

Gestão de desempenho na cafeicultura: uma análise multivariada aplicada a produção de café das principais regiões brasileiras

GUSTAVO ALVES DE MELO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

LUIZ GONZAGA DE CASTRO JUNIOR

MARIA GABRIELA M PEIXOTO
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP

SAMUEL BORGES BARBOSA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

JAQUELINE SEVERINO DA COSTA

Introdução

O agronegócio constitui uma das bases da economia do Brasil, e é responsável por mais da metade das exportações realizadas no país. O país é uma referência mundial na produção de café, por exemplo. A cafeicultura brasileira abrange cerca de 2 milhões de hectares e mais de 300 mil produtores localizados em mais de 1900 municípios. O objetivo geral do estudo foi avaliar o desempenho das principais regiões produtoras de cafés Arábica e Conilon do Brasil nos anos safra de 2018-2019 e 2020-2021, através da aplicação da técnica PCA.

Problema de Pesquisa e Objetivo

Vale ressaltar os desafios enfrentados pela cafeicultura nos últimos anos relacionados ao contexto econômico, ambiental e sanitário. O cenário marcado por eventos climáticos indesejáveis impactou negativamente a produtividade de cafezais em algumas regiões do país. Além disso, questões econômicas aumentaram as tensões no mercado nacional, com a alta de juros, inflação, supervalorização de insumos, entre outros fatores.

Fundamentação Teórica

O café representa uma das principais commodities no agronegócio brasileiro, de modo que isoladamente este tem alcançado boa parte do montante arrecadado no setor anualmente. Fatores externos à produção do grão como mudanças climáticas, crises econômicas, falta de insumos e redução da mão de obra, podem influenciar diretamente na comercialização do produto, causando variação dos preços pagos e recebidos pelos produtores no mercado nacional. No entanto, a prática da exportação do café exige que os produtores elevem o padrão de qualidade de seus produtos.

Metodologia

Este estudo possui caráter descritivo, uma vez que se propõe contextualizar as principais regiões produtoras de cafés Arábica e Conilon no Brasil, uma abordagem quali-quantitativa, pois se propõe a realizar uma avaliação do desempenho das principais regiões produtoras de cafés Arábica e Conilon do Brasil através da aplicação da técnica PCA bem como uma análise qualitativa dos resultados, e caracteriza-se pela utilização de uma lógica indutiva. A amostra de pesquisa deste estudo foi formada por 33 produtores de cafés distribuídos nas 12 principais regiões produtoras.

Análise dos Resultados

Os resultados sinalizaram o uso intensivo de fertilizantes, corretivos e defensivos no ano safra 2018-2019 a fim de garantir a maior produtividade nestas áreas, já em 2020-2021 houve a maior inserção de práticas sustentáveis de produção, a partir do aumento de investimentos em tecnologias voltadas para este fim.

Conclusão

O estudo alcançou satisfatoriamente seu objetivo geral com uma análise de desempenho focada nas principais regiões produtoras de café Arábica e Conilon do Brasil. A gestão de desempenho da cafeicultura no Brasil trata-se de um tema amplo que necessita de estudos com maior nível de detalhamento e rigor na apresentação de resultados.

Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ - ABIC. Estatísticas. 2020. Disponível em: <https://www.abic.com.br/certificacao/sustentabilidade/>. Acesso em: 22 dez. 2020. CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL - CNA. Panorama do Agro - Semana 16 a 20 de maio de 2022. 2022. Disponível em: <https://www.CNAbrasil.org.br/boletins/panorama-2022-05-21>. Acesso em: 24 maio 2022. JEZEER, Rosalien E. et al. Effects of shade and input management on economic performance of small-scale Peruvian coffee systems. *Agricultural systems*, v. 162, p. 179-190, 2018.

Palavras Chave

Agronegócio, Indicadores de desempenho, Análise de Componentes Principais (PCA)

1. Introdução

O agronegócio constitui uma das bases da economia do Brasil, e é responsável por mais da metade das exportações realizadas no país (CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL - CNA, 2022). O país é uma referência mundial na produção de café, por exemplo (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO CAFÉ - ABIC, 2020). De acordo com a EXPOCACCER (2020), a cafeicultura brasileira abrange cerca de 2 milhões de hectares e mais de 300 mil produtores localizados em mais de 1900 municípios. Além disso, a produção se divide entre cafés do tipo Arábica e *Conilon* e se encontram na maior parte (cerca de 85%) distribuídos nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Espírito Santo e Bahia.

No entanto, vale ressaltar os desafios enfrentados pela cafeicultura nos últimos anos relacionados ao contexto econômico, ambiental e sanitário (CNA, 2022). Segundo a Associação Brasileira da Indústria do Café (ABIC, 2020) o cenário marcado por eventos climáticos indesejáveis impactou negativamente a produtividade de cafezais em algumas regiões do país. Além disso, questões econômicas aumentaram as tensões no mercado nacional, com a alta de juros, inflação, supervalorização de insumos, entre outros fatores (CNA, 2022).

O café representa uma das principais *commodities* no agronegócio brasileiro, de modo que isoladamente este tem alcançado boa parte do montante arrecadado no setor anualmente (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO CAFÉ - ABIC, 2020; EXPOCACCER, 2020). Além disso, fatores externos à produção do grão como mudanças climáticas, crises econômicas, falta de insumos e redução da mão de obra, podem influenciar diretamente na comercialização do produto, causando variação dos preços pagos e recebidos pelos produtores no mercado nacional (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO CAFÉ - ABIC, 2020). Frente a isso, muitos produtores a fim de aumentarem seus lucros e/ou reduzir suas perdas na cafeicultura têm buscado por melhores oportunidades de comercialização do seu produto no mercado externo (EXPOCACCER, 2020).

No entanto, a prática da exportação do café exige que os produtores elevem o padrão de qualidade de seus produtos (ICO, 2020). Frente a isso, estes recorrem a investimentos em diferentes locais de sua propriedade a fim de alcançar a excelência de produção requerida (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO CAFÉ - ABIC, 2020). Dentre as medidas tomadas pelos produtores se encontra a gestão efetiva dos custos de produção (JEZEER et al., 2018; BULGA et al., 2020). A partir disso, os produtores tem condições para a realização de planejamentos de vendas futuras e expansão em mercados diferenciados de forma segura e rentável (ICO, 2020). Além disso, o custo associado ao investimento para montagem e manutenção dos cafezais torna-se um componente relevante do custo do produto, já as receitas ocorrem apenas com o fechamento de cada safra (VEGRO; DE ALMEIDA, 2020). Dito isso, os produtores recorrem a capital de giro próprio ou de terceiros a fim de garantir o andamento de seus negócios (EXPOCACCER, 2020; VEGRO; DE ALMEIDA, 2020).

Segundo dados da CNA (2022), a quantidade de terras dedicadas ao plantio de cafés tipo Arábica e *Conilon* foi de 1,82 milhão de hectares em 2021, sendo 1,45 milhão de café do tipo Arábica e 375,99 mil hectares de café *Conilon*. Além disso, as principais regiões produtoras correspondem a Minas Gerais – maior produtor de café com 992,41 mil hectares plantados (54% da área em produção no país) –, Espírito Santo com 400,41 mil hectares, São Paulo com 198,18 mil hectares, Bahia com 101,46 mil hectares, Rondônia com 63,57 mil hectares e Paraná com 33,25 mil hectares (CNA, 2022).

A influência das mudanças climáticas na produção da *commodity*, segundo a EXPOCACCER (2020), em 2019 implica uma redução de aproximadamente 24% na produção de café em Minas Gerais em razão da ocorrência de períodos de seca intensos no verão e de geadas que queimaram as partes superficiais dos cafezais. A gestão de desempenho a partir de

técnicas quantitativas e da manipulação de indicadores de desempenho são importantes para o alinhamento das estratégias dos produtores de café e melhor planejamento destes (COSTA, 2020). Dessa maneira, o objetivo geral do estudo foi avaliar o desempenho das principais regiões produtoras de cafés Arábica e *Conilon* do Brasil nos anos safra de 2018-2019 e 2020-2021, através da aplicação da técnica multivariada de Análise de Componentes Principais (PCA), abrangendo contribuições teóricas e práticas para o contexto da produção cafeeira no Brasil.

2. Procedimentos metodológicos

A amostra de pesquisa deste estudo foi formada por 33 produtores de cafés distribuídos nas 12 principais regiões produtoras. Todas as regiões produtoras de café consideradas são participantes do projeto Campo Futuro do CIM/UFLA. A etapa de coleta e organização de dados se pautou na aplicação de um questionário semiestruturado aos produtores de café destas 12 regiões produtoras nos moldes de uma pesquisa de campo.

A análise de desempenho das principais regiões produtoras de café brasileiras pode ser definida em três estágios, a saber, aplicação da análise de componentes principais em cada dimensão de desempenho, seleção de *inputs* e *outputs* e proposição de índices de desempenho globais para a gestão destas regiões produtoras. O estudo encontra-se empiricamente estruturado de acordo com as orientações de Peixoto (2016) e o modelo de Peixoto et al. (2020). Com base nos estágios definidos, e o principal enfoque na aplicação das técnicas, Tadayon e Liu (1993) e Hosamani et al. (1996) contribuem para a elaboração da Análise de Componentes Principais enquanto formulação matemática, conforme demonstra a equação (6) adaptada de Ferreira (2011) e Johnson e Wichern (2007). Neste caso, Y_i corresponde à componente principal, sendo o número de variáveis menor ou igual ao número de componentes principais (SHARMA et al., 2011; SINHA et al., 2011), ou seja, $Y_i = 1, 2, \dots, p$; e refere-se aos autovetores ($e = 1, 2, \dots, p$) e X às variáveis originais ($X = 1, 2, \dots, p$).

$$Y_i = e_{i1}X_1 + e_{i2}X_2 + \dots + e_{ip}X_p \quad (6)$$

Uma vez que a aplicação da PCA ocorreu com base em um conjunto de 34 variáveis, conforme as classificações de *inputs* e *outputs*, foram selecionadas as que obtiveram os maiores autovetores e, portanto, os maiores índices de correlação, em módulo, a partir das três primeiras componentes principais (CP1, CP2 e CP3). As variáveis foram tabuladas com o auxílio do *softwares* de análise estatística *R-Project 4.2.1* e *Rstudio versão 2022.07.2+576* a fim de alcançar resultados interessantes e que possam auxiliar a gestão de desempenho das principais regiões produtoras de café do Brasil. A utilização destas variáveis se justifica, pois 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 estudo.

Em relação às variáveis de análise, estas estiveram relacionadas às 5 dimensões de desempenho, a saber, dimensão “Demográfica”, “Socioeconômica”, “Agrícola”, “Certificação” e “Economia Circular”. Assim, o conjunto de variáveis considerado para análise foi composto por 19 *outputs* e 15 *inputs*, um total de 34 variáveis.

3. Resultados e discussão

3.1 Seleção e classificação de variáveis em entradas e saídas para avaliação de desempenho das principais regiões produtoras de café do Brasil

A priori, para a análise do ano safra de 2018-2019 após a etapa de coleta de dados, foram eliminadas as variáveis *Ac_prod*, *Texp_prod*, *Area_degrad*, *Agua_trat*, *Certif_prop*, *Agua_reapr*, *Energ_prod*, *Area_irrig*, *Resid_trat*, *Energ_renov* em razão da ocorrência de um grande volume de respostas nulas para estes indicadores. Sendo assim a *PCA* foi aplicada para um conjunto de 24 variáveis, obtendo como resultado uma variância de 9%. Em seguida, foram selecionadas as variáveis com índice de correlação superior a 60%, alcançando um conjunto de apenas 10 variáveis originais. Logo após, a *PCA* foi aplicada novamente, alcançando uma variância de 74%, onde foram selecionadas as variáveis que obtiveram índice de correlação de 70%, um total de 7 apenas. A *PCA* foi aplicada novamente neste conjunto de variáveis, obtendo uma variância de 92%. Nesta etapa, foi eliminado o *output* com menor índice de correlação com os *inputs* e altamente correlacionado a um dos *outputs*. Finalmente, após esta etapa de análise das correlações, foi obtido o conjunto de 5 variáveis originais com 89% de variância total, a saber, *Qtd_M*, *Tam_prop*, *Area_cafe*, *Agua_cons* e *Rend_prop*.

Além disso, uma análise de correlação entre as variáveis selecionadas para o ano safra de 2018-2019 foi realizada, como alternativa de redução de variáveis uma vez que o conjunto amostral de produtores é limitado. Dessa forma, foram priorizados os baixos valores de correlação entre as variáveis, de modo que foram mantidas as 5 variáveis originais por apresentarem correlações inferiores a 0,76. Neste sentido, a maior correlação observada entre o *input* *Area_cafe* e o *output* *Rend_prop*, na ordem de 75,7%, fato que favorece a análise de desempenho. Assim, foram selecionadas para a etapa seguinte, as variáveis originais *Qtd_M*, *Tam_prop*, *Agua_cons*, *Area_cafe*, *Rend_prop*. A Tabela 1 apresenta um resumo das variáveis originais selecionadas, acrescido dos valores dos autovetores e correlações de cada uma das variáveis. Nesse caso, pode-se ressaltar a ocorrência de baixos valores de correlação para a componente principal 3, todavia, a importância de consideração desta componente se justifica pela variância acumulada nas três componentes principais (CP1, CP2 e CP3) na ordem de 90%.

Tabela 1 - Seleção de *inputs* e *output* para a aplicação da *DEA* considerando o ano safra de 2018-2019

Variáveis	Tipo de variável	Dimensão de desempenho	Componente Principal	Autovetor	Correlação
<i>Qtd_M</i>	<i>Input</i>	Demográfica	CP2	-0,8973949	0,9397596
<i>Tam_prop</i>	<i>Input</i>	Agrícola	CP1	0,5138291	0,8093593
<i>Agua_cons</i>	<i>Input</i>	Economia Circular	CP1	0,5580477	0,8790104
<i>Area_cafe</i>	<i>Input</i>	Agrícola	CP3	0,6459127	0,6013058
<i>Rend_prop</i>	<i>Output</i>	Socioeconômica	CP1	0,5119310	0,8063694

Fonte: Autores (2023)

Foram classificados como *inputs* as variáveis originais *Qtd_M*, *Tam_prop*, *Agua_cons* e *Area_cafe*, já a variável *Rend_prop* contemplou o único *output* desta análise. Além disso, merecem destaque entre os *inputs* com maior e menor coeficiente de correlação, a saber, *Qtd_M* e *Area_cafe*, respectivamente. Para a componente principal 1, a variável original *Agua_cons* obteve o maior valor numérico para a correlação.

No que corresponde a análise do ano safra de 2020-2021, foram eliminadas inicialmente as variáveis originais *Ac_prod*, *Texp_prod*, *Area_degrad*, *Agua_trat*, *Certif_prop*, *Agua_reapr*, *Energ_prod*, *Area_irrig*, *Resid_trat* e *Energ_renov*, analogamente ao ano safra de 2018-2019, em razão da ocorrência de muitos valores nulos nestas variáveis. Em seguida a *PCA* foi aplicada em um conjunto de 24 variáveis, obtendo uma variância de 44% neste conjunto. Frente a isso, foram selecionadas as variáveis com índice de correlação superior a 60%, restando apenas 10 variáveis. Logo após, a *PCA* foi reaplicada obtendo uma variância total de 76%, e foram selecionadas as variáveis com correlação acima de 70%, 8 variáveis no total. A *PCA* foi

aplicada resultando em uma variância de 82%. Nesta etapa, foi eliminado o *output* com menor índice de correlação com os *inputs* e altamente correlacionado a um dos *outputs*. Por fim, foram selecionadas 6 variáveis com uma variância total de 74%, a saber, *Area_cafe*, *Cred_financ*, *QtdInsum_prod*, *AdOrgan_prod*, *Rend_prop*, *Rend_tec*.

Seguindo o mesmo protocolo de análise do ano safra 2018-2019, foi desenvolvida uma análise das correlações entre as próprias variáveis para o ano safra 2020-2021 a fim de reduzir o volume de *inputs* e *outputs* contemplados, conforme a Tabela 2. Neste sentido, foram selecionadas 6 variáveis com correlações inferiores a 83%. Frente a isso, novamente o *input* *Area_cafe* apresentou forte correlação com o *output* *Rend_prop*, na ordem de 82%. Logo, foram selecionadas as variáveis originais *Area_cafe*, *Cred_financ*, *AdOrgan_prod*, *QtdInsum_prod*, *Rend_prop* e *Rend_tec*. Assim, a Tabela 3, representa um resumo dos *inputs* e *outputs* selecionados para a aplicação da técnica *DEA* correspondentes ao ano safra 2020-2021.

Tabela 2 - Seleção de *inputs* e *outputs* para a aplicação da *DEA* considerando o ano safra de 2020-2021

Variáveis	Tipo de variável	Dimensão de desempenho	Componente Principal	Autovetor	Correlação
Area_cafe	<i>Input</i>	Agrícola	CP1	-0,6275203	0,8953656
Cred_financ	<i>Input</i>	Agrícola	CP3	0,5857736	0,6242079
QtdInsum_prod	<i>Input</i>	Agrícola	CP2	-0,5354165	-0,6061594
AdOrgan_prod	<i>Output</i>	Economia Circular	CP3	0,7599273	0,8097883
Rend_prop	<i>Output</i>	Socioeconômica	CP1	-0,6628133	0,9457229
Rend_tec	<i>Output</i>	Agrícola	CP2	0,6450930	0,7303272

Fonte: Autores (2023)

Com base na Tabela 2, foram verificados baixos valores de correlação para a componente principal 2, em especial para o *input* *QtdInsum_prod*. Entretanto, a consideração da CP2 é de suma importância, pois as componentes principais 1 e 2 juntas explicam mais de 50% da variância total dos dados. Neste âmbito, podem ser ressaltados o alto desempenho do *output* *Rend_prop* que alcançou a maior correlação dentre este conjunto de variáveis na ordem de 0,95. Além disso, as variáveis mais correlacionadas estiveram associadas a CP1, sendo elas, *Area_cafe* com correlação de 0,89 e *Rend_prop*, 0,95.

3.2 Análise de componentes principais (PCA) aplicada às principais regiões produtoras de café do Brasil a partir dos *inputs* e *outputs* selecionados

Tendo em vista a necessidade de realização do próximo estágio deste estudo, foram consideradas nesta etapa 5 variáveis para o ano safra de 2018-2019, a saber, os *inputs* *Qtd_M*, *Tam_prop*, *Agua_cons* e *Area_cafe*; e o *output* *Rend_prop*. Estas variáveis apresentaram correlações diferentes para cada dimensão abordada, o que indicou uma maior adesão de cada variável a uma determinada componente principal. Diante ao exposto, a Tabela 3 apresenta a relação dos autovetores (\hat{e}) e das correlações (r) entre as componentes principais I, II e III e os *inputs* e *output* considerando o ano safra de 2018-2019.

Tabela 3 – Relação dos autovetores (\hat{e}) e das correlações café entre as componentes principais I, II e III e os *inputs* e *output* considerando o ano safra de 2018-2019

Variáveis	CP1		CP2		CP3	
	\hat{e}	r	\hat{e}	r	\hat{e}	r
<i>Qtd_M</i>	-0.0686075	-0.1080673	-0.8973948	0.9397596	0.2991446	0.2784856
<i>Tam_prop</i>	0.5138291	0.8093593	-0.0080467	0.0084266	-0.5517230	-0.5136209
<i>Area_cafe</i>	0.3972179	0.6256789	0.3297395	-0.3453060	0.6459127	0.6013058

Agua_cons	0.5580477	0.8790104	-0.2880413	0.3016393	-0.2445792	-0.2276885
Rend_prop	0.5119309	0.8063694	-0.0540522	0.0566040	0.3592939	0.3344809

Fonte: Autores (2023)

Conforme apresentado pela Tabela 3, as variáveis mais altamente correlacionadas, em módulo, à CP1 foram os *inputs* Tam_prop e Agua_cons, e o *output* Rend_prop. Nota-se a existência de autovetores positivos em sua maioria para esta componente. Assim, quanto maior forem os coeficientes numéricos destas variáveis maior será o escore obtido pela componente principal 1. Logo, maior será a relevância destes indicadores para o campo de análise. Neste sentido, considerando o fato da existência de características de entrada e saída das variáveis, onde preza-se pela redução de *inputs* e maximização de *outputs*, a primeira componente pôde ser avaliada sob estas duas realidades distintas.

Em relação aos *inputs*, esta componente (CP1) pôde ser interpretada como um **índice de desempenho na preservação de recursos hídricos**. Acentua-se a importância de implementação de medidas direcionadas ao consumo mais consciente de água pelos produtores. Estima-se que o Brasil tenha utilizado cerca de 21% do seu potencial de irrigação nos últimos anos (FERNANDES et al., 2020). Todavia, é necessário lembrar os episódios recorrentes de fortes estiagens ocorridos nos últimos anos em alguns períodos específicos, o que tem dificultado a produção de alguns destes *inliers* que não utilizam métodos de irrigação ou que não se planejaram adequadamente para estes eventos. Destacam-se como alternativas para fortalecimento deste índice a adoção de irrigações de baixo custo e baixo consumo de recursos hídricos, como o caso da metodologia de gotejamento (MIRANDA et al., 2020). Atualmente apenas cerca de 25 a 30% dos produtores de café no Brasil adotam práticas de irrigação mais sustentáveis que reduzem o consumo de água em até 1.000 litros por quilo de café produzido, significando uma diminuição de 50% do consumo deste insumo (MIRANDA et al., 2020).

Uma prática de baixo custo que tem sido comum entre alguns produtores corresponde a realização do estresse hídrico dos cafezais. Tal prática considera a suspensão da irrigação por até 72 dias para a sincronização da florada e maturação dos grãos (FERNANDES et al., 2020). No caso dos 21 *inliers* considerados, atenta-se para a necessidade de implementação de modelos como estes, visto que a renda destes produtores foi ineficiente em muitos casos e que poucos ultrapassaram a marca de R\$400.000,00. Trata-se de um valor elevado para a receita bruta, no entanto, deve-se ressaltar que se refere à única fonte de recursos financeiros de cada propriedade. Aqui, ressalta-se o apelo no apoio conjunto de entidades e institutos dedicados ao desenvolvimento tecnológico para projetos de irrigação sustentável (MIRANDA et al., 2020). Isto garante melhorias na gestão da propriedade, economia de recursos, avanço nos padrões de produção e qualidade do café bem como ampara a questão de inserção da sustentabilidade na cafeicultura (EXPOCACCER, 2020).

No que corresponde ao *output* Rend_prop que também obteve alta correlação com a CP1, esta pode ser interpretada como um **índice de desempenho econômico baseado na renda bruta da propriedade**. Neste âmbito, destaca-se a identificação de alternativas para o aumento da renda dos produtores, dentre elas, a busca pela diferenciação do produto. Isso significa uma possível reestruturação da produção a fim de alcançar padrões de certificação do café, o que eleva o valor agregado do produto e a renda da propriedade (VOLSI et al., 2019). Acentua-se a ocorrência de certificações no âmbito sustentável de produção, a partir da produção orgânica. Tal prática tem sido recorrente em algumas regiões do país, como o caso do município de Poço Fundo-MG em que também é observado um preço mais elevado do café.

Atualmente, as questões ambientais tem sido alvo de debates para melhoria da qualidade dos alimentos, através da eliminação do uso de fertilizantes e agroquímicos, permitindo a produção de alimentos mais saudáveis e redução da poluição do solo e da água (GOMES et al.,

2020). A incorporação de padrões sustentáveis pelos produtores tem ocorrido com incentivos no controle biológico de pragas e doenças, bem como na reutilização de resíduos gerados na produção do café (GOMES et al., 2020). Estabelecer uma cultura de produção pautada nos aspectos da economia circular também representa um avanço para a produção da *commodity* (LINGNAU et al., 2019; FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO, 2020).

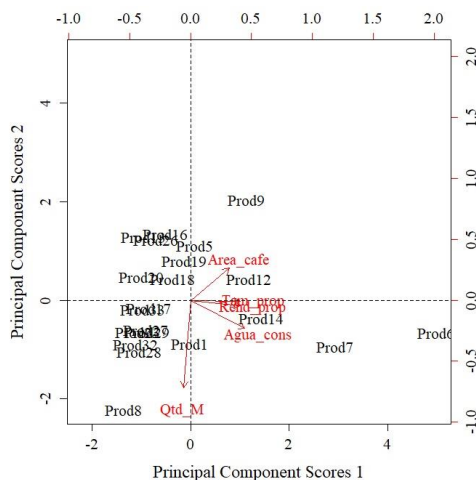
Se tratando das variáveis mais correlacionadas a CP2, foi selecionada apenas o *input* Qtd_M que obteve os maiores valores em módulo para o autovetor e correlação. Assim, a segunda componente principal pôde ser interpretada como um **índice de desempenho da mão de obra**. A contratação de mão de obra especializada para a realização de atividades nas fases de colheita tem sido cada vez mais escassa dentre o conjunto de produtores existente (VOLSI et al., 2019; VEGRO; DE ALMEIDA, 2020).

Por outro lado, a dependência dos modelos tradicionais, onde o sistema manual é predominante, ainda corresponde a uma realidade para a maioria destes produtores analisados neste estudo. Isso se torna mais evidente em áreas de difícil acesso com irregularidades de relevo, o que dificulta o trabalho mecanizado e favorece a realização do trabalho manual (VOLSI et al., 2019). Todavia, acentua-se alguns avanços no desenvolvimento de máquinas e equipamentos específicos para estas áreas que futuramente substituirão grande parte da mão de obra utilizada atualmente, que também significa a maior fonte de custos de produção de café nos últimos anos (VEGRO; DE ALMEIDA, 2020; GUIMARÃES et al., 2022).

Em relação a terceira componente principal apenas a variável Area_cafe obteve destaque sendo a mais correlacionada à CP3. Esta componente pôde ser interpretada como um **índice de desempenho na distribuição geográfica da produção**. Deve-se ressaltar o cenário de constantes reduções no quantitativo de área plantada de café no país, mas com avanços de produtividade (GOMES et al., 2020). Segundo o Conselho de Exportadores de Café do Brasil (CECAFE, 2022), no Brasil em 2021 esta área correspondeu a 1,76 milhão de hectares, a menor área em 25 anos. Assim, verifica-se esta tendência para os próximos anos, haja vista que a redução das áreas promove a redução de custos dos produtores, já os investimentos em tecnologia e sustentabilidade agregam valor ao produto (CECAFE, 2022).

A fim de complementar estas análises foi desenvolvido o Gráfico 1, que contempla o diagrama de ordenação dos quatro *inputs* e único *output* bem como uma comparação dos escores obtidos pelos *inliers* na primeira e segunda componentes principais. Nesta ocasião, destaca-se a presença das setas que indicam as 5 variáveis analisadas e os pontos plotados indicando a localização de cada produtor com base nos seus escores obtidos nestas componentes.

Gráfico 1 - Escores e autovetores das componentes I e II relativos as 4 dimensões de desempenho no ano safra de 2018-2019



Fonte: Autores (2023)

De acordo com os resultados apresentados pelo Gráfico 1, podem ser identificados com maior clareza os agrupamentos desenvolvidos (Grupos I, II e III) e o desempenho dos produtores conforme as variáveis abordadas. Frente a isso, no caso das variáveis mais correlacionadas a uma componente, quanto maior o valor dessas variáveis maior será o escore desta componente principal. Desta maneira, pode-se ressaltar o produtor 8 que apresentou os menores escores para as duas componentes (CP1 e CP2) consideradas no gráfico. Além disto, o produtor 9 obteve a melhor pontuação para a componente principal 2, no entanto, para a componente principal 1 apresentou o terceiro maior escore, ficando abaixo dos produtores 6 e 7. Neste caso, o produtor 6 (Grupo II) representou a melhor unidade amostral para a componente principal 1 seguido do produtor 7.

Assim, infere-se quanto ao alto desempenho dos produtores 6, 7 e 14 para os *inputs* mais correlacionados a CP1 (*Agua_cons* e *Tam_prop*), o que justifica os altos escores obtidos nesta componente. Estes *inliers* também se destacaram quanto a única variável de saída (*Rend_prop*), que também esteve altamente correlacionada a CP1. Neste sentido, quanto maior o valor destas variáveis para estes produtores específicos, maiores serão os índices de desempenho na preservação de recursos hídricos e de desempenho econômico baseado na renda bruta da propriedade.

Muito tem sido investido na produção de café no país a fim de acompanhar as demandas do produto no mercado internacional (EXPOCACCER, 2020). No entanto, um mercado internacional aquecido põe em risco a manutenção do preço do produto no mercado nacional, gerando a falta do produto e alta dos preços. Nesse sentido, o país tem sofrido pela alta seguida dos juros, dificultando a aquisição de crédito por produtores, além da alta provocada nos preços dos insumos necessários para a produção do café (CNA, 2022). Dentre os insumos, se destacam a utilização de fertilizantes, defensivos e corretivos que são utilizados no preparo do solo, controle de pragas e maior produtividade da planta (CNA, 2022). Além disso, a ocorrência de eventos climáticos indesejáveis tem dificultado a produção da *commodity* nos últimos anos, reduzindo a produtividade em algumas unidades amostrais apresentadas.

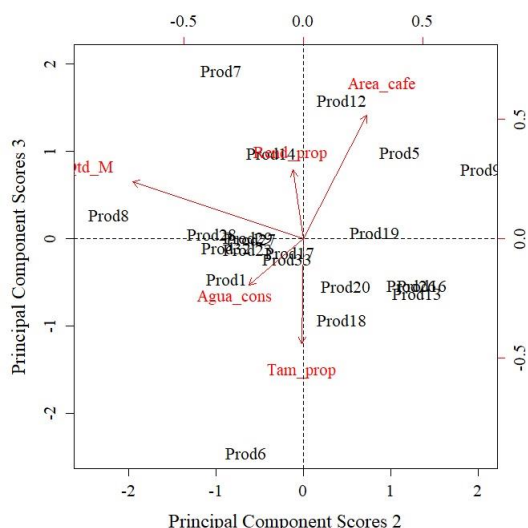
Os produtores 1, 32, 28 e especialmente o produtor 8 (Grupo I) apresentaram alto valor para o *input* *Qtd_M* que esteve altamente correlacionado a CP2. Desta forma, quanto maior os valores deste *input* para estes produtores maior será o escore da segunda componente principal. Aqui acentua-se a necessidade de redução deste *input* que detém grande parte da parcela de custos da produção nacional de café. No caso dos produtores 1, 5, 9, 13, 16 e 26 estes

apresentaram eficiência para este quantitativo e, sobretudo, baixos valores para a variável, favorecendo o cenário de redução de custos dos produtores. Além do mais, considerando os avanços que têm sido realizados no setor e suas perspectivas futuras, a produção mecanizada nestes *inliers* pode ser uma realidade próxima, haja vista que a automatização de processos além de promover a redução da força de trabalho, reduz custos relacionados a capacitação e treinamento, além de garantir a consistência quanto a protocolos de saúde e segurança no trabalho (VEGRO; DE ALMEIDA, 2020).

Vale ressaltar a concentração da maioria de produtores do Grupo I em uma posição intermediária do gráfico próxima a origem, demonstrando um desempenho similar para estes *inliers* nas duas componentes. Destaca-se a importância dos três índices gerados a partir das variáveis mais correlacionadas às componentes principais 1 e 2 para a avaliação de desempenho destes *inliers*. Esta configuração remete a constante preocupação deste produtores com todas estas variáveis de maneira simultânea, visto que os *inputs* considerados impactam na geração da receita nas propriedades.

Em seguida, o Gráfico 2 apresenta os escores e autovetores das componentes II e III relativos às 5 dimensões de desempenho no ano safra de 2018-2019. A partir dele pôde-se comparar os escores das componentes principais II e III, assim como, realizar uma análise do desempenho das unidades amostrais com base nos valores obtidos nas variáveis abordadas.

Gráfico 2 - Escores e autovetores das componentes II e III relativos as 4 dimensões de desempenho no ano safra de 2018-2019



Fonte: Autores (2023)

Com base na análise do Gráfico 2, os produtores 5, 12 e, em especial, o produtor 9 apresentaram altos valores para a *input* Area_cafe que esteve altamente correlacionado a CP3. Isto indica que nestes casos quanto maior o valor assumido pela área de café nestas unidades maior será o escore da CP3. Além disso, ressalta-se os valores alcançados nesta variável para os *inliers* 8, 20, 23, 29, 32 e 33, estes que foram eficientes apresentando baixos quantitativos de área destinada ao plantio de café. Um caminho promissor para a eficiência neste quantitativo corresponde a investimentos na ampliação da produtividade das propriedades. Assim, sugere-se a realização de alguns procedimentos como a renovação de cafezais antigos, seleção e plantio de clones de sementes de alta produtividade e emprego de tecnologias no manejo adequado para a cultura (GUIMARÃES et al., 2022).

Entretanto, para que se alcance uma plenitude quanto a produtividade nestas áreas é necessária também a ocorrência de um clima favorável, sem o registro de eventos climáticos

indesejáveis, para a florada e maturação do café (GUIMARÃES et al., 2022). Segundo a Associação Brasileira da Indústria do Café (ABIC, 2020), no estado de Rondônia foi possível uma redução no quantitativo *Area_cafe* na ordem de 54%, atingindo uma alta de produtividade de 154% na última década. A utilização de modelos sustentáveis nas lavouras tem contribuído para a produção de alta qualidade nesta área, com um mínimo de perdas geradas (GOMES et al., 2020).

Novamente, observa-se uma concentração de *inliers* do Grupo I próximos a região de origem do diagrama de ordenação, o que confirma o potencial de desempenho médio nas duas componentes (CP2 e CP3) para estes *inliers*. Ambas componentes (CP2 e CP3) representam grande parte dos custos incorridos nas lavouras de café, o que sugere a minimização destes índices para o alcance de um bom desempenho nos *inliers* contemplados.

Considerando o ano safra de 2020-2021, foi realizada a reaplicação da *PCA* para as 6 variáveis abordadas que estiveram distribuídas em 4 dimensões de desempenho, a saber, 3 *inputs* (*Area_cafe*, *Cred_financ*, *QtdInsum_prod*) e 3 *outputs* (*QtdInsum_prod*, *Rend_prop* e *Rend_tec*). Assim, a Tabela 4 apresenta a relação dos autovetores (\hat{e}) e das correlações (r) entre as componentes principais I, II e III e os *inputs* e *outputs* considerando o ano safra de 2020-2021.

Tabela 4 – Relação dos autovetores (\hat{e}) e das correlações (r) entre as componentes principais I, II e III e os *inputs* e *outputs* considerando o ano safra de 2020-2021

Variáveis	CP1		CP2		CP3	
	\hat{e}	r	\hat{e}	r	\hat{e}	r
<i>Area_cafe</i>	-0.6275202	0.8953656	0.2598585	0.2941928	-0.0340461	-0.0362800
<i>Cred_financ</i>	0.3060228	-0.4366430	0.3820577	0.4325378	0.5857735	0.6242078
<i>QtdInsum_prod</i>	-0.0904200	0.1290141	-0.5354165	-0.6061594	0.2539952	0.2706605
<i>AdOrgan_prod</i>	-0.2176221	0.3105101	-0.2078717	-0.2353371	0.7599272	0.8097882
<i>Rend_prop</i>	-0.6628133	0.9457229	0.2011940	0.2277772	0.0405799	0.0432424
<i>Rend_tec</i>	0.1330851	-0.1898900	0.6450930	0.7303272	0.1098198	0.1170254

Fonte: Autores (2023)

De acordo com o apresentado pela Tabela 4, as variáveis mais altamente correlacionadas, em módulo, à CP1 foram *Area_cafe* e *Rend_prop*. Por se tratar de duas variáveis distintas, um *input* e um *output*, a componente principal 1 pôde ser considerada em duas etapas. Em relação ao *input* *Area_cafe* esta componente pôde ser interpretada como um **índice de desempenho na distribuição geográfica da produção**.

Frente a isso, quanto maior for o escore obtido pela variável *Area_cafe* maior será o escore da primeira componente principal. Segundo Volsi et al. (2019), a adequação da área utilizada para cultivo em relação a renda da propriedade trata-se de um processo de planejamento de produtividade. Aliás, em muitos casos quando há a redução da área de cultivo associada a inserção de insumos na quantidade e tempo corretos verifica-se o aumento da produção (VEGRO; DE ALMEIDA, 2020). Trata-se da identificação de gargalos de produção que muitas vezes estão relacionados a práticas inadequadas de gestão das propriedades (GUIMARÃES et al, 2022).

Em relação ao *output* *Rend_prop* que também se destacou com alta correlação à CP1, a primeira componente pode ser interpretada como um **índice de desempenho econômico baseado na renda bruta da propriedade**. Logo, quão maior for o escore obtido por esta variável maior será o desempenho da segunda componente principal. No entanto, ressalta-se o caráter dependente deste *output* a outros setores de atuação na produção cafeeira, tais como o

setor de tecnologia e inovação, certificação e produção sustentável, como percussores do aumento da renda (COSTA, 2020; PRONTI; COCCIA, 2021; GUIMARÃES et al, 2022).

Desta maneira, caso não sejam realizados investimentos em alguma destas áreas, a ampliação da renda na propriedade se torna um desafio ainda maior para o produtor. Além disso a situação se agrava quanto a realização de financiamentos, que muitas vezes ocorrem sem planejamento e geram endividamento dos produtores (VEGRO; DE ALMEIDA, 2020). Posto isso, há uma necessidade de mudança dos padrões vigentes na gestão de desempenho das propriedades, principalmente, com relação a busca de alternativas de aumento da produtividade de baixo custo (PRONTI; COCCIA, 2021).

No que corresponde à CP2, as variáveis *QtdInsum_prod* e *Rend_tec* apresentaram os maiores autovetores e correlações em módulo. Isso significa que quanto maior o valor destas variáveis maior será o escore da componente principal 2. A partir do *input* *QtdInsum_prod* a segunda componente principal pôde ser interpretada como um **índice de desempenho na reinserção de resíduos gerados na produção**.

Aqui se faz necessária a consideração das influências de mercado nos preços de insumos, o que tem dificultado a manutenção da utilização destes em quantidade e variedade adequados. Um caminho promissor revela-se na substituição destes insumos por formas de manejo inovadoras relacionadas ao combate de pragas e doenças por defensivos de origem biológica, adubação verde e utilização de matéria orgânica complementar (COSTA, 2020; PRONTI; COCCIA, 2021). A agricultura orgânica tem se tornado mais forte, ocupando o Brasil a terceira posição na América Latina com a maior área destinada para este fim, cerca de 1,1 milhão de hectares (MAPA, 2020).

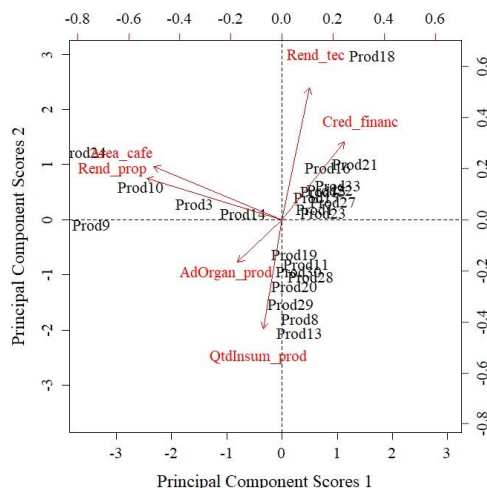
Por outro lado, considerando a CP2 sob a perspectiva do *output* *Rend_tec*, esta pôde ser interpretada como um **índice de desempenho em inovação para inserção de modelos sustentáveis de produção**. Nesta perspectiva sugere-se a consideração de novas metodologias de cultivo aplicadas à cafeicultura, significando não apenas os investimentos em tecnologias físicas como maquinários e equipamentos de produção. Isso demonstra a existência de lacunas de estudo e desenvolvimento para melhor servir os produtores na busca pela amplitude de seus resultados. Ademais, destacam-se os estudos desenvolvidos por órgãos de fomento em pesquisa e inovação no país, assim como o trabalho desempenhado por *startups* na aquisição de conhecimento e transformação em soluções práticas e de alto rigor quanto aos resultados alcançados. Outrossim, destaca-se o papel das cooperativas no auxílio de pequenos e médios produtores que não conseguem de forma isolada o acesso a algumas destas tecnologias (PRONTI; COCCIA, 2021; GUIMARÃES et al, 2022).

Se tratando das variáveis mais correlacionadas à terceira componente principal, estas foram *Cred_financ* e *AdOrgan_prod*. Considerando o *input* *Cred_financ*, a CP3 pôde ser entendida como um **índice de desempenho quanto a dependência de agentes financeiros**. Posto isso, quanto maior o escore obtido por esta variável, maior será o escore da CP3. Além disso, os *inliers* que se sobressaírem apresentando valores elevados para esta variável apresentarão maior dependência de recursos financeiros provenientes de programas de crédito e seguro rural.

Por fim, no que se refere ao *output* *AdOrgan_prod*, a componente principal 3 pôde ser entendida como um **índice de desempenho na redução de insumos químicos**. Desta maneira, quanto maior o escore desta variável, maior será o desempenho da componente principal 3. Aliás, quanto maior forem os escores das unidades amostrais em relação a esta variável maior será também o desempenho destas unidades quanto a inserção de práticas sustentáveis de produção, especialmente direcionadas à adubação orgânica e redução de utilização de insumos químicos nos cafezais.

Frente a isso, o Gráfico 3 apresenta o comparativo realizado entre os escores obtidos pelos 23 produtores considerados na análise do ano safra 2020-2021, bem como a representa o diagrama de ordenação das 6 variáveis abordadas.

Gráfico 3 - Escores e autovetores das componentes I e II relativos as 3 dimensões de desempenho no ano safra de 2020-2021



Fonte: Autores (2023)

De acordo com o Gráfico 3, observa-se que o produtor 18 apresentou o maior desempenho dentre estes *inliers* considerando os escores obtidos nas duas componentes principais (CP1 e CP2). Acentua-se também os valores elevados deste produtor para o *output* Rend_tec correlata a CP2, o que justifica o escore elevado para a segunda componente principal. A análise deste gráfico quanto ao desempenho destes *inliers* no *output* Rend_tec promove uma reflexão acerca das possíveis alternativas que estes terão que buscar para o alcance de eficiência neste aspecto, visto que em sua maioria não atingiram um bom desempenho neste âmbito, em especial, os produtores do Grupo I.

Em geral, a produção cafeeira no Brasil apresentou um déficit de aproximadamente 25,7% na produção ao final do ano safra 2020-2021 comparado ao ano safra anterior (CNA, 2022). Isto se deve em parte a questões climáticas como secas e geadas ocorridos neste período, todavia, também apresenta relação aos padrões de gestão exercidos pelos *inliers* das principais regiões produtoras (COSTA, 2020; GUIMARÃES et al, 2022). Sabe-se da importância da região Sudeste para a produção cafeeira nacional, onde o café com indicação geográfica possui maior aceitação no mercado internacional, a partir da certificação de denominação de origem (EXPOCACCER, 2020). No entanto, atualmente, este representa apenas cerca de 14% do montante comercializado internacionalmente (EXPOCACCER, 2020).

A dificuldade destes produtores na consolidação de investimentos a longo prazo em ciência e tecnologia aplicada a produção cafeeira tem significado um gargalo para o avanço de desempenho em algumas regiões (CORREIA, 2022). Embora haja iniciativas interessantes quanto a digitalização de lavouras a partir da incorporação de sistemas de georreferenciamento, bem como a utilização de insumos mais eficientes específicos para determinadas pragas, e por fim a existência de manejos e técnicas inovadoras que aproximam produtores ao alcance de certificações, ainda representam iniciativas pontuais e de alto custo para a maioria destes (SANTOS et al., 2022).

Estima-se que até 2030 cerca de 80% das propriedades rurais estejam conectadas a partir de algum recurso tecnológico, o que representará um acréscimo de US\$ 500 milhões no PIB

(CORREIA, 2022). Muito embora, ainda há uma extensa lacuna para desenvolvimento destas regiões, em especial, quanto a previsibilidade do clima e aumento de produtividade aliada a redução de custos (CORREIA, 2022). Além disso, ressalta-se sobre a importância da tecnologia implantada para a reconstrução orçamentária dos produtores, visto que este setor promove impactos diretos na melhoria de padrões produtivos, qualidade do produto e ganho de escala (GUIMARÃES et al, 2022; HO et al., 2022).

No caso da variável *QtdInsum_prod*, que também esteve altamente correlacionada a CP2, podem ser destacados os desempenhos dos produtores 13, 8 e 29 respectivamente. Nestes casos foram registrados altos valores para este *input*, o que segundo um modelo com orientação a *output*, não configura uma situação aceitável, sendo sugerida reduções neste quantitativo como no caso do produtor 13, por exemplo. Entretanto, houveram produtores que criaram possibilidades de redução para este quantitativo no período de análise, como o produtor 18, e em menor proporção o *inlier* 21.

Neste período de análise reitera-se sobre a questão da alta dos preços de alguns insumos químicos que dificultaram a manutenção das atividades de alguns produtores, em especial, os pequenos produtores (GUIMARÃES et al, 2022). Por outro lado, muitos produtores a fim de modificarem seus padrões de produção com metodologias de baixo custo e ambientalmente corretas intensificaram o uso de matéria orgânica proveniente de todo o processo de beneficiamento do café em suas lavouras, a fim de substituir em parte o corte realizado na compra de fertilizantes por exemplo.

Ademais, aqui sugere-se a criação de alguns programas de incentivo à produção cafeeira pautada em técnicas de cultivo sustentável (COSTA, 2020). O Programa Cafés Sustentáveis do Brasil (PCS), por exemplo, contempla uma das iniciativas da Associação Brasileira da Indústria de Café (ABIC) quanto a produção de cafés de alto padrão de qualidade e pureza. Aliado à incorporação de tecnologias voltadas para o setor, este programa tem obtido grandes retornos quanto à agregação de valor ao produto, colocando o país em uma posição de liderança na produção e de segundo maior consumidor da bebida (COSTA, 2020; PRONTI; COCCIA, 2021). Neste contexto, há também o Programa de Qualidade do Café (PQC) que avalia qualidade da bebida e as características sensoriais da bebida (EXPOCACCER, 2020).

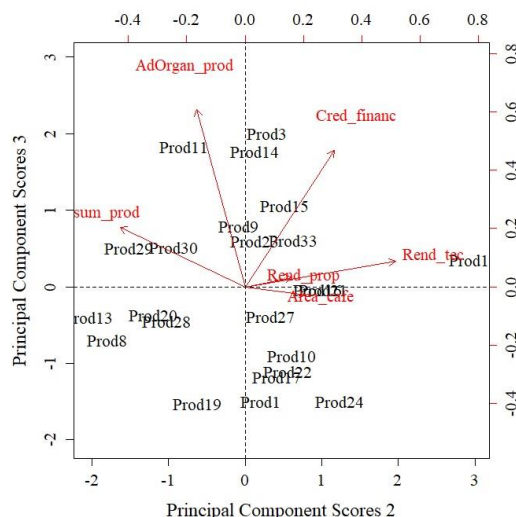
Para as variáveis mais correlacionadas à CP1, destacam-se os desempenhos dos produtores 24 e 10. Tratam-se de unidades amostrais pertencentes ao Grupo II. Nestes casos, quanto maior forem os valores obtidos por estes produtores nestas variáveis maior será o escore em módulo para a componente principal 1. Ressalta-se uma proporcionalidade de desempenho para as unidades amostrais 24 e 10 que apresentaram valores elevados para ambas as variáveis. Tal fato não foi verificado para o produtor 9 que embora tenha se destacado com a maior renda dentre todos os 23 *inliers*, este detém uma área reduzida destinada ao cultivo de café, o que amplia sua capacidade produtiva frente aos demais *inliers*.

Vale lembrar o destaque negativo apresentado pela maioria dos *inliers* do Grupo I frente às variáveis mais correlacionadas à CP1. Isto sugere que estes produtores reavaliem seus padrões de desempenho buscando identificar fatores influentes na renda de suas propriedades, de forma que consigam ampliá-la ao longo dos anos. Aqui sugere-se o caminho de desenvolvimento sustentável como medida de ampliação de renda destes produtores. No entanto, poucas medidas tem sido implementadas para este fim, sendo verificados nestes casos baixos quantitativos para variáveis relacionadas ao tratamento de água e energia produzida nas propriedades, tratamento de resíduos gerados bem como o próprio reaproveitamento de água.

Assim como realizado na análise anterior, o Gráfico 4 realiza a apresentação dos escores e autovetores das componentes II e III relativos as 3 dimensões de desempenho no ano safra de

2020-2021. Neste sentido, ocorre a comparação dos escores obtidos nestas duas componentes bem como a apresentação do diagrama de ordenação das 6 variáveis consideradas.

Gráfico 4 - Escores e autovetores das componentes II e III relativos as 3 dimensões de desempenho no ano safra de 2020-2021



Fonte: Autores (2023)

Diante dos resultados do Gráfico 4, considerando as variáveis mais correlacionadas à CP3 (Cred_financ e AdOrgan_prod), acentua-se o desempenho alcançado pelas unidades amostrais 3, 11, 14 e 15. Isso significa que à medida que seus valores para estas variáveis cresçam, maior será o escore da terceira componente principal. Cabe ressaltar que caso seja considerado um modelo com orientação a *output*, preza-se pela maximização de saídas (*outputs*) e redução de entradas (*inputs*). Desta maneira, para o caso da variável Cred_financ atenta-se para a necessidade de redução do volume de crédito financiado nestes quatro *inliers* a fim de promover o alcance de melhor desempenho. Por outro lado, os produtores 1, 9, 10, 17, 19, 20, 22, 24 e 28 apresentaram um desempenho satisfatório esperado neste *input*.

Nesta perspectiva, a maioria das unidades amostrais pertencentes ao Grupo I e II necessitam de reduções para o valor financiado de crédito a fim de estabelecer uma cultura de eficiência e alto desempenho em suas propriedades. Vale lembrar que a concessão de crédito e seguro rural para produtores apresentou alta neste ano safra em decorrência de eventos climáticos indesejáveis que reduziram a produtividade de café em algumas regiões (PRONTI; COCCIA, 2021; GUIMARÃES et al, 2022). No entanto, há produtores que não realizaram estes aportes financeiros por falta de conhecimento e acesso a informações, mas também houveram àqueles que utilizaram estes aportes para a manutenção orçamentária de suas propriedades. Neste caso, verifica-se a criação de uma relação de dependência em algumas unidades amostrais, dificultando o progresso no desempenho.

Segundo o BCB (2022), dentre as principais oportunidades existentes para o financiamento de crédito podem ser citados o Programa de incentivo à inovação tecnológica (INOVAGRO), o Programa de defesa da economia cafeeira (FUNCAFÉ), o Programa para a Adaptação à Mudança do Clima e Baixa Emissão de Carbono na Agropecuária (ABC+), o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura (PRONAF) e o Programa Nacional de Apoio ao Médio Produtor (PRONAMP). Diante disso, percebe-se a consideração de novos programas com foco na incorporação de práticas sustentáveis e inovadoras no cultivo do café.

No caso das linhas de crédito PRONAF e PRONAMP tratam-se de programas mais tradicionais voltados para a agricultura como um todo. A diferença entre estes consiste no

público alvo a quem se destina os aportes financeiros, no caso do PRONAF, este se dedica ao apoio da agricultura familiar podendo ser desdobrado em subprogramas relacionados a bioeconomia, agroecologia, apoio a mulher e aos jovens no campo, entre outros (BCB, 2022). No caso do PRONAMP, este se destina ao médio produtor que detém 80% da sua renda bruta anual da atividade agropecuária ou extrativista (BCB, 2022). Nestes casos, os recursos podem ser utilizados para a operações de custeio, investimento ou assistência técnica de produção (GUIMARÃES et al, 2022).

Ademais, considerando o *output* mais correlacionado à CP3 (AdOrgan_prod), observa-se o destaque negativo dos produtores 13, 21, 27 e 28 por exemplo, que não alcançaram a eficiência plena neste aspecto. Todavia, houveram àqueles produtores que alcançaram a eficiência almejada neste quantitativo, mas que ainda assim, destinam poucos recursos para a produção de adubo orgânico em suas propriedades, como é o caso das unidades amostrais 10, 17, 18, 19 e 24.

A produção de adubo orgânico e reinserção destes resíduos no sistema garante a maior fertilidade na produção e produtividade a baixos custos (PRONTI; COCCIA, 2021). Isto se deve ao grande volume de nutrientes que pode ser obtido neste processo pelos cafezais, em especial de nitrogênio, que corresponde ao nutriente de maior demanda e conseqüentemente o de valor mais elevado (GUIMARÃES et al, 2022). Atenta-se para a utilização combinada de adubos verdes provenientes destes resíduos de café e de matéria orgânica de origem animal por alguns produtores, o que também tem apresentado bons resultados para o aumento de produtividade.

4. Considerações finais

O estudo alcançou satisfatoriamente seu objetivo geral com uma análise de desempenho focada nas principais regiões produtoras de café Arábica e *Conilon* do Brasil. As contribuições práticas do estudo estiveram relacionadas a melhoria do desempenho produtivo das 12 principais regiões elucidadas. Cabe lembrar o apelo sustentável deste estudo que se origina a partir da consideração da dimensão “Economia Circular” dentre as outras dimensões elucidadas. Desta maneira, o estudo trouxe contribuições sociais à medida que se gerou indicadores de caráter sustentável para medição de desempenho dos produtores. O comprometimento por parte dos produtores com a implementação de boas práticas de produção que promovam incentivos a sustentabilidade em seus diversos seguimentos também é uma questão social.

As contribuições teóricas do estudo se referem à consideração de dados primários e secundários relacionados as 12 principais regiões produtoras de café no Brasil, bem como a realização de uma análise comparativa de dois anos safra recentes que caracterizam os cenários de crises econômicas, ambientais e de saúde pública no país. Assim, este estudo cria condições para a geração de índices de desempenho comparáveis para os períodos de análise e entre as próprias unidades amostrais.

O estudo também se ateve a apresentação de suas limitações. Neste âmbito, podem ser ressaltadas as escolhas do método e etapas de pesquisa pelos autores. A dificuldade de acesso a algumas informações, com a exclusão de algumas variáveis do processo de análise. A utilização de uma base estritamente financeira na etapa de coleta de dados referente ao projeto Campo Futuro do CIM/UFLA. Para tanto, sugere-se como uma agenda de estudos futuros a replicação deste estudo para outras culturas, a ampliação do conjunto amostral a fim de aumentar a quantidade de variáveis originais consideradas, a aplicação e combinação de novas técnicas como a Modelagem de Equações Estruturais (MEE), bem como um estudo mais detalhado sobre a eficiência de cada região produtora e seus respectivos *benchmarkings*.

Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ - ABIC. **Estatísticas**. 2020. Disponível em: <https://www.abic.com.br/certificacao/sustentabilidade/>. Acesso em: 22 dez. 2020.
- BCB. **MCR: Manual do Crédito Rural, 2022**. Disponível em: <http://www3.bcb.gov.br/mcr/>. Acesso em: 15 set. 2022.
- BULGA, Fikadu Gutu; DEMISSIE, Wondaferahu Mulugeta; WHAKESHUM, Sisay Tolla. Economic Impact of Fair-Trade Certification on Small-Scale Coffee Producers in Ethiopia. **Journal of International Trade, Logistics and Law**, v. 6, n. 1, p. 52-60, 2020.
- CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL - CNA. **Panorama do Agro - Semana 16 a 20 de maio de 2022**. 2022. Disponível em: <https://www.CNAbrasil.org.br/boletins/panorama-2022-05-21>. Acesso em: 24 maio 2022.
- CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL - CNA Brasil. **Projeto Campo Futuro inicia levantamentos de custos de produção em 2022**. 2022. Disponível em: <https://www.CNAbrasil.org.br/noticias/projeto-campo-futuro-inicia-levantamentos-de-custos-de-producao-em-2022>. Acesso em: 24 maio 2022.
- CONSELHO DE EXPORTADORES DE CAFÉ DO BRASIL – CECAFE. **Exportação de café do Brasil avança 14% ante novembro de 2021**. 2022. Disponível em: <https://www.cecafe.com.br/site/>. Acesso em: 13 dez. 2022.
- CORREIA, Paula Ferreira da Cruz; REIS, João Gilberto Mendes dos. How Technologies Are Working in the Coffee Sector. In: **IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems**. Springer, Cham, 2022. p. 66-73.
- COSTA, Bruna De Ribeiro. Brazilian specialty coffee scenario. In: **Coffee Consumption and Industry Strategies in Brazil**. Woodhead Publishing, 2020. p. 51-64.
- COOPERATIVA DOS CAFEICULTORES DO CERRADO - EXPOCACCER (Brasil). **Região do Cerrado Mineiro**. 2020. Disponível em: <https://expocaccer.com.br/institucional/regiao-do-cerrado-mineiro/>. Acesso em: 22 dez. 2020.
- FERNANDES, André Luís Teixeira et al. Use of organic fertilization with irrigation in coffee production in brazilian cerrado. **Revista Ambiente & Água**, v. 15, 2020.
- FERREIRA, Daniel Furtado. **Estatística multivariada**. Lavras: Editora Ufla, 2011.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO (Brasil). **FAO no Brasil**. 2020. Disponível em: <http://www.fao.org/brasil/>. Acesso em: 22 dez. 2020.
- GAZDA, Hanna T. et al. Defective ribosomal protein gene expression alters transcription, translation, apoptosis, and oncogenic pathways in Diamond-Blackfan anemia. **Stem Cells**, v. 24, n. 9, p. 2034-2044, 2006.
- GOMES, L. C. et al. Agroforestry systems can mitigate the impacts of climate change on coffee production: a spatially explicit assessment in Brazil. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 294, p. 106858, 2020.
- GUIMARÃES, Yana Medeiros et al. Drivers and barriers in sustainable supply chains: The case of the Brazilian coffee industry. **Sustainable Production and Consumption**, v. 34, p. 42-54, 2022.
- HO, Thong Quoc; HOANG, Viet-Ngu; WILSON, Clevo. Sustainability certification and water efficiency in coffee farming: The role of irrigation technologies. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 180, p. 106175, 2022.
- HOSAMANI, S. B.; HIREMATH, G. K.; SASTRY, KN Ranganath. Financial dimensions influencing the performance of a RRB: Principal Component Approach. **Karnataka Journal of Agricultural Sciences**, v. 9, n. 4, p. 43-46, 1996.

INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION - ICO (London). **Coffee's next generation**. 2020. Disponível em: <http://www.ico.org/>. Acesso em: 22 dez. 2020.

JEZEER, Rosalien E. et al. Effects of shade and input management on economic performance of small-scale Peruvian coffee systems. **Agricultural systems**, v. 162, p. 179-190, 2018.

JOHNSON, Richard A. et al. Applied multivariate statistical analysis. **New Jersey**, v. 405, 2007.

LINGNAU, Volker; FUCHS, Florian; BEHAM, Florian. The impact of sustainability in coffee production on consumers' willingness to pay—new evidence from the field of ethical consumption. **Journal of Management Control**, v. 30, n. 1, p. 65-93, 2019.

MERCANZINI, André et al. Demonstration of cortical recording using novel flexible polymer neural probes. **Sensors and Actuators A: Physical**, v. 143, n. 1, p. 90-96, 2008.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA (Brasil). **Insumos agrícolas**. (2020). Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas>. Acesso em: 22 dez. 2020.

MIRANDA, Felipe Rodrigues; DRUMOND, Luis Cesar Dias; RONCHI, Claudio Pagotto. Synchronizing coffee blossoming and fruit ripening in irrigated crops of the Brazilian Cerrado Mineiro Region. **Australian Journal of Crop Science**, v. 14, n. 4, p. 605-613, 2020.

PEIXOTO, Maria Gabriela Mendonça. **Análise envoltória de dados e análise de componentes principais: uma proposta de medição do desempenho de organizações hospitalares sob a perspectiva de hospitais universitários federais do Brasil**. 2016. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

PEIXOTO, Maria Gabriela Mendonça; MUNETTI, Marcel Andreotti; DE MENDONÇA, Maria Cristina Angélico. Performance management in hospital organizations from the perspective of Principal Component Analysis and Data Envelopment Analysis: the case of Federal University Hospitals in Brazil. **Computers & Industrial Engineering**, v. 150, p. 106873, 2020.

PRONTI, Andrea; COCCIA, Mario. Multicriteria analysis of the sustainability performance between agroecological and conventional coffee farms in the East Region of Minas Gerais (Brazil). **Renewable Agriculture and Food Systems**, v. 36, n. 3, p. 299-306, 2021.

SANTOS, Vagner Piedade; RIBEIRO, Priscilla Cristina Cabral; RODRIGUES, Luciano Brito. Sustainability assessment of coffee production in Brazil. **Environmental Science and Pollution Research**, p. 1-20, 2022.

SHARMA, Navin et al. Predicting solar generation from weather forecasts using machine learning. In: **2011 IEEE international conference on smart grid communications (SmartGridComm)**. IEEE, 2011. p. 528-533.

SINHA, Sanjana et al. Digital video watermarking using discrete wavelet transform and principal component analysis. **International Journal of Wisdom Based Computing**, v. 1, n. 2, p. 7-12, 2011.

TADAYON, Farhad; LIU, Ming C. Principal component analysis: a tool for assembly management. **Computers & industrial engineering**, v. 25, n. 1-4, p. 77-80, 1993.

VEGRO, Celso Luis Rodrigues; DE ALMEIDA, Luciana Florêncio. Global coffee market: Socio-economic and cultural dynamics. In: **Coffee consumption and industry strategies in Brazil**. Woodhead Publishing, 2020. p. 3-19.

VOLSI, Bruno et al. The dynamics of coffee production in Brazil. **PloS one**, v. 14, n. 7, p. e0219742, 2019.

WEBSTER, Thomas J. A principal component analysis of the US News & World Report tier rankings of colleges and universities. **Economics of Education Review**, v. 20, n. 3, p. 235-244, 2001.