

Análise de Componentes Principais aplicada ao panorama das Comunidades que Sustentam a Agricultura (CSAs) da região Sudeste do Brasil

GUSTAVO ALVES DE MELO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

MARIA GABRIELA M PEIXOTO

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP

SAMUEL BORGES BARBOSA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

ANNA CLARA LASSO SOUZA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

ANA JÚLIA SILVA ALVES

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

Introdução

A agricultura é uma atividade de grande importância para a humanidade, essencial para garantir a sua alimentação, saúde e bem estar. A produção de alimentos de origem orgânica corresponde ao papel desempenhado pelas Comunidades que Sustentam a Agricultura (CSAs) em diferentes regiões do mundo. No Brasil, especialmente nas CSAs da região sudeste do país, existe um conjunto de coprodutores responsáveis pelo financiamento e gestão das áreas cultivadas, portanto o nível de engajamento observado entre os membros é alto.

Problema de Pesquisa e Objetivo

No Brasil, que é um dos maiores produtores agrícolas do mundo, cerca de 20% de todo o PIB é proveniente do agronegócio. Contudo o crescimento desordenado da agricultura e principalmente o uso de produção extensiva e monocultura traz impactos negativos para o meio ambiente e o homem. O estudo teve por objetivo avaliar o desempenho dos CSAs no Sudeste do Brasil, buscando identificar um conjunto de indicadores de desempenho e analisar quais são os mais importantes.

Fundamentação Teórica

A agricultura orgânica vem se sobressaindo mundialmente, principalmente por ser centrada em três pilares principais, os quais são a segurança alimentar, preservação do meio ambiente e seus recursos, além da geração de emprego e renda familiar (Rosati et al., 2021). Dessa forma, a agricultura orgânica se adapta ao modelo de sustentabilidade, já que engloba diversos métodos que buscam diminuir a dependência externa e os danos ambientais, produzindo produtos com maior qualidade e mantendo a valorização do agricultor, com destaque para seus conhecimentos, trabalho e cultura.

Metodologia

Este trabalho envolveu o uso de estatística multivariada e, de forma complementar, de técnica matemática, para medir o desempenho das CSAs, tem-se que sua proposta encontra-se estruturada empiricamente, segundo três etapas. Trata-se de um modelo genérico e direcionado para proporcionar avanços teóricos e práticos na área de gestão de desempenho, neste caso envolvendo o cenário de Comunidades que Sustentam a Agricultura.

Análise dos Resultados

As CSAs têm ocupado uma nova lacuna para a produção de alimentos, pautada na produção orgânica e sustentável, onde tanto a qualidade dos alimentos quanto a preservação do ambiente são igualmente importantes. Por fim, as CSAs contribuem para a estabilidade da renda e incentiva a permanência das pessoas no campo. A melhoria da renda de agricultores contempla um dos grandes avanços com a implementação do movimento das CSAs.

Conclusão

Em se tratando de contribuições sociais, o estudo reitera sobre como são relevantes e impactantes a busca por hábitos de vida saudáveis através da alimentação de qualidade. Do ponto de vista gerencial, o estudo contribui para que as CSAs, não apenas da região Sudeste do país, possam identificar pontos de melhoria pautados nas variáveis originais selecionadas. Por fim, como contribuições teóricas, o estudo trata da aplicação de estatística multivariada, direcionar o estudo para um conjunto de variáveis menor.

Referências Bibliográficas

Alexandratos, N., Bruinsma, J. (2012) World Agriculture towards 2030/2050: the 2012 Revision. ESA Working Paper No. 12-03. FAO, Rome. Ascari, J.P., Barros, C., Grzebieluckas, C., Júnior, S. S., & Mendes, I. R. N. (2019). Diagnóstico agrícola, socioeconômico e ambiental em propriedade de agricultura familiar. Revista Ciência em Extensão, 15, 75-88. Chabert, A., & Sarthou, J.-P. (2020). Conservation agriculture as a promising trade-off between conventional and organic agriculture in bundling ecosystem services. Agriculture, Ecosystems & Environment, 292, 106815. doi:10.1016/j.agee.2019.106815

Palavras Chave

Sustentabilidade, Produção orgânica, Análise de Componentes Principais

ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS APLICADA AO PANORAMA DAS COMUNIDADES QUE SUSTENTAM A AGRICULTURA (CSAS) DA REGIÃO SUDESTE DO BRASIL

1. INTRODUÇÃO

A agricultura é uma atividade de grande importância para a humanidade, essencial para garantir a sua alimentação, saúde e bem estar. O setor agrícola sofreu uma grande expansão a partir da segunda metade do século XX, sendo responsável pela maior oferta de alimentos no mercado, o que proporcionou a melhoria da qualidade de vida e também um grande aumento populacional (Ascari, 2019; Chabert; Sarthou, 2020; Said Mohamed et al., 2021). O setor agrícola é o maior responsável pela produção de alimentos em todo o mundo, de forma que o aumento da população pressiona este setor para um aumento de produtividade cada vez maior a cada ano (Chabert; Sarthou, 2020; Campi et al., 2021).

Segundo previsões do United Nations Department of Economic and Social Affairs a população global vai atingir a marca de 9.3 milhões de habitantes em 2050, o que exigirá um aumento de mais de 70% na produção de alimentos (*Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO*, 2020; Alexandratos; Bruinsma, 2012). No Brasil, que é um dos maiores produtores agrícolas do mundo, cerca de 20% de todo o PIB é proveniente do agronegócio (Zilli et al., 2020). Contudo o crescimento desordenado da agricultura e principalmente o uso de produção extensiva e monocultura traz impactos negativos para o meio ambiente e o homem (De Deus; Bakonyi, 2012). Dessa forma, é necessário pensar novas alternativas de produção agrícola mais sustentáveis e que não impacte tão negativamente o meio ambiente (Ertmanska, 2015; Rööös et al., 2015; Chabert; Sarthou, 2020; Campi et al., 2021).

Pode-se observar nas últimas décadas o desenvolvimento de ações sustentáveis em diversos setores produtivos, contemplando as dimensões social, econômica e ambiental. Estas ações, que também incluem a produção agrícola, visam mudar as visões tradicionais de produção e consumo, de forma mais eficiente, adaptativo e equitativo (Bais-Moleman et al., 2018; Gómez-Villarino; Ruiz-Garcia, 2020). Neste contexto, destaca-se um novo modelo de produção e consumo, chamado *Community Supported Agriculture (CSA)*. Este movimento surgiu no Japão em meados de 1960, expandindo para a Europa e Estados Unidos e também no Brasil (Brown; Miller, 2008; Hayden; Buck, 2012; Galt et al., 2019; Opitz et al., 2017; Melo et al., 2020). As CSAs consistem em um sistema de comercialização de alimentos saudáveis por meio da relação de produtores rurais e seus consumidores, promovendo os alimentos locais, o desenvolvimento regional e a preservação do meio ambiente (Hayden; Buck, 2012; Galt et al., 2019). Este processo é formado pelos agricultores que fornecem cestas contendo sua produção de hortaliças frescas e produzida de forma agroecológica e por outro lado, os consumidores que realizam um pagamento antecipado e mensal para que os agricultores realizem seu trabalho (Castelo Branco et al., 2011).

No Brasil o movimento das CSAs se iniciou em 2011, na cidade de Botucatu-SP, e na atualidade observa-se a expansão exponencial das CSAs, uma vez que cada vez mais existe a busca por alimentos saudáveis, sem uso do agronegócio pela população (Melo et al., 2020). Contudo, apesar da expansão do modelo de CSAs no Brasil, poucos estudos têm sido feito com o objetivo de avaliar a aderência desse sistema no Brasil. Neste trabalho buscou-se avaliar a eficiência das CSAs brasileiras através da identificação de indicadores e a sua avaliação, com a aplicação da técnica de Análise de Componentes Principais (PCA). Estudos têm sido aplicados em outras partes do mundo, como na Alemanha (Opitz et al., 2017), na Califórnia (Galt et al., 2019) e Itália

(Cristiano, 2021), visando avaliar o desempenho das CSAs. Assim, neste trabalho pretendeu-se avaliar o desempenho das CSAs no Sudeste do Brasil, buscando identificar um conjunto de indicadores de desempenho e analisar quais são os mais importantes.

2. MEDIÇÃO DE DESEMPENHO EM COMUNIDADES QUE SUSTENTAM A AGRICULTURA

Apesar do modelo CSA ser utilizado em várias partes do mundo, a avaliação de desempenho desse modelo ainda é um tema pouco explorado (Hayden, Buck, 2012; Opitz et al., 2017; Opitz et al., 2019; Galt et al., 2019; Cristiano, 2021). Como a formação de CSAs é um fenômeno recente, a mensuração da sua eficiência ainda não tem sido foco dos produtores, que aplicam o modelo sem medições específicas dos seus resultados. De um ponto de vista convencional, podemos abordar o sistema produtivo do CSA sob a ótica tradicional, permitindo assim associar o seu desempenho a fatores de produção tradicionais, como capital (financiamento) e disponibilidade de terras (Opitz et al., 2019). Contudo, fatores específicos do sistema CSA (e.g. cooperativismo, produção sazonal, não uso de agrotóxicos, integração entre produtores e consumidores) demandam meios alternativos de avaliação.

Primeiramente, questões sociais e ambientais devem ser consideradas na avaliação das CSAs. O consumo e reaproveitamento de água, assim como a poluição gerada na produção, também devem ser levados em conta (Cristiano, 2021). A produção agrícola tradicional gera diversos tipos de resíduos, poluindo o solo, as águas e causando impacto ambiental (Martinho, 2019; Gravert et. al., 2021).

A questão logística também é um fator importante no desempenho das CSAs (Nost, 2014; Peterson et al., 2015). Segundo Nost (2014), a logística das CSAs é um fator importante no sucesso ou fracasso do sistema. A distância entre o produtor e os centros de distribuição influencia no custo dos produtos e também impactam no meio ambiente. Dessa forma, a produção das CSAs deve estar próxima à cidade, possibilitando que os produtos cheguem frescos aos cotistas, de forma rápida e com baixo custo de transporte. Nost (2014) também cita a importância da percepção do valor de mercado dos produtos na CSA, sendo que fatores como a variedade dos produtos, o uso de sistema de produção orgânica, e a confiança nos produtores, expressa pela ideia “*know your farmer, know your food*”, influenciam na percepção dos consumidores.

A avaliação das CSAs está ligada, na maioria das vezes, aos produtores e à produção nas propriedades, negligenciando a participação dos cotistas e coprodutores (Goodman; DuPuis, 2002; O’Hara; Stagl, 2002). Hayden e Buck (2012) enfatizam a importância da participação dos consumidores na avaliação da CSA, enfatizando os benefícios dessa relação.

Bloemmen et al. (2015) destaca a importância da confiança, da cooperação e do comportamento ecologicamente responsável nas CSAs. Em um estudo sobre os aspectos microeconômicos envolvidos na CSA, os autores relatam que o principal objetivo deste sistema é a melhoria da qualidade de vida dos produtores e consumidores (coprodutores). Para se obter isso foram destacados diversos aspectos singulares nas CSAs estudadas, como simpatia comportamental social, convívio, cooperação, participação comunitária e responsabilidade para com a natureza. Dentre estes, a cooperação se destaca como um fator chave (Batson; Ahmad, 2002; Rilling et al., 2002; Post, 2005). Também é importante entender os motivos que levam os consumidores a aderirem ou não ao sistema CSA. Peterson et al. (2015), em um estudo realizado nos Estados Unidos, verificou que os consumidores estão preocupados com a variedades de produtos oferecidos nas cestas. Outros fatores secundários identificados são as

certificações e rotulagens ambientais dos produtores, e também a distância até os centros de distribuição.

Os CSAs também necessitam de comprometimento entre os produtores e os clientes, de maneira que os dois grupos precisam compartilhar responsabilidade no sistema. Opitz et al. (2019) estudou a interação consumidor-produtor (consumer-producer interaction) nas CSAs. Segundo o estudo para se atingir estabilidade econômica numa CSA é necessário o compartilhamento de responsabilidades. Os pontos chave identificados na relação consumidor-produtor são o "financiamento", "a questão da terra" e a "produção". Os produtores estão mais ligados à necessidade de financiamento e a questão da terra. Já os consumidores se preocupam com a qualidade dos alimentos produzidos. A volatilidade do mercado leva muitos produtores a aderirem ao sistema CSA, contudo a dependência do mercado se transforma em dependência do grupo consumidor, de modo que a busca por independência de mercado gera outra dependência (Opitz et al., 2017; Opitz et al., 2019).

3. METODOLOGIA

Tendo em vista os critérios de sustentabilidade, das CSAs analisadas, formam o conjunto de variáveis que deverão participar da análise, as seguintes dimensões de desempenho, a saber, demográfica, socioeconômica, agrícola, ecológica, recursos naturais, segurança alimentar, participação feminina, certificação e econômica circular. Tratam-se, portanto, dos indicadores de desempenho que foram coletados junto à rede, por meio de um roteiro fechado. No estudo foram consultadas 16 CSAs localizadas na região Sudeste brasileira, bem como o período escolhido para a coleta dos dados de 12 meses. Como o objetivo deste trabalho envolveu o uso de estatística multivariada e, de forma complementar, de técnica matemática, para medir o desempenho das CSAs, a Figura 1, retirada de Peixoto, Musetti e Mendonça (2018), mostra como esta proposta está estruturada empiricamente, segundo três etapas. Trata-se de um modelo genérico e direcionado para proporcionar avanços teóricos e práticos na área de gestão de desempenho, neste caso envolvendo o cenário de Comunidades que Sustentam a Agricultura.

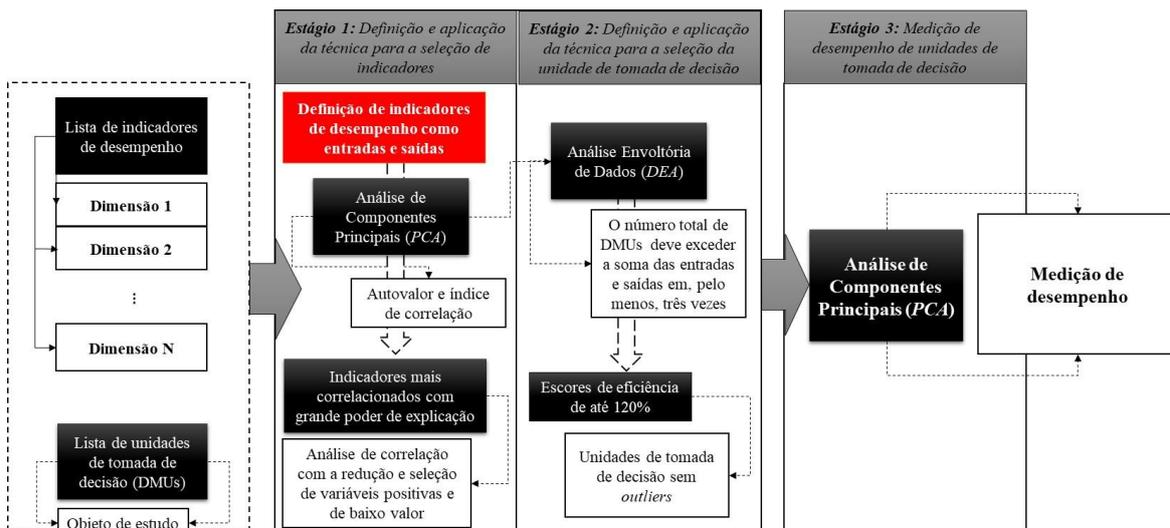


Figura 1 – Modelo PCA-SM-DEA proposta para medição de desempenho

Fonte: Adaptado de Peixoto, Musetti e Mendonça (2018)

A partir da Figura 1, torna-se possível demonstrar uma sequência lógica de três etapas interdependentes e complementares:

- 1) **Estágio 1:** aplicação da análise de componentes principais e proposição de índices de desempenho global para a gestão de Comunidades que Sustentam Agricultura - CSAs;
- 2) **Estágio 2:** é aplicada a técnica Data Envelopment Analysis (DEA), considerando o modelo de Supereficiência de Banker e Chang (2006) para identificação de *outliers* e seleção de DMUs; a análise de correlação complementa esta etapa.
- 3) **Estágio 3:** reaplicação da análise de componentes principais, nos *inputs* e *outputs* do modelo DEA, com base na opinião e experiência dos pesquisadores e demais indivíduos que contribuirão para este projeto;

No que diz respeito à perspectiva de medição de desempenho deste artigo, tem-se neste cenário formado por unidades de tomada de decisão, que a lógica do modelo proposto recorre à definição de uma lista de indicadores de desempenho. Neste sentido, tem-se o conjunto de unidades decisórias dividida em 1 ou N dimensões, ou categorias, enquanto reflexo do processo de coleta de dados. Entretanto, deve-se reforçar que papel das etapas 1 e 2 vão além de entrada para a etapa 3, mas refere-se à proposta de contribuição ao alcance de maior rigor formal na seleção de variáveis e unidades de tomada de decisão.

Em se tratando da análise de componentes principais, no âmbito dos estágios definidos, a equação (1) apresenta sua representação algébrica (Ferreira, 2011; Johnson; Wichern, 2007), reforçando seu apelo enquanto formulação matemática, a partir das contribuições de Tadayon e Liu (1993) e Hosamani, Hiremath e Sastry (1996) a análise de componentes principais, considerando-se os estágios de pesquisa definidos, voltados a aplicação das técnicas. Frente a isto, tem-se em $Y_i = 1, 2, \dots, p$, referindo-se aos autovetores ($e = 1, 2, \dots, p$), bem como X às variáveis originais ($X = 1, 2, \dots, p$); o número de variáveis deve atender ao critério de ser menor ou igual ao número de componentes principais, de forma que Y_i corresponde à componente principal (Sharma et al., 2011; Sinha et al., 2011).

$$(1) Y_i = e_{i1}X_1 + e_{i2}X_2 + \dots + e_{ip}X_p \quad (1)$$

Tendo em vista que tal aplicação da PCA se realizou envolvendo um conjunto constituído por 52 variáveis, segundo as classificações em *inputs* e *outputs*, cabe ressaltar que foram selecionadas aquelas com os maiores autovetores e, portanto, maiores índices de correlação, em módulo, em relação às três primeiras componentes principais (CP1, CP2 e CP3). Estas foram tabuladas, por meio do *software* de análise estatística *R-Project 3.2.2*, buscando-se gerar resultados de caráter interessante e que possam agregar à gestão de desempenho de comunidades agrícolas produtoras de alimentos orgânicos. A adoção destas variáveis justifica-se, uma vez que juntas as componentes I, II e III explicam a maior porcentagem da variância total (Webster, 2001; Gazda, 2006; Mercanzini et al., 2008) apresentando, dessa forma, maior poder de explicação, com maiores relevâncias para a realização deste projeto.

Para a realização do segundo estágio, foi adotado o uso da técnica de análise envoltória de dados, a partir do *software PIM-DEA 3.1*. Neste trabalho optou-se pelo modelo dos retornos variáveis de escala (BCC), o que significa dizer que os *inputs* aumentam ou diminuem em uma proporção diferente que os *outputs*, respeitando a

questão do porte das unidades analisadas. Isso quer dizer que reduções ou incrementos nos *inputs* não geram alterações na mesma proporção nos *outputs*. Além disso, o modelo BCC serve para distinguir entre ineficiência técnica e de escala, estimando a eficiência técnica pura, a uma dada escala de operações, e identificando se estão presentes ganhos de escala crescente, decrescente ou constante. Este modelo admite que a produtividade máxima varie em função da escala de produção. Sua formulação matemática é apresentada pela equação (1), adaptada de Cooper, Seiford e Zhu (2011).

$$(1) \quad \text{Minimizar } \sum_{i=1}^r v_i \cdot x_{io} - v_0$$

Sujeito a

$$(1a) \quad \sum_{j=1}^s u_j \cdot y_{jo} = 1$$

$$(1b) \quad \sum_{j=1}^s u_j \cdot y_{jk} - \sum_{i=1}^r v_i \cdot x_{ik} + v_0 \leq 0$$

$$u_j, v_i \geq 0$$

v_0 sem restrição de sinal

Considerando os critérios da DEA, uma vez que esta pesquisa segue o modelo de Supereficiência de Banker e Charnes (2006), a presença de 4 *outliers* identificados reduziu o conjunto de CSAs para 12. Uma vez que a *DEA* possibilita a adequação das análises, conforme as particularidades do cenário estudado, por meio das opções de orientação para o *input* ou para o *output*, determinou-se que o modelo orientou-se para o *output*. Tal fato justifica-se, uma vez que esta se apoia na maximização das saídas resultantes das comunidades, indo além da perspectiva de redução dos *inputs* consumidos em função dos processos de fornecimento de combustíveis. Um último parâmetro importante respeitado neste trabalho diz respeito ao fato de que as variáveis de entrada e saída, somadas, devem corresponder a um terço do total de *DMUs* determinadas para análise, possibilitando à *DEA*, a diferenciação destas unidades na condição de eficientes e ineficientes combinadas (Banker, Charnes & Cooper, 1984; Banker & Morey, 1986; Banker et al., 1989; Habibov & Fan, 2010). Neste sentido, neste artigo pôde-se totalizar um valor igual a 12 *DMUs*. Ainda para garantir a qualidade dos resultados gerados, pelo número elevado de indicadores, buscou-se apoio na análise de correção entre todas as variáveis, entradas e saídas.

4. RESULTADOS

4.1 SELEÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE VARIÁVEIS EM ENTRADAS E SAÍDAS PARA A MEDIÇÃO DE DESEMPENHO DE CSAS

Como forma de refinar o processo de análise dos dados, aplicou-se a PCA junto à base de dados formada por 36 indicadores, obtendo-se um índice de variabilidade de 81%, para a primeira, segunda e terceira componentes principais. Diante disso, optou-se por selecionar as variáveis originais com índice de correlação e autovalores acima de 0,7 (70%), tornando o conjunto analítico em 11 indicadores. Em seguida, conforme já mencionado, aplicou-se análise de correlação entre todas estas 11 variáveis, avaliando-se seus comportamentos entre entradas, entre saídas, e entre entradas e saídas, como importante requisito que pode promover melhor qualidade aos resultados do modelo *DEA*. Para este cenário, pôde-se atingir um novo índice de variância da ordem de 94% para PC1, PC2 e PC3.

Além disso, dentre as premissas que orientam a PCA, uma das principais refere-se ao fato de que, de uma componente para a outra, pode haver uma queda de variabilidade, que tende a acentuar-se em PC3, em consequência do tamanho da base de dados. Tal fenômeno pode ser observado quanto aos menores valores para autovetores e correlações, de acordo com critérios definidos na metodologia, e demonstrados na Tabela 1. Por outro lado, tem-se os maiores valores para a primeira componente, reforçando-se que as três primeiras componentes, para as dimensões de desempenho avaliados, apresentam um alto poder explicativo.

Tabela 1 - Primeiras variáveis originais mais correlacionadas com os componentes principais I, II e III.

Variables	PC1	Variables	PC2	Variables	PC3
Coprod	0,875366	AC	0,771107	TEA	0,773713
TE	0,719782				
MEG	0,768095	Ccap	-0,71372	Canais_div	0,718772
AcT	0,908914				
Alim_dist	0,765992	Ccomb	0,778768		
Cop_fem	0,905038				

Diante disso, foram definidos 6 indicadores de desempenho para Comunidades que Sustentam a Agricultura, a partir dos critérios de pesquisa que, nas componentes principais I, II e III, compõem as primeiras variáveis originais mais significativas. Para tanto, neste contexto, pode-se mencionar, respectivamente, número de coprodutores (Coprod), na dimensão “Demográfica”; tempo de existência (TE), número de membros na estrutura de governança (MEG), e acidentes de trabalho (AcT), na dimensão “Socioeconômica”; demanda média de alimentos (Alim_dist), na dimensão “Segurança alimentar”; e número de coprodutoras (Cop_fem), na dimensão “Participação feminina”. Novamente, buscando-se garantir o nível de qualidade das variáveis, o processo final de seleção destas deu-se mediante o corte representado pelo índice de correlação simplificado de até 0,6 (60%), entre as entradas, chegando-se ao conjunto de variáveis originais composto por, MEG, AcT, Alim_dist e Cop_fem, com coeficientes de correlação positivos e baixos.

Tabela 2 - Correlação entre as variáveis originais selecionadas para a aplicação do DEA.

Correlation	MEG	AcT	Alim_dist	Cop_fem
MEG	1	0.45251939	0.51466288	0.640216471
AcT	0.54772256	0.37626192	0.57173529	0.898368730
Alim_dist	0.51466288	-0.08672458	1	0.592355135
Cop_fem	0.64021647	0.54562441	0.59235513	1

Dessa forma, pode-se considerar que obteve-se um modelo satisfatório, pois alcançou-se uma maior correlação entre as entradas e saídas, representados pelos 89% entre Cop_fem e AcT, bem como índices de correlação reduzidos entre as variáveis de entrada. Contudo, não foi possível contemplar a participação de todas as dimensões de desempenho estabelecidas neste estudo, a saber, demográfica, socioeconômica, agrícola, ecológico, recursos naturais, segurança alimentar, participação feminina, certificado, e economia circular, em decorrência da restrição, número de CSAs.

4.2 ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS APLICADA A CSAS NO BRASIL

A aplicação da Análise de Componentes Principais (PCA) revelou que as três componentes identificadas explicaram juntas cerca de 97% da variância total, sendo que a PC1 explicou 72%, a PC2 13% e a PC3 12%. Dessa forma, procedeu-se o estudo de tais componentes avaliando a importância relativa associada a cada uma destas em termos da variância comparada. Neste sentido, a Tabela 3, contempla os autovetores e coeficientes de correlação para cada uma das variáveis originais relacionadas às três componentes principais.

Tabela 3 - Relação de autovetores (\hat{e}) e correlações (r) entre as componentes principais I, II e III e as variáveis originais

Variáveis	PC1		PC2		PC3	
	$\hat{e}1$	$r1$	$\hat{e}2$	$r2$	$\hat{e}3$	$r3$
MEG	-0.08189162	-0.1092041	0.7328142	0.8548567	-0.58766750	0.48821772
AcT	0.68865193	0.9183309	0.1380535	0.1610449	-0.29178269	0.24240490
Alim_dist	0.68289495	0.9106538	-0.2578750	-0.3008213	-0.02973804	0.02470554
Cop_fem	0.22957954	0.3061488	0.6143494	0.7166628	0.75407255	-0.62646238

De acordo com a Tabela 3, observando-se os valores em módulo, os maiores quantitativos para os autovetores e coeficiente de correlação foram registrados para as variáveis Número de acidentes de trabalho (AcT) e Quantidade de alimentos distribuídos - kg/mês (Alim_dist). Neste âmbito a primeira componente principal (PC1) pode ser entendida como um Índice de acidentes de trabalho na logística de distribuição de alimentos das CSAs. Além disso, foram observadas relações diretas entre as quatro variáveis originais e a PC1, com exceção da variável MEG que registrou uma relação inversa. Dessa maneira, quanto maior o valor para as variáveis AcT e Alim_dist maior será o score da componente principal 1, bem como a incidência de haver acidentes no processo de distribuição dos alimentos das CSAs.

No que se refere a segunda componente principal (PC2), os maiores valores dos coeficientes foram obtidos pela variável Número de membros que ocupam cargos na estrutura de governança (MEG) e Número de membros das CSAs do sexo feminino (Cop_fem). Frente a isso, a PC2 pode ser interpretada como um Índice participativo de mulheres nas tomadas de decisão das CSAs. Além disso, pode-se extrair destes dados

que quanto maior os valores obtidos para a variável Número de membros que ocupam cargos na estrutura de governança (MEG) maior será a quantidade de membros do sexo feminino nas CSAs. Outro dado relevante se baseia na correlação negativa observada para a variável MEG em PC2 e a variável Alim_dist, o que indica uma dificuldade de expansão da rede de coprodutores quando a estrutura de governança for expandida.

Em relação a terceira componente principal (PC3), a variável Número de membros das CSAs do sexo feminino (Cop_fem) obteve os maiores coeficientes para o autovetor e correlação em módulo. Assim, a PC3 pode ser interpretada como um Índice participativo de mulheres nas CSAs. Além disso, para PC3 a variável AcT obteve coeficientes reduzidos, o que sugere uma redução dos acidentes de trabalho com a inserção de mais mulheres como coprodutores nas CSAs.

A Figura 2 corresponde ao diagrama de ordenação de variáveis originais e os escores das componentes principais 1 e 2. Assim, cada ponto plotado no diagrama (representado pelas CSAs da região Sudeste escolhidas para a análise) pode ser relacionado a uma das setas que representam as variáveis originais do estudo.

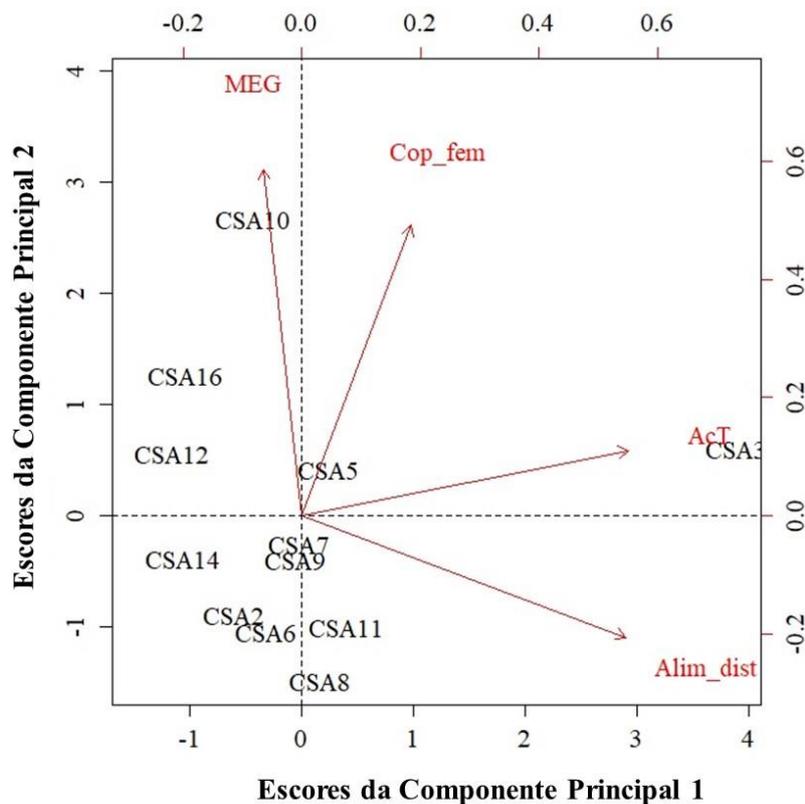


Figura 2 - Escores e autovetores dos componentes principais I e II para as variáveis originais

A partir da análise da Figura 2, pode-se identificar a presença de dois grupos distintos. O Grupo I formado pelas CSAs 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14 e 16, e o Grupo II formado pela CSA 3. Desta forma, para a componente principal 1 a CSA 3 pertencente ao Grupo II apresentou o maior escore em razão dos elevados valores registrados para as variáveis AcT e Alim_dist. Além disso, as CSAs pertencentes ao Grupo I se apresentaram de forma oposta ao Grupo II, com baixos escores para as variáveis AcT e Alim_dist. Isto revela um índice de ocorrência de acidentes de trabalho no processo de distribuição dos alimentos superior para a CSA do Grupo II em relação às do Grupo I.

No caso da componente principal 2, a CSA 10, se destacou em relação a componente 2 em razão dos altos escores para as variáveis originais MEG e Cop_fem. Além disso, foi identificada uma relação inversa entre o aumento do número de cestas distribuídas e a ampliação da estrutura de governança das CSAs, revelando uma possível perda de foco em algumas unidades quanto ao objetivo de prospecção de novos parceiros. Ademais, as CSAs do Grupo I, em especial as CSAs 6, 8 e 11 apresentaram um comportamento oposto, apresentando os menores escores para as variáveis MEG e Cop_fem. Já as CSAs 5, 12 e 16 apresentaram escores medianos para ambas variáveis, o que indica uma lacuna de expansão quanto a inserção de mulheres em cargos de liderança.

A Figura 2 representa o diagrama de ordenação de variáveis originais e os escores das componentes principais 2 e 3.

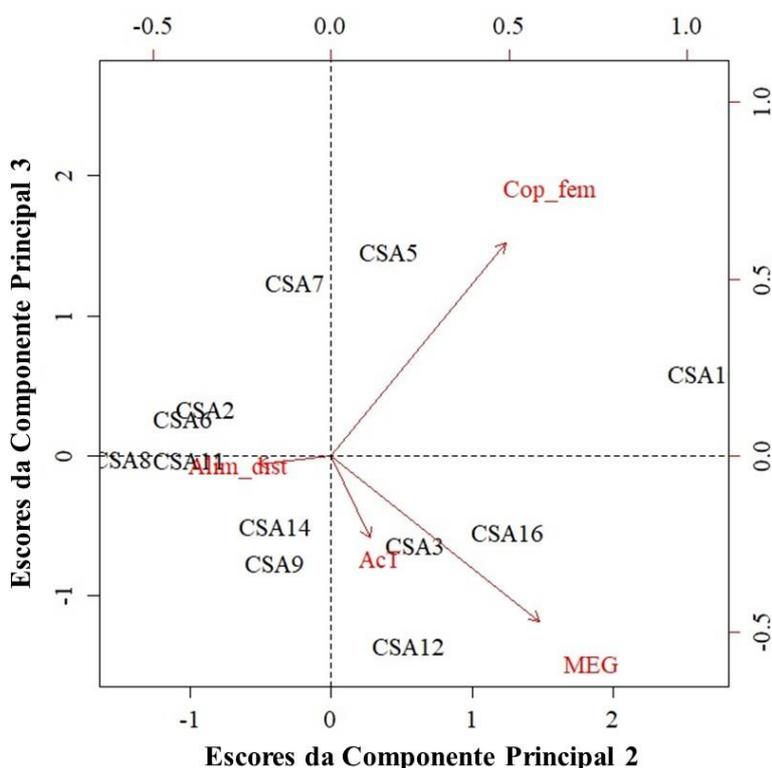


Figura 3 – Escores e autovetores dos componentes principais II e III para as variáveis originais

De acordo com a Figura 2, as CSAs 5 e 7 apresentaram os maiores desempenhos para a componente principal 3. No entanto, a CSA 5 obteve o maior escore para a variável original Cop_fem, indicando uma participação mais efetiva de mulheres na composição do conjunto de seus coprodutores. Já a situação contrária foi identificada nas CSAs 9 e 14 que apresentaram baixos escores para a variável. Se tratando da CSA 10, esta também apresentou escores altos para a variável Cop_fem, entretanto, a presença de mais membros do sexo feminino nesta unidade se refere em grande parte a composição da estrutura de governança, como foi verificado a partir do seu desempenho elevado para a variável MEG.

5. CONCLUSÕES

A agricultura familiar tem forte influência no Brasil com participação ativa nos cinco biomas existentes. Além disso, tem relação com a garantia da segurança alimentar

e nutricional da população, de modo a favorecer o acesso desta a hábitos de vida saudáveis. Nesse sentido, as CSAs têm ocupado uma nova lacuna para a produção de alimentos, pautada na produção orgânica e sustentável, onde tanto a qualidade dos alimentos quanto a preservação do ambiente são igualmente importantes. Dessa forma, este estudo ao se propor uma análise da eficiência das CSAs localizadas na região Sudeste do Brasil, alcançou seu objetivo.

Além disso, considerando a dificuldade de expansão deste movimento, este estudo contribui de diferentes formas para haja melhorias neste processo. Se tratando de contribuições sociais, o estudo reitera sobre como são relevantes e impactantes a busca por hábitos de vida saudáveis através da alimentação de qualidade. Do ponto de vista gerencial, o estudo contribui para que as CSAs. não apenas da região Sudeste do país, possam identificar pontos de melhoria pautados nas variáveis originais selecionadas, a saber, “Número de membros na estrutura de governança (MEG)”, “Número de acidentes de trabalho (AcT)”, “Quantidade de alimentos distribuídos - kg/mês (Alim_dist)” e “Número de membros das CSAs do sexo feminino (Cop_fem)”. Por fim, como contribuições teóricas, o estudo trata da aplicação de estatística multivariada, de forma a relacionar os resultados obtidos em cada uma e direcionar o estudo para um conjunto de variáveis menor. Além disso, espera-se que o estudo possa auxiliar na construção de novos estudos em diferentes áreas de conhecimento que se proponham utilizar ambas técnicas de forma conjunta.

O estudo também apresentou algumas limitações. Nesse âmbito, podem ser listadas a etapa de coleta de dados e a pandemia por Covid-19. A priori, o processo de coleta de dados foi dificultado pelo momento de ocorrência da pandemia pelo novo coronavírus, sendo inviabilizado a realização de entrevistas presenciais. Sendo assim, este fato teve grande impacto no número de questionários respondidos completamente. Além disso, o tempo de resposta para os questionários variou bastante, o que elevou o tempo médio de resposta bem como o prazo de realização da pesquisa. Outra dificuldade se apresentou na confiança de algumas CSAs ao grupo de pesquisa, o que provocou certa resistência em momentos iniciais para o compartilhamento de informações.

A construção de uma agenda de estudos futuros também corresponde a uma das atribuições desta pesquisa. Para tanto, sugere-se inicialmente a realização de pesquisas que contemplem a replicação da metodologia utilizada para outras regiões do país ou até mesmo para outro campo de conhecimento. Em segundo plano, sugere-se a realização de pesquisas pautadas em novas metodologias, a fim de agregar a análise feita para a região Sudeste. Outra iniciativa interessante se baseará na realização de estudos de viabilidade econômica e de simulação a fim de ofertar uma análise do ponto de vista econômico mais completa sobre as possibilidades de implantação e expansão de algumas unidades.

REFERENCES

Alexandratos, N., Bruinsma, J. (2012) World Agriculture towards 2030/2050: the 2012 Revision. ESA Working Paper No. 12-03. FAO, Rome.

Ascari, J.P., Barros, C., Grzebieluckas, C., Júnior, S. S., & Mendes, I. R. N. (2019). Diagnóstico agrícola, socioeconômico e ambiental em propriedade de agricultura familiar. *Revista Ciência em Extensão*, 15, 75-88.

Bais-Moleman, A. L., Schulp, C. J. E., & Verburg, P. H. (2018). Assessing the environmental impacts of production- and consumption-side measures in sustainable

agriculture intensification in the European Union. *Geoderma*. doi:10.1016/j.geoderma.2018.11.04

Banker, R. D. & Morey, R. C. (1986). Efficiency analysis for exogenously fixed inputs and outputs. *Operations Research*, 34, 513-521. doi.org/10.1287/opre.34.4.513

Banker, R. D., Charnes, A. & Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, 30, 1078-1092. doi.org/10.1287/mnsc.30.9.1078

Banker, R. D., Charnes, A., Cooper, W. W., Swarts, J. & Thomas, D. A. (1989). An introduction to data envelopment analysis with some of its models and their uses. *Research in Governmental and Nonprofit Accounting*, 5, 125-163.

Batson, C., Ahmad, N. (2002). Four motives for community involvement. *Journal of Social Issues*, 58, 429–445. doi.org/10.1111/1540-4560.00269

Bloemmen, M., Bobulescu, R., Le, N. T., & Vitari, C. (2015). Microeconomic degrowth: The case of Community Supported Agriculture. *Ecological Economics*, 112, 110–115. doi:10.1016/j.ecolecon.2015.02.013

Brown, C.; Miller, S.. The impacts of local markets: A review of research on farmers markets and community supported agriculture (CSA). *American journal of agricultural economics*, 90, 1296-1302, 2008.

Campi, M., Dueñas, M., & Fagiolo, G. (2021). Specialization in food production affects global food security and food systems sustainability. *World Development*, 141, 105411. doi:10.1016/j.worlddev.2021.10541

Castelo Branco, M., Liz R. S., Alcântara F. A., Martins H. A. G. & Hanson J.C. (2011). Agricultura apoiada pela comunidade: poderia a experiência dos agricultores americanos ser útil para os agricultores urbanos brasileiros? *Horticultura Brasileira* 29, 43-49.

Chabert, A., & Sarthou, J.-P. (2020). Conservation agriculture as a promising trade-off between conventional and organic agriculture in bundling ecosystem services. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 292, 106815. doi:10.1016/j.agee.2019.106815

Cooper, W. W., Seiford, L. M. & Zhu, J. (2011). *Handbook on data envelopment analysis*. Springer.

Cristiano, S. (2021). Organic vegetables from community-supported agriculture in Italy: Emergy assessment and potential for sustainable, just, and resilient urban-rural local food production. *Journal of Cleaner Production*, 292, 126015. doi:10.1016/j.jclepro.2021.126015

De Deus, R. M.; Bakonyi, S. M. C. (2012). O impacto da agricultura sobre o meio ambiente. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, 7, 1306-1315.

Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO (2020) The State of Agricultural Commodity Markets 2020, The State of Agricultural Commodity Markets 2020. FAO, Rome, Italy (2020), 10.4060/cb0665en

Ferreira, D.F. (2011). Estatística multivariada. (2nd ed.). Lavras: UFLA.

Galt, R. E., Bradley, K., Christensen, L. O., & Munden-Dixon, K. (2019). The (un)making of “CSA people”: Member retention and the customization paradox in Community Supported Agriculture (CSA) in California. *Journal of Rural Studies*, 65, 172–185. doi:10.1016/j.jrurstud.2018.10.00

Gazda, H. T. Kho, A. T., Sanoudou, D., Zaucha, J. M., Kohane, I. S., Sieff, C. A. & Beggs, A H. (2006). Defective ribosomal protein gene expression alters transcription, translation, apoptosis, and oncogenic pathways in diamond-blackfan anemia. *Stem Cells*, 24, 2034-2044. doi.org/10.1634/stemcells.2005-0554

Gómez-Villarino, M. T., & Ruiz-Garcia, L. (2020). Adaptive design model for the integration of urban agriculture in the sustainable development of cities. A case study in northern Spain. *Sustainable Cities and Society*, 102595. doi:10.1016/j.scs.2020.102595

Goodman, D., DuPuis, M.E. (2002). Knowing food and growing food: beyond the production–consumption debate in the sociology of agriculture. *Sociologia Ruralis* 42, 6–22.

Gravert, T. K. O., Vuaille, J., Magid, J., Hansen, M. (2021). Non-target analysis of organic waste amended agricultural soils: Characterization of added organic pollution. *Chemosphere*, 19 April 2021, 130582. doi: https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130582

Habibov, N. N. & Fan, L. (2010). Comparing and contrasting poverty reduction performance of social welfare programs across jurisdictions in Canada using Data Envelopment Analysis (DEA): an exploratory study of the era of devolution. *Evaluation and Program Planning*, 33, 457-467. doi.org/10.1016/j.evalprogplan.2009.10.006

Hayden, J., & Buck, D. (2012). Doing community supported agriculture: Tactile space, affect and effects of membership. *Geoforum*, 43, 332–341. doi:10.1016/j.geoforum.2011.08.003

Hosamani, S.B., Hiremath, G.K. & Ranganath Sastry, K.N. (1996). Financial dimensions influencing the performance of a RRB: Principal Component Approach. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences*, 9, 661-665.

Johnson, R. A. & Wichern, D. V. (2007). *Applied multivariate statistical analysis*. (6th ed). Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall.

Martinho, V. J. P. D. (2019). Best management practices from agricultural economics: Mitigating air, soil and water pollution. *Science of The Total Environment*. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.06.199

Melo, A. M.; De Freitas, A. F.; Calbino, D. (2020). Comunidade que Sustenta a Agricultura (CSA): panorama das pesquisas brasileiras. COLÓQUIO-Revista do Desenvolvimento Regional, 17, 82-99, 2020.

Mercanzini, A., Cheung, K., Buhl, D. L., Boers, M., Maillard, A., Colin, P. & Renaud, P. (2008). Demonstration of cortical recording using novel flexible polymer neural probes. *Sensors and Actuators A: Physical*, 143, 9096. doi.org/10.1016/j.sna.2007.07.027

Nost, E. (2014). Scaling-up local foods: Commodity practice in community supported agriculture (CSA). *Journal of Rural Studies*, 34, 152–160. doi:10.1016/j.jrurstud.2014.01.001

O'Hara, S., Stagl, S. (2002). Endogenous preferences and sustainable development. *Journal of Socio-Economics*, 31, 511–527.

Opitz, I., Specht, K., Piorr, A., Siebert, R., Zasada, I. (2017). Effects of consumer-producer interactions in alternative food networks on consumers' learning about food and agriculture. *Morav. Geogr. Rep.* 25, 181–191. doi: <https://doi.org/10.1515/mgr-2017-0016>.

Opitz, I., Specht, K., Piorr, A., Siebert, R., Zasada, I. (2017). Effects of consumer-producer interactions in alternative food networks on consumers' learning about food and agriculture. *Morav. Geogr. Rep.* 25, 181–191. doi: <https://doi.org/10.1515/mgr-2017-0016>.

Opitz, I., Zoll, F., Zasada, I., Doernberg, A., Siebert, R., & Piorr, A. (2019). Consumer-producer interactions in community-supported agriculture and their relevance for economic stability of the farm – An empirical study using an Analytic Hierarchy Process. *Journal of Rural Studies*, 68, 22–32. doi:10.1016/j.jrurstud.2019.03.011

Opitz, I., Zoll, F., Zasada, I., Doernberg, A., Siebert, R., & Piorr, A. (2019). Consumer-producer interactions in community-supported agriculture and their relevance for economic stability of the farm – An empirical study using an Analytic Hierarchy Process. *Journal of Rural Studies*, 68, 22–32. doi:10.1016/j.jrurstud.2019.03.011

Peixoto, M.G.M., Musetti, M.A. & Mendonça, M.C.A. (2018). Multivariate analysis techniques applied for the performance measurement of Federal University Hospitals of Brazil, *Computers & Industrial Engineering*, 126, 16-29. doi.org/10.1016/j.cie.2018.09.020

Peterson, H. H., Taylor, M. R., & Baudouin, Q. (2015). Preferences of locavores favoring community supported agriculture in the United States and France. *Ecological Economics*, 119, 64–73. doi:10.1016/j.ecolecon.2015.07.013

Post, S. (2005). Altruism, happiness and health: it's good to be good. *International Journal of Behavioral Medicine*, 12, 66–77.

Rilling, J., Gutman, D., Zeh, T., Pagnoni, G., Berns, G., Kilts, C. (2002). A neural basis for social cooperation, *Neuron*, 35, 395–405. doi.org/10.1016/S0896-6273(02)00755-9

Röös, E., Bajzelj, B., Weil, C., Andersson, E., Bossio, D., Gordon, L. J. (2021). Moving beyond organic – A food system approach to assessing sustainable and resilient farming. *Global Food Security*, 28, March 2021, 100487. doi: 10.1016/j.gfs.2020.100487

Said Mohamed, E., Belal, A., Kotb Abd-Elmabod, S., El-Shirbeny, M. A., Gad, A., & Zahran, M. B. (2021). Smart farming for improving agricultural management. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*. doi:10.1016/j.ejrs.2021.08.007

Sharma, N., Sharma, P., Irwin, D. & Shenoy, P. (2011). Predicting solar generation from weather forecasts using machine learning, in smart grid communications (smartgridcomm) proceedings of the IEEE international conference on, 2011, IEEE. 528-533. 10.1109/SmartGridComm.2011.6102379

Sinha, S., Bardhan, P., Pramanick, S., Jagatramka, A., Kole, D. K. & Chakraborty, A. (2011). Digital video watermarking using discrete wavelet transform and principal component analysis. *International Journal of Wisdom Based Computing*, 1, 7-12.

Tadayon, F. & Liu, M. C. (1993). Principal component analysis: a tool for assembly management. *Computers & Industrial Engineering*, 25, 77-80. doi.org/10.1016/0360-8352(93)90225-M

Webster, T. M., Baumgartner, R., Sprunger, J. K., Baldwin, D. D., Mcdougall, E. M. & Herrell, S. D. (2005). A clinical pathway for laparoscopic pyeloplasty decreases length of stay. *The Journal of Urology*, 173, 2081-2084. doi.org/10.1097/01.ju.0000158460.45695.78

Zilli, M., Scarabello, M., Soterroni, A. C., Valin, H., Mosnier, A., Leclere, D., ... Ramos, F. M. (2020). The impact of climate change on Brazil's agriculture. *Science of The Total Environment*, 139384. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.1393

Zoll, F., Specht, K., Opitz, I., Siebert, R., Piorr, A., & Zasada, I. (2018). Individual choice or collective action? Exploring consumer motives for participating in alternative food networks. *International Journal of Consumer Studies*, 42, 101-110.