composição de eficiência e, portanto, não implica em exclusão das variáveis dos modelos, mas sim, incentivam seu aprimoramento por meio de políticas públicas de modo que passem a impactar positivamente o indicador.

Esse é o caso, por exemplo, da variável emissão de CO₂, onde a variação de 1% no volume de emissões, implicou na redução da eficiência técnica em 0,54%, significativo a 5%. Neste caso, mantida a atual estrutura das unidades produtivas dos APL, o aumento no número de pares fabricados pode implicar em aumento de faturamento, porém, como consequência, pode aumentar a emissão de CO₂. Contudo, o aumento das emissões implica em perda de eficiência. Logo, os dados mostram que o efeito negativo da variável é resultado do atual modelo produtivo. Os resultados encontrados reforçam a importância para as firmas de levarem em conta o impacto que geram ao meio ambiente e a necessidade de buscar práticas produtivas mais limpas que reduzam as emissões, gerando produção menos nociva e ganhos de eficiência.

A partir da literatura revisada, foram analisados quais os fatores que explicam e/ou justificam as estimativas encontradas para as variáveis do modelo, especialmente, o papel das estruturas institucionais e organizacionais do setor calçadista, bem como suas características, sobre o efeito encontrado. Para a

variável Desembolsos do BNDES, por exemplo, que serve de *proxy* para o Investimento em capital e inovação, nota-se que esta não acrescentou efetivamente a eficiência para a amostra. A variável Desembolsos do BNDES indica que o aumento em 1% nos financiamentos ao setor leva à redução da eficiência em 0,037%, com 95% de confiança. Guajala et al. (2022), Cordero (2022) e Martín, Tobón e Gutiérrez (2009), por exemplo, também encontraram efeitos negativos de elasticidade sobre a eficiência para variáveis ligadas ao investimento e ao capital fixo das empresas. Esse resultado pode estar associado a incorporação de máquinas e equipamentos sem devido planejamento prévio, gerando perda de eficiência (MARTÍN; TOBÓN; GUTIÉRREZ, 2009), ou mesmo, a uma própria característica do setor em ser pouco intensivo em tecnologia onde o aumento de capital, sem proporcional aumento na mão de obra qualificada, resulta em perda de eficiência (GUAJALA et al., 2022).

Souza, de Paula e Fuck (2012) apresentam duas outras possíveis explicações para a baixa elasticidade nos investimentos. A primeira delas é quanto ao tamanho das firmas. Nas pequenas e microempresas, estrutura predominante nos arranjos locais estudados, a característica é de baixa relação capital/trabalho, uma vez que para estas firmas, os investimentos em mão de obra são menos custosos do que aportes em tecnologia, portanto, os ganhos de produtividade estão em outras estratégias que não o investimento em capital. Uma segunda possível explicação está ligada a um lado perverso das aglomerações produtivas, as quais os autores se referem como “rivalidade canibalista”, onde as empresas se instalam em aglomerações industriais em busca de imitar seus concorrentes em termos de estratégias e produto, se aproveitando da redução dos riscos, o que pode acabar inibindo novos investimentos em inovação.

O modelo MQP estimado também apresentou uma relação negativa entre eficiência e a variável “Matriculados no ensino técnico/habitantes”, que teve resultado contrário ao esperado com base na revisão bibliográfica. Para a literatura nacional, como em Milaneze e Batalha (2008), o referido indicador serve de *proxy* para o nível de especialização do fator de produção trabalho dos APL, cujo efeito esperado era de contribuição marginal positiva para a eficiência técnica, devido aos ganhos de produtividade e diferenciação de produto. O resultado, porém, foi negativo, onde a variação de 1% na variável reduziu 0,13% a eficiência, porém, com efeito não significativo estatisticamente.

Os achados ressaltam a característica do setor: uma tendência a absorver um tipo de mão de obra menos qualificada, mais jovem, com grau de escolaridade menor e que exige pouco treinamento (CARLONI et al., 2007). Mesmo assim, diante das pressões do mercado mundial, o setor tem buscado desenvolver vantagens competitivas baseadas na mudança de paradigmas produtivos e em inovações de processo e marketing (SOUZA et al., 2012), as quais tendem a requerer novas qualificações e eliminar outras mais tradicionais. O resultado encontrado para a variável levanta, portanto, duas possibilidades, sendo a segunda mais provável: a primeira, de que o sistema de ensino técnico municipal dos APL não tem atendido de maneira adequada às novas demandas de qualificação impostas pelas mudanças setoriais; a segunda, de que as firmas, em geral de pequeno porte, não absorvem a mão de obra qualificada por não participarem da mudança de paradigma, já que esta demanda a elas custos inviáveis.

Em resumo, as variáveis ligadas ao progresso técnico do setor (desembolsos do BNDES e qualificação da mão de obra) tem sinal oposto ao esperado pela literatura, indicando um descompasso em sua evolução e trajetória tecnológica, processo esse também identificado por Souza, de Paula e Fuck (2012) com título de absorção tecnológica heterogênea. Esse descompasso acontece, pois, mesmo com a busca por novas vantagens competitivas para o setor, através de inovações comerciais, de design e de processo, algumas etapas de produção ainda são realizadas de maneira artesanal, o que limita o potencial de investimento em inovação e tecnologia. Para além disto, o setor, em especial os APL paulistas, são bastante heterogêneos em termos de estrutura e tamanho das firmas, sendo que a incorporação tecnológica fica a cargo das grandes e médias empresas, enquanto para as pequenas (estrutura predominante nos APL estudados), as estratégias focam na redução de custos e no aproveitamento dos ganhos de aglomeração (SOUZA; DE PAULA; FUCK, 2012). Por fim, o fenômeno também se dá em termos de qualificação profissional, uma vez que o perfil de baixa qualificação e salário no setor acabam comprometendo investimentos futuros em inovação (CARLONI et al., 2007), limitando a absorção tecnológica e a demanda por novas qualificações.

Como discutido anteriormente, uma variável extremamente relevante ao modelo é a variável “Trabalhadores diretos” que, como esperado, com base na bibliografia, teve impacto positivo na eficiência

técnica. A variação de 1% na variável gera ganhos de eficiência na ordem de 0,39%, significativo a 10%. Nota-se que a elasticidade da mão de obra foi elevada, o que pode ser explicado pela característica do próprio setor, que demanda proporcionalmente mais trabalhadores diretos do que máquinas e equipamentos e ressalta a importância da produtividade deste fator para o desempenho das firmas. Essa explicação retoma um fenômeno já discutido: no setor calçadista, um investimento em capital fixo não acompanhado de aumento proporcional em termos de trabalhadores diretos, gera ineficiência e subaproveitamento dos recursos. Em termos práticos, o resultado pode indicar que, para o dado nível de investimento e de capital já realizados nos arranjos paulistas, a demanda por trabalhadores diretos ainda é elevada e que novos empregos podem gerar ganhos de produtividade e eficiência.

Por fim, o modelo estimado neste trabalho ressalta a importância fundamental da variável “Especialização”, mostrando que a aglomeração produtiva tem auxiliado no ganho de eficiência dos APL estudados. A variação de 1% na variável implica em acréscimos a eficiência na ordem de 0,31%, significativo a 10%. As vantagens das externalidades e ganhos de escala das aglomerações (seja por fluidez de informação, facilidade na absorção de mão de obra, aspectos culturais, entre outros) têm apresentado impacto positivo sobre as firmas e sua produtividade, vendas e comércio, se mostrando um dos principais fatores que permitiram que arranjos produtivos calçadistas paulistas continuassem relevantes. Esse fenômeno é bem coerente com o referencial teórico, que mostra que as firmas do setor, especialmente as menores e com menor capacidade de absorção tecnológica, buscam se aglomerar em APL de modo a obter eficiência coletiva.

Uma contribuição central deste trabalho foi a incorporação das variáveis ESG como medida de sustentabilidade produtiva. Os resultados, contudo, foram bastante controversos. A variável “diversidade de mão de obra”, ao variar em 1%, contribuiu para a redução de cerca de 0,61% da eficiência, significativo a 5%. Em termos absolutos, nota-se que houve aumento da participação feminina no setor calçadista, porém, o efeito negativo pode ser reflexo de um baixo acréscimo marginal do emprego feminino neste mercado de trabalho. Apesar de crescerem em termos absolutos, podem estar crescendo em menor proporção que os trabalhadores masculinos. Outra variável de efeito negativo foi o número de empresas sindicalizadas, onde a sua variação de 1% implicou na redução da eficiência na ordem de cerca de 0,10%, ainda que não significativo. O achado está ligado principalmente à estrutura produtiva dos APL que apresenta, em grande medida, pequenas empresas que podem ter escolhido não se sindicalizarem. O resultado para a variável emissões de CO₂ já havia sido discutido anteriormente nesta seção.

Estes resultados contrariam o esperado pela literatura, como em Stefanoni e Voltes-Dorta (2021), que identificam sinais positivos para estas variáveis, pois as medidas sociais e, especialmente, de governança, tendem a permitir saltos de produtividade e eficiência para as firmas. Os resultados encontrados mostram que os APL paulistas ainda não foram capazes de avançar em eficiência de ESG, resultando nos efeitos negativos observados.

5. Considerações finais

Ao analisar a eficiência técnica da indústria calçadista de Franca e Jaú, por meio de um modelo DEA, foi possível identificar que houve apenas uma unidade eficiente (Franca 2014), sendo as demais unidades alocadas abaixo da fronteira de eficiência, com o menor desempenho calculado para Jaú 2012. Foi possível notar que os APL apresentam diferenças em termos de trajetória do indicador. Em Franca, o indicador de eficiência técnica se mostrou decrescente para o período, mesmo assim, cerca de 70% das unidades de Franca ainda apresentaram um desempenho elevado. O APL de Jaú, por sua vez, teve indicadores de eficiência crescentes, o que pode estar associado diretamente ao aumento na produtividade dos fatores analisados no modelo. Uma das causas desse resultado pode estar relacionada à característica do APL em atender o mercado interno e regional, ambientes mais estáveis e nos quais as empresas têm mais facilidade de fixar os preços e margens. Apesar da tendência crescente, Jaú ainda é classificado como um APL de baixa eficiência, uma vez que 60% das unidades apresentam baixo desempenho.

Uma primeira contribuição do presente artigo, é, a partir dos resultados observados em ambos os arranjos, fornecer resultados para a literatura nacional, especialmente para o estado de São Paulo, quanto a trajetória recente da eficiência técnica no setor calçadista. Os resultados mostraram que grande parte das

unidades estudadas trabalharam com níveis de eficiência acima dos 80%, o que ainda representa um nível elevado de desempenho, maior inclusive do que a média esperada para o setor na América Latina, que está por volta dos 51%. Ainda assim, é possível observar uma trajetória de eficiência bastante volátil e caracterizada por baixas produtividades dos fatores. Três prováveis causas podem ser elencadas para estes resultados: a) a incapacidade das firmas em se adaptarem rapidamente aos movimentos do mercado e da economia nacional e internacional; b) o processo de reorganização setorial, onde firmas migram para outras regiões do país, alterando a produtividade e eficiência local; c) e os impactos da pandemia que afetaram fortemente o setor entre 2020 e 2021.

Uma segunda contribuição da obra, é quanto a análise de produtividade dos fatores do setor calçadista paulista, a partir da relação *output/input*. Notou-se que, para os APL de Franca e Jaú, a relação Pares/Trabalhadores foi a principal responsável por influenciar positivamente a eficiência técnica em 70% da amostra. Esse resultado ressalta a relevância nestes arranjos, repletos de firmas pequenas, da produtividade do trabalho em termos de volume de produção, ou seja, o ganho de escala das firmas se mostra importante para a eficiência. O resultado e aplicação desta análise é inédita na literatura revisada.

A análise da produtividade dos fatores ainda permite outra observação: há períodos em que os indicadores de produtividade e de eficiência não tiveram efeito direto percebido, por exemplo, os anos de 2012 e 2018 em Franca e os anos de 2017 e 2020 para Jaú. É provável que esse resultado seja dado pela produtividade de outros *inputs* não considerados no estudo, como por exemplo, os efeitos dos Desembolsos do BNDES, ou os níveis de ESG dos agentes. Fatores regionais latentes das aglomerações e exógenos ao modelo, como a abertura ou fechamento de entidades de representação e/ou de qualificação profissional, entrada e saída de firmas, ambiente de inovação, entre outros, também podem interferir indiretamente na eficiência técnica. Vale ressaltar que estes são casos marginais, e que vigoraram em alguns anos específicos.

A última contribuição deste artigo, são os resultados do modelo econométrico e das relações entre os *inputs* e a eficiência técnica, que permitiram avaliar o setor calçadista paulista de maneira inédita. O primeiro achado é de que os arranjos produtivos paulistas têm passado por um processo de descompasso na evolução tecnológica, uma vez que não conseguem absorver de maneira adequada e homogênea os investimentos e financiamentos em tecnologia, seja por sua alta intensidade em mão de obra ou pela heterogeneidade na estrutura produtiva. Adiciona-se a esse processo, o aspecto de baixa demanda por qualificações do setor, o que pode limitar o potencial dos investimentos. Esse descompasso pode estar levando à perda de eficiência, através da redução do investimento e da qualificação nos APL.

O resultado permite observar que, fundamentalmente, duas variáveis se destacam para a manutenção do desempenho da indústria calçadista paulista: Intensidade de trabalho e especialização produtiva. Ambas são beneficiadas pelos ganhos de aglomeração, seja por aglutinação de mão de obra, reduzindo os custos de transação e treinamento, seja pelos processos de integração a montante e jusante na cadeia produtiva. Portanto, a organização do setor paulista em APL parece se mostrar crucial para a seu desempenho recente.

Em resumo, o trabalho exposto tem como importante contribuição acrescentar resultados para a limitada literatura disponível quanto à aplicação dos modelos DEA a indústria de calçados brasileira. Para além disto, o trabalho supre a lacuna na literatura quanto a ausência de modelos DEA mais elaborados no setor, que captem os aspectos ligados a heterogeneidade regional das firmas e a implementação de medidas ESG. O presente artigo atua na proposição de um modelo que leva em conta aspectos: produtivos, regionais e de sustentabilidade produtiva.

Alguns desafios encontrados geraram certas limitações ao presente estudo. O principal desafio é em relação a amostra, uma vez que o acesso a dados agregados setoriais dos municípios é bastante complexo. Isso implica em séries de análise bastante curtas, como a utilizada nos modelos apresentados. Fica, portanto, aberto o espaço para que futuros estudos, possam incorporar novas variáveis com maior disponibilidade de dados, ou que se utilizem de metodologias de desagregação temporal para expansão da amostra. Outra lacuna que permanece aberta é quanto a estudos que captem os desempenhos de eficiência do setor nos estados brasileiros e mais do que isso, que captem os movimentos de reorganização setorial calçadista. Há inúmeros outros temas vinculados que podem ser abordados por meio da metodologia DEA.

O presente estudo contou com financiamento da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), a qual os autores agradecem a colaboração.

Referências

- ABICALÇADOS (Brasil). Relatório Setorial Indústria de Calçados. **Relatório**, 2022.
- ADLER, N.; YAZHEMSKY, E. Improving discrimination in data envelopment analysis: PCA-DEA or variable reduction. **European Journal of Operational Research**, v. 202, p. 273–284, 2010.
- ANTUNES, T. **Avaliação Exploratória da Eficiência Econômica em Sistemas de Manufatura**. Dissertação (Mestrado), São Leopoldo, 2020.
- BANKER, R. D. Hypothesis tests using data envelopment analysis. **The Journal of Productivity Analysis**, v. 7 (2-3), p. 139-159, 1996.
- BRITTO, J.; ALBUQUERQUE, E. Clusters Industriais na Economia Brasileira: Uma análise exploratória a partir de Dados da RAIS. **Est. econ.**, São Paulo, v. 32, p. 71-102, jan-mar 2002.
- CANO, W. Concentração e desconcentração regional no Brasil: 1970/95. Campinas: **Economia e Sociedade**, 1997.
- CARLONI, A. R. et al. Setor de calçados: competitividade, mudança tecnológica e organizacional. **Série Estudos Setoriais**, v. 8, 2007.
- CHARNES, A.; CLARK, C. T.; COOPER, W. W.; Golany, B. A developmental study of DEA in measuring the efficiency of maintenance units in the U.S. air forces. **Annals of Operations Research**, p.95-112, 1985.
- CNI – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Sondagem especial: impactos da COVID-19 na indústria**, n.77, 2020.
- CORDERO, V. **La eficiencia técnica y los factores de producción de las empresas manufactureras del sector de calzado de la zona 2**. Universidad Técnica De Ambato, 2022.
- GARCIA, R. DE C. **Vantagens competitivas de empresas em aglomerações industriais: um estudo aplicado à indústria brasileira de calçados e sua inserção nas cadeias produtivas globais**. UNICAMP, 2001.
- GARCIA, R.; SAMPAIO, S. E. K.; SUZIGAN, W.; FURTADO, J.. Coeficientes de Gini locais – GL: aplicação à indústria de calçados do Estado de São Paulo. **Nova Economia**, p. 39-60, 2003.
- GUAJALA, M.; ABRIL, C.; JIMÉNEZ, E.; SÁNCHEZ, D.. Las empresas del sector calzado. Camino a la eficiencia. **Revista Científica Hermes**, Instituto Paulista de Ensino e Pesquisa, p. 41-56, 2022.
- HALLWARD-DRIEMEIER, M., & NAYYAR, G. Trouble in the Making?: The Future of Manufacturing-led Development. **World Bank Publications**, 2017.
- MARÍN, J.B.; TOBÓN, D.; GUTIÉRREZ, A. Producción y eficiencia estocástica: una aplicación a la industria del calzado en Colombia. **Lecturas de Economía**, n. 70, 2009.
- MILANEZE, K.L.N.; BATALLA, M.O. Análise da competitividade do setor calçadista do estado de São Paulo. **RaUSP**, São Paulo, v. 43, ed. 2, p. 162-175, 2008.
- NUNAMAKER, T. R. Using Data Envelopment Analysis to measure the efficiency of non-profit organizations: A critical evaluation. **Managerial and Decision Economics**, v.6, p. 50-58, 1985.
- OREIRO, J.L.; DE PAULA, L.F. A economia brasileira no governo Temer e Bolsonaro: Uma avaliação preliminar., 2019.
- PANDINI, J.; STÜPP, D.; FABRE, V.V. Análise do impacto das variáveis macroeconômicas no desempenho econômico-financeiro das empresas dos setores de Consumo Cíclico e Não Cíclico da BM&FBovespa. **Revista Catarinense da Ciência Contábil**, v. 17, n. 51, 2018.
- PEREIRA JÚNIOR, E. A indústria de calçados no Brasil diante da reestruturação territorial e produtiva. In: SPOSITO, E.S. O novo mapa da indústria no início do século XXI: diferentes paradigmas para a leitura das dinâmicas territoriais do estado de São Paulo. **Editora UNESP digital**, 2012. cap. 5.
- PIRES, J.M.; ANDRÉ, F.G. Caminhando em círculo: idas e vindas da política econômica do governo Dilma. **PESQUISA & DEBATE**, ano 47, v. 26, n. 1, p. 197-215, 2015.
- QI, Zhang; LIJUN, Sun. Horizontal Evaluation on Technological Innovation in Chinese Low-Tech Manufacturing Industry. **Crown**, 2009.
- SANTOS, A.M.M.; CORRÊA, A.R.; ALEXIM, F.M.B.; PEIXOTO, G.B.T. Deslocamento de empresas para os estados do Ceará e da Bahia: o caso da indústria calçadista. **BNDES Setorial**, n. 15, p. 63-82, 2002.

SILVEIRA, D.B.; MARQUES, A.P.L. O impacto do coronavírus (covid 19) no Brasil para a ordem econômica, as políticas urbanas e sua integração. **Revista de Direito da Cidade**, n.2, p.662-677, 2021.

SOUZA, V.; DE PAULA, N. M.; FUCK, M. P. Os desafios da indústria calçadista brasileira: competir ou proteger? **Revista Economia & Tecnologia (RET)**, v. 8, n. 4, p. 93–100, 2012

STEFANONI, S.; VOLTES-DORTA, A. Technical efficiency of car manufacturers under environmental and sustainability pressures: A Data Envelopment Analysis approach. **Journal of Cleaner Production**, 2021.

TSCHAFFON, P.B.; MEZA, L.A. Um estudo de *outputs* indesejáveis em DEA com aplicação no setor de distribuição de energia elétrica. **XLIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional**, p. 533-544, 2011.

WHITACKER, A.; VERDELHO, R. Reestruturação econômica e espacial no estado de São Paulo e o Valor Adicionado Fiscal (VAF) gerado pelas indústrias de alta e baixa inovação tecnológica. In: SPOSITO, E.S. O novo mapa da indústria no início do século XXI: Diferentes paradigmas para a leitura das dinâmicas territoriais do estado de São Paulo. 1º. Ed.: **Editora UNESP digital**, 2015. Cap.2

ZINGANO, E.; OLIVEIRA, J.C. Caracterização do complexo calçadista brasileiro e as causas da queda de seu desempenho na última década. **Estudos do CEPE**, n. 40, p. 278–309, 2014

ANEXO I:

Tabela 10 - Matriz de correlação anti-imagem

	Des. BNDES	ESG: MDO	ESG: CO2	Ensino técnico	ESG: Sind.	Esp.	Trab. diretos	Export.	Pares prod.	VTI Setor
Des. BNDES	0.676	0.531	-0.185	0.088	0.217	-0.292	-0.655	0.686	-0.382	-0.199
ESG: MDO	0.531	0.734	0.046	0.227	-0.033	-0.3	-0.752	0.562	-0.822	0.42
ESG: CO2	-0.185	0.046	0.904	-0.27	0.377	0.366	0.247	-0.038	0.11	-0.327
Ensino técnico	0.088	0.227	-0.27	0.784	-0.412	0.467	-0.093	0.273	-0.216	-0.281
ESG: Sind.	0.217	-0.033	0.377	-0.412	0.912	-0.311	-0.06	0.184	0.095	-0.266
Esp.	-0.292	-0.3	0.366	0.467	-0.311	0.841	0.489	-0.225	0.223	-0.398
Trab. diretos	-0.655	-0.752	0.247	-0.093	-0.06	0.489	0.769	-0.489	0.403	-0.38
Export.	0.686	0.562	-0.038	0.273	0.184	-0.225	-0.489	0.740	-0.354	-0.551
Pares prod.	-0.382	-0.822	0.11	-0.216	0.095	0.223	0.403	-0.354	0.768	0.067
VTI Setor	-0.199	0.042	-0.327	-0.281	-0.266	-0.398	-0.38	-0.551	0.067	0.851

Fonte: Elaborada pelos autores