

Avaliação da eficiência na produção de trigo no Brasil: aplicação da Análise Envoltória de Dados

Recebimento dos originais: 11/07/2019
Aceitação para publicação: 02/12/2020

João Antônio de Souza Trindade

Mestre em Ciências Contábeis pela Universidade Federal de Uberlândia
Instituição: Faculdade de Ciências Contábeis da Universidade Federal de Uberlândia
Endereço: Av. João Naves de Ávila, 2121, Bloco 1F, Santa Mônica, Uberlândia/MG
CEP: 38.408-100
E-mail: jdetrindade@gmail.com

Marcelo Tavares

Doutor em Agronomia pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - ESALQ/USP
Instituição: Prof. Titular da Faculdade de Matemática da Universidade Federal de Uberlândia
Endereço: Av. João Naves de Ávila, 2121, Santa Mônica, Uberlândia/MG
CEP: 38.408-100
E-mail: mtavares@ufu.br

Resumo

Este estudo partiu do objetivo principal de investigar a eficiência técnica e de escala das principais regiões produtoras de trigo no Brasil, em relação aos custos de produção nas safras 2010/11 a 2017/18. A amostra foi formada pelas regiões de Cascavel/PR, Londrina/PR, Ubitatã/PR, Cruz Alta/RS e Passo Fundo/RS. Para os cálculos da eficiência, adotou-se a Análise Envoltória de Dados (DEA) com orientação por *input*. O *output* utilizado no modelo DEA foi à quantidade média de trigo produzida por região, tendo sido definidos cinco *inputs* (fertilizantes, agrotóxicos, transporte externo, encargos sociais e assistência técnica). Metodologicamente, trata-se de uma pesquisa quantitativa, descritiva e aplicada, com a utilização de dados secundários extraídos dos relatórios de custos de produção da CONAB, relativos ao cultivo de trigo. Os principais resultados evidenciaram que os maiores custos médios de produção se referem a fertilizantes e agrotóxicos relacionados ao custeio com a lavoura, sendo a região de Londrina na safra 2011/12 a mais eficiente tecnicamente. Em média a eficiência técnica total foi de 85%, na avaliação considerando três sistemas de plantio aplicados nas lavouras de trigo (avaliação geral). Já os escores médios de eficiência pura e de eficiência de escala obtidos foram de 94% e 90%, respectivamente, indicando que poderia haver uma melhor gestão dos recursos utilizados no processo produtivo.

Palavras-chave: Eficiência. Trigo. DEA.

1. Introdução

Historicamente, a agricultura brasileira tem participação na economia nacional como segmento importante na geração de divisas e riquezas (BRESSAN *et al.*, 2009). De acordo com dados do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA, 2017), a

participação do agronegócio nas exportações totais do Brasil foi de 44% em 2017, tendo sido esse percentual impulsionado pelo volume recorde de vendas ao exterior naquele ano. Diante de tais fatos, o Brasil se mantém como um dos principais produtores e exportadores mundiais de alimentos e fibras, sobretudo, em virtude da crescente participação do país no mercado internacional (BORGES; DOMINGUES, 2017; BRASIL, 2017).

Assim, ao contrário de outros setores da economia, como a indústria e serviços, que tiveram contribuição negativa na formação do Produto Interno Bruto (PIB) em 2017, o agronegócio, mais uma vez, teve um bom desempenho nas exportações, pois o superávit gerado foi superior a 81 bilhões de dólares, contribuindo para que a balança comercial brasileira encerrasse o ano superavitário em US\$ 66 bilhões (CEPEA, 2017).

Diante dessa conjuntura econômica, a produção de grãos no Brasil tem participação relevante na cadeia produtiva nacional (SANTOS; SPROESSER; MARTINS, 2013; SILVA NETO; ARRUDA; BASTOS, 2016). De acordo com Santos (2017), dentre as diversas cadeias do agronegócio brasileiro, a produção de grãos é destaque, isso porque, nas últimas 10 safras (2007/08 a 2016/17), a área plantada apresentou um crescimento de, aproximadamente, 28,4%, enquanto a produção e a produtividade cresceram 65,5% e 29%, respectivamente.

A triticultura, como é conhecida o cultivo de trigo, assim como outras culturas de cereais (aveia, canola e cevada), ocupa uma posição importante entre os principais cultivos do período de inverno, concentrando-se, em particular, nas regiões Sul e Sudeste (FELIPE; FRAIRE, 2017). A esse respeito, Mori *et al.* (2016) ressalta que, historicamente, a produção nacional de trigo sempre esteve concentrada na região Sul, especificamente, nos estados do Paraná e Rio Grande do Sul, que respondem por mais de 90% da produção total.

Nesse cenário, conforme explica Baumgratz *et al.* (2017), enquanto o consumo de trigo apresenta um crescimento contínuo, a produção nacional mal consegue atender à metade do consumo interno, diferentemente de outros cultivos de maior expansão, como as culturas de soja e milho. O consumo de trigo no Brasil gira em torno 11 milhões de toneladas ao ano, podendo chegar a 12 milhões de toneladas. Assim, em razão da necessidade de suprir a demanda do mercado interno, o Brasil figura como um dos maiores importadores do mundo, adquirindo grande parte do produto da Argentina (CONAB, 2018b).

Nessa perspectiva, os custos de produção apresentam-se como fatores determinantes para a competitividade dos produtores e uma importante ferramenta gerencial para se manter no mercado contra possíveis concorrentes, pois produtos com preços menores se beneficiam em relação à preferência dos compradores (MARION FILHO; CORTE, 2010). Segundo Raineri, Rojas e Gameiro (2015), a gestão de custos inserida no contexto do agronegócio é

imprescindível para a expansão da competitividade do setor, tanto no mercado interno como no externo.

Outro conceito relevante refere-se à eficiência, que pode ser entendido por meio de uma análise comparativa entre o que foi produzido e o que poderia ter sido produzido mediante as mesmas condições de recursos disponíveis (HELFAND; LEVINE, 2004). Conforme referencia Steffanello, Macedo e Alyrio (2009), é de interesse do produtor rural obter o maior desempenho dos recursos que são utilizados, sendo necessário conhecer o nível de utilização dos insumos em termos de eficiência. Desse modo as diferenças ocorridas no cenário econômico, transformações tecnológicas e mudanças de eficiência do processo produtivo são condicionantes que influenciam no desempenho da produtividade (ANJOS, 2005).

Nesse sentido, para análise dos elementos que influenciam a eficiência das organizações, umas das técnicas utilizadas é a Análise Envoltória de Dados (DEA), a qual possibilita confrontar unidades produtivas diferentes com base na quantidade de insumos utilizados e no nível de produtos gerados (PEREIRA, 2014). Além disto, a DEA apresenta-se como um importante indicador de desempenho utilizado para calcular a eficiência comparada de várias unidades de produção, que são chamadas de DMUs (*Decision Making Units*).

Portanto, dada a relevância da triticultura para a economia nacional, da importância da gestão de custos e de se avaliar o desempenho nos processos produtivos do setor agrícola brasileiro, especialmente, da cultura de trigo, surge o seguinte problema de pesquisa: Qual a eficiência das principais regiões produtoras de trigo no Brasil em relação aos custos de produção verificados pela CONAB?

Assim, para responder a essa questão, o objetivo principal deste estudo é investigar a eficiência das principais regiões produtoras de trigo no Brasil em relação aos custos de produção do trigo. O período analisado refere-se às safras de 2010/11 a 2017/18.

Assim, a relevância deste estudo se justifica por abordar a produção de trigo das principais regiões produtoras do Brasil, haja vista que o país, apesar de ser um dos principais produtores e fornecedores mundiais de alimentos (CEPEA, 2017), não consegue atender à demanda interna por esse produto. Adicionalmente, o estudo também se justifica, pois realça a importância do controle de custos, do uso adequado dos fatores de produção no processo de gestão e na geração de informações para a definição de políticas públicas que deem suporte para o segmento.

Por fim, espera-se que esta pesquisa proporcione contribuições no âmbito acadêmico, na estruturação científica do tema e na atualização de estudos dedicados ao agronegócio,

complementando, por consequência, a literatura que aborda a gestão de custos. Outra contribuição desta pesquisa relaciona-se à mensuração da eficiência técnica e de escala das regiões produtoras de trigo, assim como demonstra a necessidade da implantação de ações, práticas e da utilização de ferramentas gerenciais como uma alternativa competitiva para as empresas rurais.

2. Fundamentação Teórica

2.1. O agronegócio e a triticultura

No contexto histórico brasileiro, o segmento de agronegócio tem apresentado contribuições significativas para o desenvolvimento econômico, uma vez que, desde o período colonial, o país vem se beneficiando de sua capacidade produtiva em larga escala voltada para o mercado consumidor interno e para a exportação (SALGADO JÚNIOR; BONACIM; PACAGNELLA JÚNIOR, 2009). Ao contrário de muitos outros segmentos da economia, esse setor desponta como um dos principais agentes econômicos do mercado mundial quanto à competitividade da sua produção baseada no desenvolvimento científico e tecnológico (SANTOS *et al.*, 2013).

Dando sentido a essa afirmação, dentre as várias cadeias que engloba o agronegócio, o trigo está entre os alimentos mais consumidos no mundo. A cultura do trigo é uma importante atividade tanto na perspectiva econômica, como pelo seu aspecto social e, atualmente, representa 20% da área mundial cultivada, estando entre as três principais culturas de cereais em termos de quantidade produzida: milho, arroz e trigo, respectivamente (MORI *et al.*, 2016; BAUMGRATZ *et al.*, 2017; CONAB, 2017a). Conforme dados divulgados pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA, 2018), a produção global de trigo na temporada 2017/18 foi de 758,73 milhões de toneladas.

O cultivo de trigo é caracterizado por apresentar alta concentração espacial. Embora existam áreas de produção nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, em sistema de sequeiro ou irrigado, a maior parte da produção acontece na região Sul, com notoriedade para os estados do Paraná e Rio Grande do Sul, os quais são responsáveis por mais de 90% da produção nacional (FARIAS *et al.*, 2016). Segundo Canziani e Guimarães (2009), o clima frio exigido pela cultura e o desenvolvimento de cultivares adaptada a essa região são capazes de explicar o predomínio da produção do trigo nessa faixa territorial do país.

Ademais, outros elementos como investimento em tecnologia e políticas públicas intervencionistas contribuíram para que, a partir da segunda metade do Século XX, o Sul do

país alcançasse lugar de destaque na produção nacional. Pontua-se ainda que o trigo é a principal cultura de inverno no Brasil, sendo cultivada em rotação com outras culturas, como soja e milho, sendo essa uma prática bastante comum entre as maiores regiões produtoras. Tradicionalmente concentrada na região Sul do país, a cultura tem se difundido desde a década de 80 para o Sudeste e Centro-Oeste em virtude do avanço tecnológico e pesquisas de manejo (CAMPONOGARA *et al.*, 2015; CONAB, 2017a).

Outro aspecto relevante diz respeito à produção nacional de trigo que tem apresentando variações nos últimos anos, ficando entre 5 e 6 milhões de toneladas produzidas. De acordo com os dados disponibilizados pela Embrapa Trigo, o consumo do mercado interno brasileiro é de, aproximadamente, 11 milhões de toneladas. Como pode ser percebido, esse número se mostra bem distante da realidade atual, sendo necessário, no mínimo, dobrar a produção para alcançar a autossuficiência (MORI *et al.*, 2016).

No âmbito global, o volume de trigo transacionado no mercado internacional, entre 2009 e 2013, ficou em torno de 145 milhões de toneladas. Desse total, quatro países se destacam como sendo os maiores produtores no mundo, sendo eles: China, com 17,3%; Índia, com 12,8%; Estados Unidos, com 8,7%; e Rússia, com 7,3% (MORI *et al.*, 2016). Segundo Camponogara *et al.* (2015), China, Índia e EUA são os maiores produtores mundiais, com médias acima de 50 milhões de toneladas ao ano.

Em sentido oposto, o Brasil aparece entre as nações que mais importaram trigo durante os anos de 2009 a 2013. Sob essa perspectiva, entre os maiores importadores de toda a quantidade negociada ao redor do mundo, o Brasil ocupa a indesejada segunda posição, com 5%, ficando atrás apenas do Egito que, durante esse período, importou cerca de 7,2%, seguido pela Indonésia, com 4,6%, Argélia, com 4,5%, Japão, com 4,3%, e União Europeia, com 3,7% (MORI *et al.*, 2016). Ao considerar que a produção nacional de trigo representa algo em torno de 50% do consumo total, entende-se a grande necessidade em suprir a escassez desse cereal por meio de importações de outros países (FRANCESCHI *et al.*, 2010).

Nesse sentido, devido à falta de competitividade e incentivos ao setor da triticultura no Brasil, fica clara a necessidade de acompanhar e administrar os custos de produção em todas as etapas do processo produtivo. Como consequência, as contribuições geradas por meio dessas informações poderão auxiliar os produtores rurais na sua gestão à medida que esses busquem maximizar o desempenho de suas atividades.

2.2. Gestão de custos no agronegócio

Diante da importância do agronegócio para a economia brasileira, torna-se pertinente a identificação da estrutura dos custos presentes nesse setor com vistas a alcançar níveis mais elevados de produtividade, como também gerenciar de maneira mais sólida a produção (CALLADO; CALLADO, 2009; XAVIER, 2018). Assim, ao considerarmos que a Contabilidade de Custos é essencial para o controle dos recursos e a gestão dos indicadores econômicos das empresas, de modo geral, as empresas que desempenham atividades agropecuárias também carecem de um sistema de gerenciamento de custos (BELINE *et al.*, 2009).

Nessa perspectiva, em decorrência de um ambiente de negócios cada vez mais dinâmico e competitivo, a busca por informações de natureza gerencial capazes de auxiliar na tomada de decisão torna-se essencial para toda unidade de negócio (SOUZA; HEINEN, 2012). Para que isso ocorra, o gerenciamento de custos deve abranger a melhoria contínua no âmbito dos processos produtivos e na redução dos custos de forma sistemática, tal como, exercer o monitoramento e controle, possibilitando aos gestores atuarem como facilitadores no processo de decisões estratégicas.

Para Raupp *et al.* (2012), a Gestão Estratégica de Custos (GEC) surgiu para suprir os espaços deixados pela contabilidade gerencial no que diz respeito à análise de custos. Sua principal finalidade é fornecer aos administradores informações úteis às decisões, envolvendo o quanto, quando e em que setor deverá ser investido ou sobre qual valor deve custar os produtos/serviços que a organização produz (MARTINS, 2003). De acordo com Shank e Govindarajan (1997), a grande atribuição dessa ferramenta gerencial está no fornecimento de informações para a tomada de decisão e na mensuração dos impactos das estratégias adotadas nos resultados.

Assim, a GEC é tida como uma ferramenta de gestão necessária pelo fato de viabilizar o entendimento e a análise de toda estrutura de custos da entidade com o propósito de apresentar informações relevantes para que os gestores consigam desenvolver estratégias e reduzir as incertezas no diz respeito à tomada de decisão (BLEIL *et al.*, 2008). Conforme citado por Santos (2010), utilizar a gestão de custos no âmbito estratégico para gestão de negócios pode ser uma das mais acertadas decisões na sustentação de vantagem competitiva em uma organização.

Rossi e Neves (2004) ressaltam que somente a análise dos preços recebidos pelo produtor é incapaz de estabelecer a viabilidade da cultura, dado que os custos de produção

também variam muito de uma safra para outra, sendo os insumos responsáveis por fatia relevante desses custos. Segundo Hofer *et al.* (2006), o empresário rural necessita encontrar formas para minimizar o custo da produção, evitar desperdícios e melhorar o planejamento e controle das atividades, facilitando a geração de dados precisos e relevantes em relação à situação real da produção e ao resultado das culturas de sua propriedade.

Assim, a partir do conhecimento dos custos de produção, o produtor terá condições de produzir com maior eficiência. Em complemento, Maher (2001, p.75) destaca que “os administradores precisam saber como os custos se comportam, para tomar decisões a respeito dos produtos, para planejar e para avaliar desempenho”. Dessa forma, a partir do entendimento de como se comportam os custos é que surge o conceito de gestão de custos (CUNHA *et al.*, 2011).

Nessa perspectiva, entende-se que o gerenciamento rural é útil para que o produtor consiga maximizar a rentabilidade de sua produção, uma vez que a gestão dos custos é indispensável ao passo que produtos agrícolas são *commodities* precificadas pelo mercado (DUARTE *et al.*, 2011; LUZ, 2014). Desse modo, mostra-se necessária a implementação de ferramentas de controle de custos no agronegócio, bem como o uso da contabilidade com vistas às melhorias de eficiência na produção.

2.3. Eficiência e análise envoltória de dados

A eficiência pode ser conceituada como a relação entre a quantidade mínima necessária de recursos e a quantidade efetivamente aplicada em razão do volume de produtos gerados (GOMES; MANGABEIRA; MELLO, 2005). Assim, entende-se eficiência a partir da relação produto e insumo que visa atingir o produto com máximo desempenho, conforme os recursos disponibilizados (PACHIEL, 2009).

Os estudos sobre eficiência foram desenvolvidos, inicialmente, por Farrell (1957). Em sua pesquisa, foi proposto um modelo empírico capaz de determinar medidas de eficiência não paramétricas para unidades produtivas que reunissem múltiplos insumos. Segundo ele, a eficiência pode ser decomposta em dois componentes, ou seja, eficiência técnica e alocativa (FARRELL, 1957; PACHIEL, 2009; MELO, 2010).

De acordo com Carlucci (2012), a eficiência técnica nada mais é que a capacidade máxima produtiva dada uma quantidade de insumos e, por sua vez, a eficiência alocativa refere-se à combinação ótima de insumos em razão do preço de cada um deles.

Posteriormente, e a partir dos conceitos de eficiência definidos por Farrell (1957), Charnes, **Custos e @gronegócio on line** - v. 16, Edição Especial, Nov. - 2020. www.custoseagronegocioonline.com.br

Cooper e Rhodes (1978) desenvolveram seus estudos, utilizando métodos matemáticos e aplicando programação linear, bem como construíram uma técnica capaz de determinar padrões de eficiência denominada *Data Envelopment Analysis* (DEA) ou Análise Envoltória de Dados.

Segundo Cooper, Seiford e Tone (2007), a metodologia DEA é utilizada para avaliar o desempenho de um conjunto de unidades que são denominadas *Decision Making Units* (DMUs) ou unidades tomadoras de decisão. Por sua vez, Vilela, Nagano e Merlo (2007), salientam que esse tipo de modelagem envolve uma grande variedade de técnicas econométricas e de programação matemática e, por isso, consegue transformar um problema econômico de mensuração da eficiência, que tem como base uma função de produção, em um problema de otimização. Por esse motivo, a DEA pode ser utilizada como uma ferramenta de avaliação de eficiência gerencial devido à sua capacidade de detalhamento de informações (ZHU, 2000).

Existem dois modelos clássicos que são utilizados para a execução da DEA, sendo eles o de CCR (Charnes, Cooper e Rhodes, 1978) e o de BCC (Banker, Charnes e Cooper, 1984). O modelo CCR, também conhecido como CRS (*Constant Returns to Scale* – retornos constantes de escala), Já o modelo BCC, ou VRS (*Variable Returns to Scale*), desconsidera a influência de retornos constantes de escala e admite que o conjunto de possibilidades de produção apresente retornos variáveis de escala em diferentes segmentos da superfície envoltória construída (OLIVEIRA, 2012).

Desse modo, o que diferencia essas duas concepções de análise está ligado aos elementos da eficiência produtiva, que são: eficiência de escala e eficiência técnica. Assim, o modelo CCR é utilizado para calcular o indicador de eficiência de escala, enquanto que o modelo BCC calcula a eficiência técnica “pura” (ANJOS, 2005).

Por conseguinte, pesquisas de desempenho de unidades agrárias por meio da utilização de métodos com base em análise não paramétrica, como, por exemplo, a aplicação do DEA, vêm se tornando cada vez mais frequentes (STEFFANELLO; MACEDO; ALYRIO, 2009). Para Gomes, Mangabeira e Mello (2005), avaliar a eficiência de unidades produtivas tem relevância tanto para fins estratégicos, quanto para o planejamento e para a tomada de decisão, pois é possível verificar o intervalo entre a produção atual e a capacidade de melhoria, tal como determinar onde é mais adequado investir.

Essa situação pode ser confirmada no panorama do agronegócio em razão de a ampla quantidade de estudos direcionados à agricultura empregar a DEA como forma de mensuração da eficiência relativa e na geração de informações que auxiliam nas decisões dos

produtores, além de indicar fontes de ineficiência e as unidades que podem servir de referência às práticas que permeiam o processo produtivo (GOMES, 2008).

Considerando a utilização da DEA como ferramenta de avaliação da eficiência inserida no contexto do agronegócio, podem-se citar alguns trabalhos que utilizaram o método, tais como os de: Dhungana, Nuthall e Nartea, (2004); Gomes, Mangabeira e Mello (2005); Alemdar e Ören (2006); Lima, Reis e Alves (2012); Souza e Teixeira (2013); Costa e Tavares (2014); Mardani e Salarpour (2015); Barbosa (2016); Elhami, Akram e Khanadi (2016) e Santos (2017).

Utilizando a abordagem DEA, Alemdar e Ören (2006) avaliaram a eficiência técnica de uma amostra de 75 fazendas de trigo localizadas na região sudeste da Anatólia, na Turquia. Os cálculos obtidos por meio do uso da metodologia DEA revelaram que, em média, a eficiência técnica para os pressupostos de retornos constantes e variáveis (CRS e VRS) foram de 72% e 79%, respectivamente. Com base nesses resultados, os autores concluíram que os produtores poderiam aumentar sua produção em 21% e 27%, respectivamente, por meio de um melhor uso dos recursos disponíveis.

Já Mohammad *et al.* (2011), a fim de investigarem a relação entre as estimativas de eficiência e o tamanho da propriedade, examinaram pequenos produtores que cultivam trigo e arroz em Punjab, no Paquistão. Os resultados estimados apontaram que existem ganhos de melhoria de eficiência técnica para todas as categorias de fazendas que produzem trigo e arroz. Os achados ainda indicaram que as fazendas analisadas operam em nível de eficiência total e, em média, os produtores poderiam reduzir a quantidade de insumos em 25% sem prejuízo da produção e empregando a mesma tecnologia no processo produtivo.

Por sua vez, Muazu *et al.* (2014) avaliaram a eficiência de 40 fazendas produtoras de arroz na Malásia. Os resultados da análise da DEA apontaram que, dos 40 lotes analisados, 15 eram eficientes, sendo as 25 fazendas restantes ineficientes na utilização de insumos agrícolas. Em termos percentuais, 44% das fazendas ineficientes apresentaram eficiência técnica superior a 90%, com 56% das fazendas ineficientes com escore de eficiência inferior a 90%. Assim, os autores entenderam que, devido à maior parte das fazendas estudadas serem tecnicamente ineficientes, existe oportunidade para melhorar o desempenho com a adoção de práticas utilizadas nas fazendas eficientes.

Já Mardani e Salarpour (2015) utilizaram a DEA para determinar a eficiência técnica e de escala de 23 províncias produtoras de batata no Irã. As variáveis de custos analisadas no estudo foram: mão de obra, fertilizantes, pesticidas, aluguel de terras, irrigação e combustível/aluguel de máquinas. Os resultados revelaram que a eficiência técnica média foi

de 90% e a eficiência de escala, de 97%. Os autores concluíram que as unidades ineficientes podem usar novas tecnologias de irrigação e promover a aplicação direcionada de fertilizantes, pesticidas e máquinas para aumentar a eficiência da produção de batata.

Donega (2016) avaliou a eficiência técnica da produção de soja, milho e trigo do estado do Paraná entre as safras de 1998 a 2015. Para tanto, o autor utilizou cinco variáveis de *inputs* (operações com máquinas, insumos, pós-colheita, despesas financeiras e renda de fatores) e a variável preço final da saca como *output*. Os resultados da pesquisa revelaram que 55,56% da safra da soja, 38,89% da safra do trigo e 37,5% da safra do milho do período analisado apresentaram problemas de eficiência nos custos de produção.

De modo geral, compreende-se que os produtores rurais buscam aumentar a eficiência do processo produtivo vinculada a uma melhor utilização dos recursos aplicados na lavoura. Assim, conclui-se que o uso da DEA aplicada às atividades agrícolas permite não só medir a eficiência sob a ótica dos custos de produção, como também conhecer quais custos podem ser reduzidos, além de apontar a direção para o aumento da eficiência produtiva por meio da identificação de unidades produtoras (DMUs) eficientes e ineficientes (DONEGA, 2016).

No âmbito da triticultura nacional, percebe-se que estudos empíricos que visam analisar a eficiência (técnica e de escala) relacionada à aplicação da DEA, o que é proposto neste estudo, são escassos. Já no contexto internacional, existem inúmeras pesquisas que empregam medidas de eficiência tanto no cultivo de trigo, quanto em outros tipos de culturas agrícolas.

Portanto, embora existam diversos trabalhos que discorrem acerca da produção de trigo no Brasil, ainda não foi investigada a relação entre a eficiência técnica e a de escala das principais regiões produtoras em relação aos custos de produção com a utilização da modelagem DEA.

3. Aspectos Metodológicos

A presente pesquisa se classifica como descritiva em relação aos objetivos. Quanto aos procedimentos técnicos, foi realizada a pesquisa documental. Para a análise documental, os dados secundários foram extraídos dos relatórios de custos de produção da CONAB relativos ao cultivo de trigo. Em relação à abordagem do problema, o presente estudo se classifica como quantitativo.

O processo de escolha das DMUs ocorreu de acordo com a disponibilidade de dados junto à CONAB e também conforme as presunções de homogeneidade citada por Dyson *et al.*

(2001), segundo as quais o conjunto de DMUs utilizadas deve possuir os mesmos *inputs* e *outputs* trabalhando em um mesmo ambiente de mercado e que sejam passíveis de comparação. Quanto ao critério de seleção da amostra, pode-se afirmar que essa apresenta característica não probabilística do tipo intencional, uma vez que a relação das regiões produtoras de trigo para análise da eficiência a partir dos custos de produção encontra-se disponível no sítio eletrônico da CONAB.

Durante a coleta dos dados, as cidades foram organizadas, considerando-se os sistemas de plantio empregados nos processos de semeadura das lavouras de trigo. Portanto, a amostra desta pesquisa foi formada pelas cinco regiões referência na produção de trigo no Brasil: Cascavel/PR, Cruz Alta/RS, Londrina/PR, Passo Fundo/RS e Ubatã/PR.

No que tange à delimitação do período para análise, o espaço temporal, nesta pesquisa, compreendeu os anos de 2010 a 2017, abrangendo as safras 2010/11, 2011/12, 2012/13, 2013/14, 2014/15, 2015/16, 2016/17 e 2017/18. A amostra das principais regiões produtoras de trigo em relação ao sistema de plantio e safra é apresentada no Quadro 1.

Quadro 1: Amostra das regiões produtoras de trigo

Região		Sistema de Plantio	Safras
1	Cascavel - PR	Plantio Direto	2010/11
		Plantio Direto (Alta Tecnologia)	2011/12 e 2012/13
		Plantio Direto	2013/14
		Plantio Direto (Alta Tecnologia)	2014/15 até 2017/18
2	Londrina - PR	Plantio Direto	2010/11
		Plantio Direto (Alta Tecnologia)	2011/12 até 2017/18
3	Ubatã - PR	Plantio Direto	2010/11
		Plantio Direto (Alta Tecnologia)	2011/12 e 2012/13
		Plantio Direto	2013/14
		Plantio Direto (Alta Tecnologia)	2014/15 até 2017/18
4	Cruz Alta - RS	Plantio Direto (Alta Utilização de Insumos)	2010/11 e 2011/12
		Plantio Direto (Alta Tecnologia)	2012/13 até 2017/18
5	Passo Fundo - RS	Plantio Direto (Alta Utilização de Insumos)	2010/11 e 2011/12
		Plantio Direto (Alta Tecnologia)	2012/13 até 2017/18

Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados da pesquisa.

Para a utilização da DEA, é fundamental definir as unidades que serão analisadas (DMU), as variáveis de *inputs* e *outputs*, bem como o modelo que será aplicado. Sendo assim, nesta pesquisa, cada região produtora de trigo, safra e seu respectivo sistema de plantio foram considerados como sendo uma DMU, sendo o objetivo o de identificar as regiões e safras mais eficientes da amostra analisada. No Quadro 2, apresenta-se a classificação das DMUs utilizadas nesta pesquisa.

Quadro 2: Classificação das DMUs

DMU	Região	Safra	Sistema de Plantio
DMU 1	Ubiratã - PR	2010/11	Plantio Direto
DMU 2	Ubiratã - PR	2011/12	Plantio Direto (Alta Tecnologia)
DMU 3	Ubiratã - PR	2012/13	Plantio Direto (Alta Tecnologia)
DMU 4	Ubiratã - PR	2013/14	Plantio Direto
DMU 5	Ubiratã - PR	2014/15	Plantio Direto (Alta Tecnologia)
DMU 6	Ubiratã - PR	2015/16	Plantio Direto (Alta Tecnologia)
DMU 7	Ubiratã - PR	2016/17	Plantio Direto (Alta Tecnologia)
DMU 8	Ubiratã - PR	2017/18	Plantio Direto (Alta Tecnologia)
DMU 9	Londrina - PR	2010/11	Plantio Direto
DMU 10	Londrina - PR	2011/12	Plantio Direto (Alta Tecnologia)
DMU 11	Londrina - PR	2012/13	Plantio Direto (Alta Tecnologia)
DMU 12	Londrina - PR	2013/14	Plantio Direto (Alta Tecnologia)
DMU 13	Londrina - PR	2014/15	Plantio Direto (Alta Tecnologia)
DMU 14	Londrina - PR	2015/16	Plantio Direto (Alta Tecnologia)
DMU 15	Londrina - PR	2016/17	Plantio Direto (Alta Tecnologia)
DMU 16	Londrina - PR	2017/18	Plantio Direto (Alta Tecnologia)
DMU 17	Cascavel - PR	2010/11	Plantio Direto
DMU 18	Cascavel - PR	2011/12	Plantio Direto (Alta Tecnologia)
DMU 19	Cascavel - PR	2012/13	Plantio Direto (Alta Tecnologia)
DMU 20	Cascavel - PR	2013/14	Plantio Direto
DMU 21	Cascavel - PR	2014/15	Plantio Direto (Alta Tecnologia)
DMU 22	Cascavel - PR	2015/16	Plantio Direto (Alta Tecnologia)
DMU 23	Cascavel - PR	2016/17	Plantio Direto (Alta Tecnologia)
DMU 24	Cascavel - PR	2017/18	Plantio Direto (Alta Tecnologia)
DMU 25	Passo Fundo - RS	2010/11	Plantio Direto (Alta Utilização de Insumos)
DMU 26	Passo Fundo - RS	2011/12	Plantio Direto (Alta Utilização de Insumos)
DMU 27	Passo Fundo - RS	2012/13	Plantio Direto (Alta Tecnologia)
DMU 28	Passo Fundo - RS	2013/14	Plantio Direto (Alta Tecnologia)
DMU 29	Passo Fundo - RS	2014/15	Plantio Direto (Alta Tecnologia)
DMU 30	Passo Fundo - RS	2015/16	Plantio Direto (Alta Tecnologia)
DMU 31	Passo Fundo - RS	2016/17	Plantio Direto (Alta Tecnologia)
DMU 32	Passo Fundo - RS	2017/18	Plantio Direto (Alta Tecnologia)
DMU 33	Cruz Alta - RS	2010/11	Plantio Direto (Alta Utilização de Insumos)
DMU 34	Cruz Alta - RS	2011/12	Plantio Direto (Alta Utilização de Insumos)
DMU 35	Cruz Alta - RS	2012/13	Plantio Direto (Alta Tecnologia)
DMU 36	Cruz Alta - RS	2013/14	Plantio Direto (Alta Tecnologia)
DMU 37	Cruz Alta - RS	2014/15	Plantio Direto (Alta Tecnologia)
DMU 38	Cruz Alta - RS	2015/16	Plantio Direto (Alta Tecnologia)
DMU 39	Cruz Alta - RS	2016/17	Plantio Direto (Alta Tecnologia)
DMU 40	Cruz Alta - RS	2017/18	Plantio Direto (Alta Tecnologia)

Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados da pesquisa.

Outro aspecto importante para a elaboração da DEA refere-se à orientação do modelo. A DEA apresenta três opções em relação à orientação dos modelos: por *inputs*, por *outputs* e a mista, sendo as duas primeiras as mais aplicadas aos modelos clássicos. Neste estudo, optou-se por utilizar a orientação por *inputs* com o objetivo de reduzir o uso dos insumos utilizados na produção de trigo sem alterar a produtividade atual atingida pelas regiões analisadas.

Considerando que o banco de dados da CONAB disponibiliza os valores de custos de produção de trigo em bases monetárias levantadas em diferentes períodos de tempo, todas as

variáveis utilizadas no estudo foram deflacionadas a valores correntes de outubro/2018. A atualização foi realizada com a utilização do índice geral de preços (IGP-DI) calculado pela Fundação Getúlio Vargas (FGV).

Para seleção das variáveis que melhor representam a eficiência em relação aos custos de produção de trigo das principais regiões produtoras do Brasil, buscou-se construir uma base de dados com informações de natureza similar ao que é apresentado pela literatura relacionada aos custos da produção da agricultura.

Nesse sentido, a partir do levantamento junto à base de dados da CONAB, procedeu-se à análise de correlação de *Pearson* para verificar o grau de relacionamento entre as mesmas quanto ao fator produtividade (*output*). Depois de aplicado os testes de correlação restaram cinco variáveis que foram selecionadas como *inputs* e uma variável, como *output*, para comporem o modelo inicial da DEA.

Desse modo, para uma melhor visualização, é apresentada, no Quadro 3, a matriz de variáveis que servirá de base para os cálculos e análise dos resultados desta pesquisa, conforme a unidade de medida, sigla e classificação.

Quadro 3: Classificação das variáveis de insumos

Variáveis	Unidade	Sigla	Classificação
Fertilizantes	(R\$/ha)	FERTS	<i>Input</i>
Agrotóxicos	(R\$/ha)	AGRTX	<i>Input</i>
Assistência Técnica	(R\$/ha)	ASTEÇ	<i>Input</i>
Transporte Externo	(R\$/ha)	TRAEX	<i>Input</i>
Encargos Sociais	(R\$/ha)	ENCSSO	<i>Input</i>
Produtividade	(Kg/ha)	TRIGO	<i>Output</i>

Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados da pesquisa.

A opção em utilizar a correlação de *Pearson* para escolha das variáveis partiu da necessidade de verificar se há relação significativa entre a variável produtividade (*output*) e os demais insumos (*inputs*). Montoneri *et al.* (2012), Silva *et al.* (2014) e Souza, Scatena e Kehrig (2015) utilizaram a análise de correlação para classificação das variáveis, considerando-a como adequada para aplicação da metodologia DEA. Segundo Santos (2017), um dos requisitos do modelo DEA é que os *inputs* sejam positivamente correlacionados com os *outputs*. A seguir, a Tabela 1 contempla os resultados do coeficiente de correlação das variáveis selecionadas na pesquisa.

Tabela 1: Coeficiente de correlação entre os *inputs* e *output*

	FERTS	AGRTX	ASTEC	TRAEX	ENCSO
Produtividade	0,391	0,516	0,549	0,665	0,714

Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme exhibe a Tabela 1, o resultado do teste de correlação demonstrou a existência de relação significativa entre todas as variáveis selecionadas como *inputs* e o *output*, sendo uma aplicação adequada para o modelo DEA, conforme discutido anteriormente. Finalmente, para aplicação de um modelo DEA, foi selecionado o *software* SIAD v.3.0 - Sistema Integrado de Apoio à Decisão (MEZA *et al.*, 2005) para os cálculos das medidas de eficiência conforme proposto no objetivo geral do presente estudo.

4. Resultados e Discussão

4.1. Análise das medidas de eficiência técnica e de escala

Os escores que detalham os níveis de eficiência de cada DMU, das principais regiões produtoras de trigo entre as safras de 2010/11 a 2017/18, encontram-se na Tabela 2. Esses valores foram calculados para a fronteira padrão, fronteira invertida, fronteira composta e fronteira composta normalizada, avaliando-se de forma geral, isto é, tendo como base os três sistemas de plantio (PD, PDAT e PDAUI) aplicados no processo produtivo de trigo das regiões (DMUs) em estudo.

Os resultados de eficiência (Tabela 2) mostram que, considerando o modelo orientado a *inputs* com retornos constantes (DEA-CCR) das 40 unidades (DMUs) analisadas, 8 foram identificadas como eficientes (eficiência igual a 1), correspondendo a 20% da amostra. Os resultados apresentados na Tabela 2 indicam que as regiões localizadas no estado do Paraná (Ubiratã e Londrina) foram as que apresentaram a maior incidência de escores eficientes dentre as 8 DMUs consideradas (7/8, ou seja, 88%). O destaque ficou para a Londrina com escores obtidos de 100% (DMU9, DMU10, DMU15 e DMU16).

Uma justificativa que pode ser considerada a partir desses resultados é o fato de essa região ser caracterizada pelo uso de alta tecnologia em seu processo produtivo (Quadro 2). Segundo Sznitowski (2017), a inserção de tecnologias para correção de solos, o uso de materiais genéticos adaptados e suporte tecnológico em máquinas, equipamentos e demais insumos permitem aumentar o potencial produtivo do campo, conforme já evidenciado em outras culturas.

Um exemplo disso é fornecido por Fehr *et al.* (2012), os quais analisaram as variáveis de custo do café arábica nas principais regiões produtoras do Brasil, no período de 2003 a 2009. A análise de resultados do estudo constatou que a cidade de Luís Eduardo Magalhães, por aplicar em seu processo produtivo um elevado padrão tecnológico e uso de irrigação em 100% dos seus cafezais, conseguiu alcançar o maior nível de produtividade, ou seja, em torno de 50 sacas de café por *hectare*, que é um valor bem superior em relação às médias obtidas pelas demais cidades analisadas.

Tabela 2: Eficiência das regiões produtoras de trigo nas safras - 2010/11 a 2017/18

Ranking	DMU	Fronteira				
		Padrão	Invertida	Composta	Composta Normalizada	
1	DMU10	Londrina 2011/12	1,00	0,67	0,67	1,00
2	DMU9	Londrina 2010/11	1,00	0,70	0,65	0,98
3	DMU2	Ubiratã 2011/12	1,00	0,71	0,65	0,97
4	DMU11	Londrina 2012/13	0,96	0,73	0,61	0,92
5	DMU15	Londrina 2016/17	1,00	0,80	0,60	0,90
6	DMU27	Passo Fundo 2012/13	1,00	0,82	0,59	0,88
7	DMU3	Ubiratã 2012/13	1,00	0,83	0,59	0,88
8	DMU1	Ubiratã 2010/11	1,00	0,85	0,58	0,86
9	DMU16	Londrina 2017/18	1,00	0,85	0,57	0,86
10	DMU13	Londrina 2014/15	0,99	0,88	0,56	0,83
11	DMU25	Passo Fundo 2010/11	0,94	0,86	0,54	0,81
12	DMU17	Cascavel 2010/11	0,99	0,94	0,52	0,79
13	DMU12	Londrina 2013/14	0,93	0,89	0,52	0,78
14	DMU26	Passo Fundo 2011/12	0,93	0,89	0,52	0,78
15	DMU14	Londrina 2015/16	0,93	0,91	0,51	0,77
16	DMU33	Cruz Alta 2010/11	0,91	0,92	0,50	0,74
17	DMU35	Cruz Alta 2012/13	0,94	1,00	0,47	0,71
18	DMU32	Passo Fundo 2017/18	0,81	0,87	0,47	0,70
19	DMU19	Cascavel 2012/13	0,91	0,97	0,47	0,70
20	DMU8	Ubiratã 2017/18	0,77	0,84	0,47	0,70
21	DMU34	Cruz Alta 2011/12	0,92	1,00	0,46	0,69
22	DMU18	Cascavel 2011/12	0,91	0,99	0,46	0,69
23	DMU40	Cruz Alta 2017/18	0,89	1,00	0,44	0,67
24	DMU37	Cruz Alta 2014/15	0,81	0,93	0,44	0,66
25	DMU36	Cruz Alta 2013/14	0,82	0,95	0,44	0,66
26	DMU31	Passo Fundo 2016/17	0,75	0,91	0,42	0,63
27	DMU7	Ubiratã 2016/17	0,70	0,90	0,40	0,60
28	DMU20	Cascavel 2013/14	0,70	0,91	0,39	0,59
29	DMU29	Passo Fundo 2014/15	0,74	0,96	0,39	0,59
30	DMU24	Cascavel 2017/18	0,78	1,00	0,39	0,59
31	DMU28	Passo Fundo 2013/14	0,72	0,94	0,39	0,58
32	DMU39	Cruz Alta 2016/17	0,78	1,00	0,39	0,58
33	DMU30	Passo Fundo 2015/16	0,71	0,95	0,38	0,57
34	DMU4	Ubiratã 2013/14	0,74	0,99	0,37	0,56
35	DMU38	Cruz Alta 2015/16	0,74	1,00	0,37	0,56
36	DMU5	Ubiratã 2014/15	0,67	1,00	0,33	0,50
37	DMU23	Cascavel 2016/17	0,65	0,99	0,33	0,50
38	DMU21	Cascavel 2014/15	0,66	1,00	0,33	0,50

Ranking	DMU	Fronteira				
		Padrão	Invertida	Composta	Composta Normalizada	
39	DMU6	Ubiratã 2015/16	0,64	1,00	0,32	0,48
40	DMU22	Cascavel 2015/16	0,59	1,00	0,30	0,45
	Média		0,85	0,91	0,47	0,71

Fonte: Dados da pesquisa.

Ainda de acordo com a Tabela 2, a região de Londrina alcançou o nível de eficiência máxima (DMU10 Londrina 2011/12), ocupando a primeira posição com escore na fronteira composta normalizada com resultado igual a 1,00, classificando-se como uma região referência na produção de trigo. Conforme Donega (2016), os resultados atingidos por meio da composta normalizada, normalmente, permitem uma melhor descrição das DMUs, servindo como referência global para as demais unidades.

Desta forma, a DMU10 pode ser utilizada como modelo para as regiões ineficientes (fronteira padrão <1) com o propósito de transferir as boas práticas empregadas em seu sistema produtivo para as DMUs ineficientes com vistas ao aperfeiçoamento do processo e à melhor utilização dos recursos disponíveis. Verifica-se ainda que a eficiência média das DMUs foi de 85%, o que significa que os produtores poderiam reduzir os valores gastos com insumos (*inputs*) na ordem de 15% e, ainda assim, manteriam a mesma quantidade de trigo produzida (*output*).

Observando-se ainda os resultados da Tabela 2, verifica-se que a DMU ineficiente identificada com o menor valor foi a DMU22 Cascavel 2015/16, que alcançou a eficiência padrão 0,59 e composta normalizada, de 0,45. Esses resultados indicam que, para a correção da ineficiência dessa região, isto é, para que ela se torne uma unidade eficiente, a mesma deveria reduzir o uso de insumos (Fertilizantes, Agrotóxicos, Encargos Sociais, Transporte Externo e Assistência Técnica) em 41%, permanecendo, assim, a mesma produtividade.

Partindo dessas considerações, as regiões ineficientes (DMU5, DMU6, DMU21, DMU22, e DMU23) localizadas nas cidades de Cascavel/PR e Ubiratã/PR apresentaram os piores escores, variando entre 59% e 67% (fronteira padrão). Os resultados obtidos por essas DMUs podem ser explicados, em parte, pela queda de 13,9% na produtividade (Kg/ha) e 23,7% na produção (t), entre as safras de 2016 e 2017, das regiões situadas no estado do Paraná e, ainda, em virtude de fatores climáticos, como as geadas e a estiagem nas lavouras que contribuíram para a redução da produção do cereal (CONAB, 2017b).

A partir desses resultados, pode-se deduzir que nem sempre o fator proximidade e ambiente mercadológico semelhante entre as regiões produtoras indicam efeitos positivos

sobre o desempenho dessas unidades. Isso porque as cinco regiões com os piores escores assinalados fazem parte do Paraná (DMU5, DMU6, DMU21, DMU22 e DMU23), assim como as regiões com maiores níveis de eficiências na produção de trigo (DMU1, DMU2, DMU3, DMU9, DMU10, DMU15, DMU16 e DMU27). Esse comportamento está em consonância com os achados das pesquisas de Pachiell (2009) e de Brunozi Júnior *et al.* (2012) que, após analisarem a eficiência de usinas de cana de açúcar do estado de São Paulo, os resultados apresentaram diferenças significativas nos escores de eficiência técnica e de escala.

Dessa forma, uma das principais contribuições da DEA encontra-se na capacidade que o modelo apresenta em revelar as fontes de ineficiência, como também indicar quais variáveis de *input* ou *output* devem ser reduzidas ou aumentadas para que a DMU alcance o nível de eficiência pretendida. A esse respeito, Melo (2010) ressalta que a modelagem DEA define a indicação dos alvos a serem alcançados pelas unidades ineficientes e, por sua vez, os resultados dos alvos permitem visualizar os ajustes necessários para orientar as unidades produtoras.

A Tabela 3 apresenta os custos atuais de cada DMU, os custos alvos e o percentual de redução a que cada variável precisa ser submetida a fim de minimizar desperdícios e alcançar a eficiência projetada. A partir da disposição desses dados, é possível verificar que, para cada variável da DMU em questão, dois valores distintos são estipulados. O valor atual representa o valor histórico da variável de insumo e o custo alvo é o valor que a variável deve assumir para atingir o índice de eficiência relativa igual a 1 (um).

De forma geral, a DEA oferece uma análise no sentido de verificar como as unidades ineficientes podem se transformar em eficientes, determinando, inclusive, a magnitude da melhoria desse desempenho, ou seja, de que forma a unidade ineficiente atingiria o índice de eficiência igual a 1 (um) em cada variável considerada (SOUZA; MACEDO, 2008).

Observa-se, a partir dos resultados apresentados na Tabela 3, que os alvos a serem atingidos são maiores na DMU22 (Cascavel 2015/16). Considerando o conjunto de variáveis analisadas, AGRTX, FERTS, ENCSO, TRAEX e ASTEC, essas poderiam ser reduzidas, em média, em 45,56%, seguida pela DMU38 (Cruz Alta 2015/16), que apresentou um nível de redução necessário para atingir a eficiência de 44,01% orientada aos *inputs*. Assim, relativo aos alvos, à técnica DEA pode ser manuseada como um ponto de partida para estratégias de melhorias de desempenho fornecendo informações, além de atuar como uma ferramenta gerencial capaz de auxiliar no processo de gestão de custos das unidades menos eficientes, estipulando metas a serem alcançadas para atingir a fronteira de eficiência.

Tabela 3: Custos atuais, custos alvos e percentuais de redução das DMUs

DMU	Inputs	Atual (R\$/ha)	Alvo (R\$/ha)	Redução (%)	DMU	Inputs	Atual (R\$/ha)	Alvo (R\$/ha)	Redução (%)
DMU1	FERTS	425,13	425,13	0,00	DMU21	FERTS	670,44	443,37	33,87
	AGRTX	0,00	0,00	0,00		AGRTX	286,90	189,73	33,87
	ASTEC	24,74	24,74	0,00		ASTEC	35,00	18,84	46,18
	TRAEX	35,96	35,96	0,00		TRAEX	108,01	69,47	35,69
	ENCISO	43,30	43,30	0,00		ENCISO	94,38	30,12	68,08
DMU2	FERTS	403,37	403,37	0,00	DMU22	FERTS	757,68	450,31	40,57
	AGRTX	198,82	198,82	0,00		AGRTX	295,58	175,67	40,57
	ASTEC	20,50	20,50	0,00		ASTEC	33,09	19,67	40,57
	TRAEX	34,25	34,25	0,00		TRAEX	113,83	67,65	40,57
	ENCISO	0,24	0,24	0,00		ENCISO	92,67	31,96	65,51
DMU3	FERTS	475,25	475,25	0,00	DMU23	FERTS	687,51	448,03	34,83
	AGRTX	201,04	201,04	0,00		AGRTX	275,31	179,41	34,83
	ASTEC	24,35	24,35	0,00		ASTEC	32,35	19,49	39,76
	TRAEX	31,68	31,68	0,00		TRAEX	106,20	68,12	35,86
	ENCISO	0,89	0,89	0,00		ENCISO	93,38	31,41	66,36
DMU4	FERTS	656,65	488,87	25,55	DMU24	FERTS	556,63	434,36	21,97
	AGRTX	289,96	215,87	25,55		AGRTX	268,71	209,69	21,97
	ASTEC	30,40	22,63	25,55		ASTEC	29,40	17,58	40,20
	TRAEX	50,04	37,25	25,55		TRAEX	112,74	72,06	36,08
	ENCISO	73,01	2,01	97,24		ENCISO	97,25	27,62	71,60
DMU5	FERTS	617,10	412,02	33,23	DMU25	FERTS	475,04	445,62	6,19
	AGRTX	304,73	203,46	33,23		AGRTX	301,36	212,55	29,47
	ASTEC	32,80	18,51	43,56		ASTEC	25,41	22,69	10,71
	TRAEX	80,37	53,66	33,23		TRAEX	38,36	35,98	6,19
	ENCISO	46,17	14,21	69,22		ENCISO	33,67	0,39	98,83
DMU6	FERTS	718,94	456,56	36,50	DMU26	FERTS	622,65	508,25	18,37
	AGRTX	298,38	189,49	36,50		AGRTX	228,31	212,03	7,13
	ASTEC	29,02	18,43	36,50		ASTEC	27,41	25,45	7,13
	TRAEX	72,60	46,10	36,50		TRAEX	36,53	33,92	7,13
	ENCISO	41,71	12,53	69,95		ENCISO	34,26	1,50	95,63
DMU7	FERTS	633,48	445,23	29,72	DMU27	FERTS	596,17	596,17	0,00
	AGRTX	269,40	189,34	29,72		AGRTX	226,75	226,75	0,00
	ASTEC	26,80	18,84	29,72		ASTEC	2,45	2,45	0,00
	TRAEX	67,73	47,60	29,72		TRAEX	37,17	37,17	0,00
	ENCISO	39,52	13,44	65,99		ENCISO	0,00	0,00	0,00
DMU8	FERTS	533,79	413,58	22,52	DMU28	FERTS	701,41	504,53	28,07
	AGRTX	270,81	209,58	22,61		AGRTX	217,03	156,11	28,07
	ASTEC	24,80	18,65	24,78		ASTEC	31,00	22,30	28,07
	TRAEX	68,02	52,70	22,52		TRAEX	64,86	46,65	28,07
	ENCISO	39,69	12,29	69,03		ENCISO	70,72	21,67	69,36
DMU9	FERTS	397,64	397,64	0,00	DMU29	FERTS	653,51	483,37	26,04
	AGRTX	207,32	207,32	0,00		AGRTX	218,66	161,73	26,04
	ASTEC	15,53	15,53	0,00		ASTEC	32,38	23,95	26,04
	TRAEX	68,56	68,56	0,00		TRAEX	64,23	47,51	26,04
	ENCISO	24,07	24,07	0,00		ENCISO	76,33	20,78	72,77
DMU10	FERTS	477,12	477,12	0,00	DMU30	FERTS	747,72	533,14	28,70
	AGRTX	193,47	193,47	0,00		AGRTX	264,08	188,30	28,70
	ASTEC	15,28	15,28	0,00		ASTEC	33,58	23,94	28,70
	TRAEX	63,32	63,32	0,00		TRAEX	70,74	50,44	28,70
	ENCISO	0,24	0,24	0,00		ENCISO	80,45	19,07	76,30
DMU11	FERTS	507,45	485,11	4,40	DMU31	FERTS	720,17	542,64	24,65

DMU	Inputs	Atual (R\$/ha)	Alvo (R\$/ha)	Redução (%)	DMU	Inputs	Atual (R\$/ha)	Alvo (R\$/ha)	Redução (%)
	AGRTX	210,52	196,80	6,52		AGRTX	262,33	197,66	24,65
	ASTEC	15,17	14,50	4,40		ASTEC	32,24	24,29	24,65
	TRAEX	73,22	62,47	14,68		TRAEX	62,86	47,36	24,65
	ENCISO	0,69	0,66	4,40		ENCISO	75,65	15,11	80,02
DMU12	FERTS	449,74	419,98	6,62	DMU32	FERTS	626,95	507,29	19,09
	AGRTX	226,60	211,45	6,69		AGRTX	274,49	222,10	19,09
	ASTEC	16,11	15,04	6,62		ASTEC	31,17	25,16	19,28
	TRAEX	69,39	64,80	6,62		TRAEX	63,12	51,07	19,09
	ENCISO	82,50	20,92	74,64		ENCISO	83,35	12,07	85,52
DMU13	FERTS	523,10	518,63	0,85	DMU33	FERTS	457,17	416,15	8,97
	AGRTX	249,35	247,22	0,85		AGRTX	268,04	186,79	30,31
	ASTEC	0,00	0,00	0,00		ASTEC	24,29	21,26	12,48
	TRAEX	90,27	76,28	15,50		TRAEX	33,56	30,55	8,97
	ENCISO	39,28	33,12	15,69		ENCISO	33,67	0,58	98,27
DMU14	FERTS	626,77	520,13	17,01	DMU34	FERTS	620,58	443,57	28,52
	AGRTX	282,72	245,98	13,00		AGRTX	235,61	187,64	20,36
	ASTEC	0,00	0,00	0,00		ASTEC	26,85	22,73	15,36
	TRAEX	81,54	76,08	6,70		TRAEX	31,97	29,57	7,51
	ENCISO	35,49	33,11	6,71		ENCISO	34,26	0,83	97,58
DMU15	FERTS	520,13	520,13	0,00	DMU35	FERTS	687,03	521,65	24,07
	AGRTX	245,98	245,98	0,00		AGRTX	210,83	198,41	5,89
	ASTEC	0,00	0,00	0,00		ASTEC	2,48	2,14	13,56
	TRAEX	76,08	76,08	0,00		TRAEX	41,40	32,52	21,44
	ENCISO	33,11	33,11	0,00		ENCISO	0,00	0,00	0,00
DMU16	FERTS	496,63	496,63	0,00	DMU36	FERTS	650,84	536,13	17,62
	AGRTX	265,41	265,41	0,00		AGRTX	361,12	241,40	33,15
	ASTEC	0,00	0,00	0,00		ASTEC	28,91	23,81	17,62
	TRAEX	79,23	79,23	0,00		TRAEX	48,64	40,07	17,62
	ENCISO	33,25	33,25	0,00		ENCISO	41,25	0,54	98,70
DMU17	FERTS	599,81	453,47	24,40	DMU37	FERTS	571,19	461,79	19,15
	AGRTX	0,00	0,00	0,00		AGRTX	367,24	231,29	37,02
	ASTEC	28,80	26,39	8,37		ASTEC	31,01	21,95	29,22
	TRAEX	61,37	38,36	37,50		TRAEX	62,49	50,52	19,15
	ENCISO	46,89	46,19	1,50		ENCISO	63,61	8,02	87,39
DMU18	FERTS	690,01	443,36	35,75	DMU38	FERTS	674,85	500,29	25,87
	AGRTX	198,20	179,50	9,44		AGRTX	446,15	249,84	44,00
	ASTEC	26,88	13,88	48,35		ASTEC	35,10	24,09	31,38
	TRAEX	65,76	58,05	11,73		TRAEX	70,74	52,44	25,87
	ENCISO	0,24	0,22	9,44		ENCISO	100,56	7,12	92,92
DMU19	FERTS	659,43	440,61	33,18	DMU39	FERTS	647,51	503,05	22,31
	AGRTX	193,69	175,95	9,16		AGRTX	421,20	250,74	40,47
	ASTEC	28,46	14,29	49,80		ASTEC	33,78	24,41	27,72
	TRAEX	67,59	58,15	13,96		TRAEX	66,00	51,28	22,31
	ENCISO	0,99	0,90	9,16		ENCISO	104,76	6,16	94,12
DMU20	FERTS	674,32	469,05	30,44	DMU40	FERTS	544,83	484,84	11,01
	AGRTX	255,52	177,74	30,44		AGRTX	440,78	244,77	44,47
	ASTEC	31,63	22,00	30,44		ASTEC	33,34	22,25	33,28
	TRAEX	85,94	59,78	30,44		TRAEX	66,28	58,98	11,01
	ENCISO	45,63	26,28	42,40		ENCISO	105,64	12,49	88,18

Fonte: Dados da pesquisa.

Com relação às variáveis FERTS e AGRTX (Tabela 3), que são os elementos de custo mais representativos do conjunto de variáveis avaliadas, observa-se que o percentual de redução da variável FERTS apresenta-se elevado para a DMU22, de 40,57%, e DMU6, de 36,5%. Já a necessidade de redução do custo da AGRTX mostrou-se expressiva para as DMUs (40, 38, 22 e 39) com percentuais de 44,47%, 44%, 40,57% e 40,47%, respectivamente. Adicionalmente, ressalta-se que os percentuais mais elevados de redução de custo são condicionados a variável ENCSO, visto que, dentre as DMUs analisadas, elas precisam ser reduzidas em média seus custos na ordem de 63,83% para que as unidades ineficientes consigam alcançar a fronteira de eficiência.

Sob tal enfoque, Pereira (2014) evidencia que, por meio da compreensão dos alvos a serem alcançados pelas DMUs ineficientes, é possível avaliar o quanto deve ser reduzido em cada insumo, bem como atuar na diminuição de desperdícios, direcionando-se para a busca pela eficiência. Em complemento, Gomes, Mangabeira e Mello (2005) apontam que os valores em relação aos custos atuais e aos custos alvos contribuem com o fornecimento de informações para a agricultura, podendo-se identificar em qual etapa do processo produtivo ocorrem os gargalos que prejudicam os resultados.

Após observar os resultados na Tabela 3, é possível verificar que a maioria das regiões apresentaram percentuais para redução de *inputs*, ou seja, as DMUs ineficientes são capazes de utilizar os recursos empregados nas lavouras de trigo de maneira mais eficiente. Já quanto às DMUs classificadas como eficientes, há indicativo de estarem operando próximo da melhor utilização dos recursos aplicados na produção de trigo. Portanto, os níveis de utilização de recursos captados pelas DMUs, somados à realidade do produtor, podem servir de subsídios à adoção de medidas específicas e adequadas às possibilidades de cada ambiente, o que poderia se traduzir em melhor gestão da propriedade (GOMES; MANGABEIRA; MELLO, 2005; MELO, 2010).

Para analisar o efeito da escala de produção no grau de eficiência técnica, foi utilizado, inicialmente, o modelo DEA com retornos constantes de escala (DEA-CCR). Na sequência, foi utilizado o modelo com retornos variáveis (DEA-BCC) para avaliar o efeito da escala de produção no grau de eficiência técnica (Tabela 4). De acordo com Nova e Santos (2008), o modelo CCR permite uma avaliação da eficiência global e identifica as fontes e estimativas de montantes das ineficiências identificadas, enquanto que o modelo BCC diferencia ineficiências técnicas e de escala, estimando a eficiência técnica pura a uma dada escala de operações.

Tabela 4: Eficiência técnica e de escala das regiões produtoras de trigo

DMU		Eficiência Técnica CCR	Eficiência Técnica BCC	Eficiência de Escala
DMU1	Ubiratã 2010/11	1,00	1,00	1,00
DMU2	Ubiratã 2011/12	1,00	1,00	1,00
DMU3	Ubiratã 2012/13	1,00	1,00	1,00
DMU4	Ubiratã 2013/14	0,74	0,85	0,88
DMU5	Ubiratã 2014/15	0,67	0,68	0,98
DMU6	Ubiratã 2015/16	0,64	0,68	0,94
DMU7	Ubiratã 2016/17	0,70	0,74	0,95
DMU8	Ubiratã 2017/18	0,77	0,80	0,97
DMU9	Londrina 2010/11	1,00	1,00	1,00
DMU10	Londrina 2011/12	1,00	1,00	1,00
DMU11	Londrina 2012/13	0,96	0,99	0,96
DMU12	Londrina 2013/14	0,93	0,95	0,99
DMU13	Londrina 2014/15	0,99	0,99	1,00
DMU14	Londrina 2015/16	0,93	0,93	1,00
DMU15	Londrina 2016/17	1,00	1,00	1,00
DMU16	Londrina 2017/18	1,00	1,00	1,00
DMU17	Cascavel 2010/11	0,99	1,00	0,99
DMU18	Cascavel 2011/12	0,91	0,98	0,93
DMU19	Cascavel 2012/13	0,91	0,98	0,93
DMU20	Cascavel 2013/14	0,70	1,00	0,70
DMU21	Cascavel 2014/15	0,66	0,85	0,78
DMU22	Cascavel 2015/16	0,59	0,81	0,74
DMU23	Cascavel 2016/17	0,65	0,86	0,76
DMU24	Cascavel 2017/18	0,78	0,98	0,80
DMU25	Passo Fundo 2010/11	0,94	1,00	0,94
DMU26	Passo Fundo 2011/12	0,93	1,00	0,93
DMU27	Passo Fundo 2012/13	1,00	1,00	1,00
DMU28	Passo Fundo 2013/14	0,72	0,88	0,82
DMU29	Passo Fundo 2014/15	0,74	0,87	0,85
DMU30	Passo Fundo 2015/16	0,71	0,99	0,72
DMU31	Passo Fundo 2016/17	0,75	1,00	0,75
DMU32	Passo Fundo 2017/18	0,81	1,00	0,81
DMU33	Cruz Alta 2010/11	0,91	0,98	0,93
DMU34	Cruz Alta 2011/12	0,92	0,99	0,93
DMU35	Cruz Alta 2012/13	0,94	1,00	0,94
DMU36	Cruz Alta 2013/14	0,82	1,00	0,82
DMU37	Cruz Alta 2014/15	0,81	0,92	0,88
DMU38	Cruz Alta 2015/16	0,74	0,90	0,82
DMU39	Cruz Alta 2016/17	0,78	0,96	0,81
DMU40	Cruz Alta 2017/18	0,89	1,00	0,89
	Média	0,85	0,94	0,90

Fonte: Dados da pesquisa.

Conforme se observa na Tabela 4, os resultados exibidos com base no modelo de retornos constantes permitiram verificar que o nível médio de ineficiência apontado foi de 0,15 (1-0,85). Como o modelo é orientado a *inputs*, esse valor sugere que, em média, as regiões produtoras poderiam ter gastos 15% menores com fertilizantes, agrotóxicos, assistência técnica, transporte externo e encargos sociais sem que houvesse qualquer modificação na quantidade de trigo produzido.

Já os escores médios de eficiência pura e de eficiência de escala são respectivamente, 0,94 e 0,90 (Tabela 4). Dessa forma, as regiões produtoras de trigo e classificadas como ineficientes podem reduzir, em média, 6% dos insumos utilizados no processo produtivo que, ainda assim, alcançarão a mesma produção. Importante destacar que essas regiões, para conseguirem atuar em escala ótima de produção, devem aumentar a quantidade produzida de trigo em 10%.

Resultados semelhantes foram obtidos por Barbosa (2016) após o autor verificar a eficiência técnica e de escala de 11 municípios brasileiros produtores de soja, tendo sido constatados escores de eficiência de escala na ordem de 0,92 e eficiência técnica, de 0,87. Por sua vez, Raheli *et al.* (2017) investigaram 150 produtores de tomates no Azerbaijão, encontrando valores médios de eficiência técnica, eficiência técnica pura e eficiência de escala de 0,92, 0,99 e 0,92, respectivamente.

As DMUs que apresentam eficiência no modelo de retorno constante (DEA-CCR) igual a 100% são: DMU1, DMU2, DMU3, DMU9, DMU10, DMU 15, DMU 16 e DMU27. Essas oito DMUs são eficientes tecnicamente e operam em sua escala ótima de produção, podendo-se inferir que essas regiões estão otimizando seus recursos em sua escala ótima de produção (Tabela 4). Já o modelo de retornos variáveis (DEA-BCC) apresentou dezessete DMUs eficientes. Entretanto, esse modelo apresentou problemas de escala em nove delas (DMU17, DMU20, DMU25, DMU26, DMU31, DMU32, DMU35 DMU36 e DMU40).

Quanto a esses resultados, Barbosa (2016) ressalta que essa situação pode ser decorrente da utilização incorreta da escala de produção, nesse caso, da produção de trigo. Complementando, Melo (2010) enfatiza que a ineficiência de escala pode ocorrer em virtude de uma DMU estar operando abaixo da escala ótima e, assim, apresentar retornos crescentes de escala ou, ao contrário, atuar acima da escala ótima e proporcionar retornos decrescentes de escala.

Tabela 5: Problemas das regiões produtoras de trigo, pela eficiência pura e de escala

Sistema de Plantio	DMU	Condição	Retorno de Escala	Problema Maior	
PD	DMU1	Ubiratã 2010/11	Eficiente	Constante	Não Possui
	DMU4	Ubiratã 2013/14	Ineficiente	Crescente	Escala e Eficiência
	DMU9	Londrina 2010/11	Eficiente	Constante	Não Possui
	DMU17	Cascavel 2010/11	Ineficiente	Crescente	Escala
	DMU20	Cascavel 2013/14	Ineficiente	Crescente	Escala
PDAT	DMU2	Ubiratã 2011/12	Eficiente	Constante	Não Possui
	DMU3	Ubiratã 2012/13	Eficiente	Constante	Não Possui
	DMU5	Ubiratã 2014/15	Ineficiente	Crescente	Escala e Eficiência
	DMU6	Ubiratã 2015/16	Ineficiente	Crescente	Escala e Eficiência

	DMU7	Ubiratã 2016/17	Ineficiente	Crescente	Escala e Eficiência
	DMU8	Ubiratã 2017/18	Ineficiente	Crescente	Escala e Eficiência
	DMU10	Londrina 2011/12	Eficiente	Constante	Não Possui
	DMU11	Londrina 2012/13	Ineficiente	Crescente	Escala e Eficiência
	DMU12	Londrina 2013/14	Ineficiente	Crescente	Escala e Eficiência
	DMU13	Londrina 2014/15	Ineficiente	Crescente	Eficiência
	DMU14	Londrina 2015/16	Ineficiente	Crescente	Eficiência
	DMU15	Londrina 2016/17	Eficiente	Constante	Não Possui
	DMU16	Londrina 2017/18	Eficiente	Constante	Não Possui
	DMU18	Cascavel 2011/12	Ineficiente	Crescente	Escala e Eficiência
	DMU19	Cascavel 2012/13	Ineficiente	Crescente	Escala e Eficiência
	DMU21	Cascavel 2014/15	Ineficiente	Crescente	Escala e Eficiência
	DMU22	Cascavel 2015/16	Ineficiente	Crescente	Escala e Eficiência
	DMU23	Cascavel 2016/17	Ineficiente	Crescente	Escala e Eficiência
	DMU24	Cascavel 2017/18	Ineficiente	Crescente	Escala e Eficiência
	DMU27	Passo Fundo 2012/13	Eficiente	Constante	Não Possui
	DMU28	Passo Fundo 2013/14	Ineficiente	Crescente	Escala e Eficiência
	DMU29	Passo Fundo 2014/15	Ineficiente	Crescente	Escala e Eficiência
	DMU30	Passo Fundo 2015/16	Ineficiente	Crescente	Escala e Eficiência
	DMU31	Passo Fundo 2016/17	Ineficiente	Crescente	Escala
	DMU32	Passo Fundo 2017/18	Ineficiente	Crescente	Escala
	DMU35	Cruz Alta 2012/13	Ineficiente	Crescente	Escala
	DMU36	Cruz Alta 2013/14	Ineficiente	Crescente	Escala
	DMU37	Cruz Alta 2014/15	Ineficiente	Crescente	Escala e Eficiência
	DMU38	Cruz Alta 2015/16	Ineficiente	Crescente	Escala e Eficiência
	DMU39	Cruz Alta 2016/17	Ineficiente	Crescente	Escala e Eficiência
	DMU40	Cruz Alta 2017/18	Ineficiente	Crescente	Escala
	DMU25	Passo Fundo 2010/11	Ineficiente	Crescente	Escala
PDAUI	DMU26	Passo Fundo 2011/12	Ineficiente	Crescente	Escala
	DMU33	Cruz Alta 2010/11	Ineficiente	Crescente	Escala e Eficiência
	DMU34	Cruz Alta 2011/12	Ineficiente	Crescente	Escala e Eficiência

Fonte: Dados da pesquisa.

Com base nos resultados da Tabela 5, é possível identificar os principais problemas enfrentados pelas regiões produtoras de trigo (DMUs) no que diz respeito ao aspecto de escala ou de eficiência. A propósito dessas afirmações, de acordo com Pereira (2014), caso uma DMU seja eficiente apenas em escala, o problema é a relação dos insumos com o produto. Sendo a DMU eficiente apenas tecnicamente, o problema é a escala produtiva, mas, se for eficiente tanto em escala quanto em técnica, não apresenta problemas.

Assim, das 40 DMUs analisadas, oito não apresentaram problemas, duas apresentaram problema de eficiência e nove, problemas de escala. Por fim, a maioria das DMUs analisadas na amostra apresentaram problemas de escala e eficiência (21/40, ou seja, 52,5%), indicando apresentar ineficiência técnica devido à alta utilização de insumos, e ineficiência de escala, por estarem operando abaixo da escala ótima, sendo pouco produtivas nas operações (MELO, 2010).

Ainda na Tabela 5, verifica-se que as DMUs eficientes que apresentaram os maiores escores de eficiência (DMU1, DMU2, DMU3, DMU9, DMU10, DMU15, DMU16 e DMU27) não foram impactadas por problemas relacionados à utilização dos insumos, tampouco por problemas decorrentes de escala de produção. Assim, entende-se que os produtores dessas regiões administram os recursos aplicados nas lavouras de trigo de maneira mais adequada.

Quanto às DMUs identificadas como ineficientes (32/40, ou seja, 80%), a correção da ineficiência dessas regiões produtoras passa em parte pela melhor gestão dos custos de produção utilizados no processo de semeadura das lavouras de trigo, assim como pelo tamanho da propriedade em que o produtor opera. A existência de retornos de escala crescentes para as DMUs ineficientes, conforme Tabela 5, demonstra que essas regiões, ao atuarem nesse tipo de escala, estão operando abaixo da escala ótima, devendo aumentar a sua produção para ser mais produtiva (MARIANO, 2008).

Ainda em relação às DMUs classificadas como ineficientes, somente a DMU13 e a DMU14 apresentaram como problema maior a variável de eficiência (eficiência pura). Esse tipo de situação possibilita que as unidades produtoras (DMUs) atuem na sua escala ótima, contudo seus recursos são gerenciados de maneira inadequada, resultando em desperdícios (MARIANO, 2008).

Quanto às DMUs classificadas com problemas de escala (17, 20, 25, 26, 31, 32, 35, 36 e 40), esse fato se deu em decorrência de terem alcançado escores de eficiência técnica pura (BCC) igual a 1 (um) e de eficiência de escala menor que 1 (um). Diante dessa situação, Pereira (2014) sugere avaliar o nível de produção a fim de identificar e ampliar a produção a custos decrescentes até que se tornem 100% eficientes. Assim, essas DMUs conseguiriam atuar no ponto de retornos constantes a custos médios mínimos. Finalmente, as DMUs (1, 2, 3, 9, 10, 15, 16 e 27) que não apresentaram problemas são regiões consideradas eficientes e caracterizadas por utilizarem seus recursos sem desperdícios, bem como por estarem operando em sua escala ótima, devendo manter a mesma escala de produção desempenhada.

5. Considerações Finais

Este estudo partiu do objetivo principal de analisar a eficiência das principais regiões produtoras de trigo no Brasil em relação aos custos de produção, nas safras 2010/11 a 2017/18, por meio da técnica DEA orientada a *inputs*. Os custos de produção foram

detalhados e agrupados para cada uma das regiões estudadas, sendo elas; Cascavel/PR, Londrina/PR, Ubitatã/PR, Cruz Alta/RS e Passo fundo/RS.

Em relação aos cálculos das medidas de eficiência, analisou-se a eficiência técnica e de escala das regiões produtoras de trigo, adotando, prioritariamente, o modelo (DEA-CCR) orientado por *inputs*. Ainda considerando esse modelo, buscou-se investigar os valores alvos que cada região (DMU) precisaria alcançar, assim como o percentual de redução a que cada variável precisa ser submetido a fim de minimizar desperdícios e alcançar a eficiência projetada. Por fim, verificaram-se os efeitos de escala através do cálculo da eficiência de escala a partir da divisão do coeficiente da eficiência técnica com retornos constantes (CCR) pela eficiência técnica com retornos variáveis (BCC).

Os principais resultados encontrados com relação à eficiência técnica demonstraram que a região de Londrina/PR, na safra 2011/12, alcançou o nível de eficiência máxima, ocupando a primeira posição com score na fronteira composta normalizada de resultado igual a 1,00, sendo classificada como uma região referência (*benchmark*) na produção de trigo. Já a eficiência técnica média total foi de 85%, ou seja, de uma amostra composta por 40 regiões produtoras (DMUs), significa dizer que os produtores poderiam reduzir os gastos com insumos (*inputs*) na ordem de 15% e, ainda assim, manteriam a mesma produtividade média (*output*).

No que concerne à eficiência de escala, do total de DMUs analisadas, oito não apresentaram problemas, duas apresentaram problema de eficiência, nove encontravam-se com problemas de escala e vinte e uma apresentaram problemas de escala e eficiência. Já os scores médios de eficiência pura e de eficiência de escala obtidos foram de, 94% e 90%, respectivamente. Assim, conclui-se que as regiões produtoras de trigo e classificadas como ineficientes podem reduzir, em média, 6% dos insumos utilizados no processo produtivo que, ainda assim, alcançarão a produção atual. Ressalta-se ainda que essas regiões, para conseguirem atuar em escala ótima de produção, devem aumentar a quantidade produzida de trigo em 10%.

Finalmente, a partir dos resultados gerados nesta pesquisa, foi possível detectar as causas e os níveis de eficiência das regiões produtoras de trigo, identificando-as em eficientes ou ineficientes, além de fornecer contribuições para o desenvolvimento e realização de novas pesquisas, ampliando a construção de conhecimento em relação à gestão dos custos voltado para a cadeia produtiva agropecuária nacional.

Nesse sentido, conclui-se que os resultados obtidos nesta pesquisa contribuíram para indicar problemas de eficiência técnica e de escala em algumas regiões produtoras, além de

fornecer informações para um melhor entendimento de questões que envolvem o cultivo de trigo no Brasil. Sendo assim, é perceptível a importância de investimentos em políticas públicas que busquem incentivar a produção nacional do trigo com vistas a promover infraestrutura e pesquisas necessárias para que a produção se torne mais competitiva e sustentável, principalmente, nas regiões que apresentam níveis maiores de ineficiência.

Diante do exposto, como sugestão para pesquisas futuras, seria importante analisar os custos de produção quanto à influência de fatores climáticos, utilizando outros produtos agrícolas como o café, o milho e a soja, assim como outras localidades e períodos diferentes. Sugere-se também o uso de modelos DEA mais avançados que permitam uma análise mais profunda além da utilização de variáveis macroeconômicas, buscando ainda mais embasamento na discussão dos resultados.

6. Referências

ALEMDAR, T.; ÖREN, M. N. Measuring technical efficiency of wheat production in southeastern Anatolia with parametric and nonparametric methods. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, Faisalabad, v. 9, n. 6, p. 1088-1094, 2006.

ANJOS, M. A. D. *Aplicação da Análise Envoltória de Dados (DEA) no estudo da eficiência econômica da indústria têxtil nos anos 90*. 2005. 239 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, v. 30, n. 9, p. 1078-1092, 1984.

BARBOSA, J. P. G. *Eficiência técnica e de escala dos custos de produção das cidades produtoras de soja do Brasil*. 2016. 99 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016.

BAUMGRATZ, E. I. *et al.* Produção de trigo a decisão por análise econômico-financeira. *Revista de Política Agrícola*, Brasília, v. 26, n. 3, p. 8-21, jul./ago./set. 2017.

BELINE, H. *et al.* Cultura da soja: receita não realizada das perdas evitáveis durante a colheita. *Custos e @gronegocio online*, Recife, v. 5, n. 1, p. 76-93, jan./abr. 2009.

BLEIL, C.; SOUZA, M. A. D.; DIEHL, C. A. Mensuração econômica da cadeia interna de valor do segmento madeireiro de pinus: um estudo de caso. *Gestão & Regionalidade*, São Caetano do Sul, v. 24, n.70, p. 44-58, maio/ago. 2008.

BORGES, G. M.; DOMINGUES, C. R. Estratégias de crescimento de cooperativas agrícolas e agropecuárias: estudo de casos comparados da região do Triângulo Mineiro/MG e dos Campos Gerais/PR. *Organizações Rurais & Agroindustriais*, Lavras, v. 19, n. 1, p. 8-22, 2017.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Indústria e Comércio. *Importação e Exportação. Exportação*. 2017. Disponível em: www.agricultura.gov.br. Acesso em: 06 out. 2017.

BRESSAN, V. G. F. *et al.* Análise dos determinantes do endividamento das empresas de capital aberto do agronegócio brasileiro. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, Piracicaba, v. 47, n. 1, p. 89-122, jan./mar. 2009.

BRUNOZI JÚNIOR, A. C. *et al.* Eficiência produtiva e análise econômica e financeira de usinas de cana-de-açúcar do Estado de São Paulo. *Revista Ambiente Contábil*, Natal, v. 4, n. 2, p. 74-92, jul./dez. 2012.

CALLADO, A. A. C.; CALLADO, A. L. C. Gestão de custos rurais: comparando práticas entre distintos polos de produção agroindustriais de Estado do Pernambuco. *Contextus*, Fortaleza, v. 7, n. 2, p. 65-74, jul./dez. 2009.

CAMPOGARA, A. *et al.* O atual contexto da produção de trigo no Rio Grande do Sul. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, Santa Maria, v. 19 n. 2, p. 246-257, maio/ago. 2015.

CANZIANI, J. R.; GUIMARÃES, V. A. O trigo no Brasil e no mundo: cadeia de produção, transformação e comercialização. In: CUNHA, G. R. (Org.). *Oficina sobre trigo no Brasil: bases para a construção de uma nova triticultura*. Passo Fundo: Embrapa Trigo, ago. 2009. p. 29-72.

CARLUCCI, F. V. *Aplicação da Análise Envoltória de Dados (DEA) para avaliação do impacto das variáveis tamanho e localização na eficiência operacional de usinas de cana-de-açúcar na produção de açúcar e etanol no Brasil*. 2012. 103 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2012.

CEPEA. *Índices exportação do agronegócio em 2017*. Piracicaba: USP, SP, 2017. Disponível em: www.cepea.esalq.usp.br. Acesso em: 12 mar. 2018.

CHARNES, A.; COOPER, W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making unit. *European Journal of Operational Research*, v. 2, n.3, p. 429-444, 1978.

COMIM, L.C. *et al.* Competências gerenciais: uma perspectiva dos gestores das empresas do agronegócio. *Perspectivas em Gestão & Conhecimento*, João Pessoa, v. 7, n. 1, p. 228-243, jan./jun. 2017.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Brasil). *A cultura do trigo*. Brasília, DF, 2017a. Disponível em: https://www.conab.gov.br/uploads/arquivos/17_04_25_11_40_00_a_cultura_do_trigo_versao_digital_final.pdf. Acesso em: 07 out. 2017.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Brasil). *A cultura do trigo: análise dos custos de produção e da rentabilidade nos anos-safra 2009 a 2017*. Brasília, DF, v. 15, 2018c. Disponível em: https://www.conab.gov.br/...de.../20148_ba43e23421f262fc476c89bda17a0f97. Acesso em: 20 nov. 2018.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Brasil). *Acompanhamento da safra brasileira de grãos*. Brasília, DF, v.4, n. 12, 2017b. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/1317_3b92fdb4c81421e032d3de69c6243135. Acesso em: 04 out. 2017.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Brasil). *Indicadores da agropecuária*. Brasília, DF, 2018b. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/precos/revista-indicadores-da-agropecuaria/item/download/13731_9435ef5a6007001e14c6344aec58823e. Acesso em: 18 mar. 2018.

COOPER, W. W.; SEIFORD, L. M.; TONE, K. *Data envelopment analysis: a comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver software*. New York: Springer Science, 2007.

COSTA, T. B.; TAVARES, M. Análise envoltória de dados (DEA) para avaliação de eficiência produtiva em relação aos custos do milho safra. *CONTABILOMETRIA – Brazilian Journal of Quantitative Methods Applied to Accounting*, Monte Carmelo, v. 1, n.1, p. 15-25, 1º sem./2014.

CUNHA, M. C. F. *et al.* Análise do processo de gestão de custos dos agentes que compõem a cadeia produtiva da cultura do sisal no estado da Paraíba. *Custos e @gronegocio*, Recife, v. 7, n. 3, p. 61-92, 2011.

DHUNGANA, B. R., NUTHALL, P. L. NARTEA, G. V. Measuring the economic inefficiency of Nepalese rice farms using data envelopment analysis. *The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, v. 48, n. 2, p. 347-369, 2004.

DONEGA, A. *Eficiências técnicas das principais commodities agrícolas paranaenses no período de 1998 a 2015*. 2016. 68 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2016.

DUARTE, S. L. *et al.* Variáveis dos custos de produção de soja e sua relação com a receita bruta. *Custos e @gronegocio*, Recife, v.7, n. 1, jan./abr. 2011.

DYSON, R. G. *et al.* Pitfalls and protocols in DEA. *European Journal of Operational Research*, Amsterdam, v. 132, n. 2, p. 245-259, 2001.

ELHAMI, B.; AKRAM, A.; KHANALI, M. Optimization of energy consumption and environmental impacts of chickpea production using data envelopment analysis (DEA) and multi objective genetic algorithm (MOGA) approaches. *Information Processing In Agriculture*, v. 3, n. 3, p.190-205, set. 2016.

FARIAS, A. R. *et al.* Dinâmica espacial da cultura do trigo no Brasil no período de 1990 a 2014. *Embrapa Gestão Territorial*, Campinas, 2017. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1082781/1/20171211Documentos2.pdf>. Acesso em: 31 maio 2018.

FARRELL, M. J. The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*, London, v. 120, n. 3, p. 253-290, 1957.

FEHR, L. C. F. A. Análise das variáveis de custos do café arábica nas principais regiões produtoras do Brasil. *Reuna*, Belo Horizonte, v.17, n.2, p. 97-115, abr./jun. 2012.

FELIPE, I. J. S.; FRAILE, G. B. Perda máxima aceitável para investimento de risco em commodity brasileira. *Rege*, São Paulo, v. 24, p. 224-234, 2017.

FRANCESCHI, L. *et al.* Métodos para análise de adaptabilidade e estabilidade em cultivares de trigo no estado do Paraná. *Bragantia*, Campinas, v. 69, n. 4, p. 797-805, 2010.

GOMES, E. G. Uso de modelos DEA em agricultura: revisão da literatura. *Engevista*, Brasília, v. 10, n. 1, p. 27-51, jun. 2008.

GOMES, L. G.; MANGABEIRA, J. A. C.; MELLO, J. C. C. B. S. Análise de envoltória de dados para avaliação de eficiência e caracterização de tipologias em agricultura: um estudo de caso. *REER*, Rio de Janeiro, v. 43, n. 4, p. 607-631, out./dez. 2005.

HELFAND, S. M.; LEVINE, E. S. Farm size and the determinants of productive efficiency in the brazilian center-west. *Agricultural Economics*, Amsterdam, v. 31, p. 241-249, dec. 2004.

HOFER, E. *et al.* Gestão de custos aplicados ao agronegócio: culturas temporárias. *Contabilidade Vista & Revista*, Belo Horizonte, v. 17, n. 1, p. 29-46, p. 29-46, jan./mar. 2006.

KING, R. P. *et al.* Agribusiness economic and management. *American Journal of Agricultural Economics*, v. 2, n. 2, p. 554-570, 2010.

LIMA, A. L. R.; REIS, R. P.; ALVES, R. C. Fronteira de produção e eficiência econômica da cafeicultura mineira. *Organizações Rurais & Agroindustriais*, Lavras, v. 14, n. 2, p. 268-285, 2012.

LUZ, A. N. C. *A competitividade da agricultura brasileira: o Brasil é competitivo no comércio global de grão?* 2014.150 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

MAHER, M. *Contabilidade de custos: criando valor para a administração*. São Paulo: Alas, 2001.

MARDANI, M.; SALARPOUR, M. Measuring technical efficiency of potato production in Iran using robust data envelopment analysis. *Information Processing In Agriculture*, Beijing, v. 2, n. 1, p.6-14, maio 2015.

MARIANO, E. B. *Sistematização e comparação de técnicas, modelos e perspectivas não-paramétricas de análise de eficiência produtiva*. 2008. 301 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

MARION FILHO, P. J.; CORTE, V. F. D. As estratégias das indústrias de farinha de trigo e de massas alimentícias do Rio Grande do Sul. *Estratégia e Negócios*, Florianópolis, v. 3, n. 2, jul./dez. 2010.

MARTINS, E. *Contabilidade de custos*. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MELO, C. O. *Eficiência econômica da produção de cana-de-açúcar de produtores independentes do estado do Paraná*. 2010. 92 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

MEZA, L. A. *et al.* ISYDS – Integrated System for Decision Support (SIAD – sistema integrado de apoio a decisão): a software package for data envelopment analysis model. *Pesquisa Operacional*, Rio de Janeiro, v.25, n.3, p. 493-503, set./dez. 2005.

MOHAMMAD, I. J. *et al.* Analysis of technical and scale efficiency of smallholder farms of rice-wheat system in Punjab, Pakistan. *Journal of Agricultural Research*, Punjab, v. 49, n. 1, 2011.

MONTONERI, B. *et al.* Application of data envelopment analysis on the indicators contributing to learning and teaching performance. *Teaching and Teacher Education*, v. 28, p. 382-395, 2012.

MORI, C. D. *et al.* *Trigo: o produtor pergunta, a Embrapa responde*. EMBRAPA, 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/trigo/cultivos/trigo>. Acesso em: 12 mar. 2018.

MUAZU, A. *et al.* Yield prediction modeling using data envelopment analysis methodology for direct seeding, wetland paddy cultivation. *Agriculture And Agricultural Science Procedia*, v. 2, p.181-190, 2014.

NOVA, S. P. C. C.; SANTOS, A. Aplicação da análise por envoltória de dados utilizando variáveis contábeis. *Revista de Contabilidade e Organizações*, São Paulo, v. 3 n. 2, p. 132 - 154 mai./ago. 2008.

OLIVEIRA, A. *Avaliação de desempenho de um sistema de manufatura de costura transversal através da análise envoltória de dados*. 2012. 81 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012.

PACHIEL, M. G. *Eficiência produtiva de usinas de cana-de-açúcar do estado de São Paulo*. 2009. 67 f. (Dissertação) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

PEREIRA, N. A. *Avaliação da eficiência das principais regiões produtoras de cana-de-açúcar por meio da análise envoltória de dados (Dea)*. 2014. 81 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014.

RAHELI, H. *et al.* A two-stage DEA model to evaluate sustainability and energy efficiency of tomato production. *Information Processing In Agriculture*, v. 4, n. 4, p.342-350, dez. 2017.

RAINERI, C.; ROJAS, O. A. O.; GAMEIRO, A. H. Custos de produção na agropecuária: da teoria econômica à aplicação no campo. *Empreendedorismo, Gestão e Negócios*, Pirassununga, v. 4, n. 4, p. 194-211, jan./abr. 2015.

RAUPP, S. W. *et al.* O processo de implementação da gestão estratégica de custos em uma empresa estatal de energia elétrica. *Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios*, Florianópolis, v. 5, n. 1, p.137-166, jan./abr. 2012.

ROSSI, R. M.; NEVES, M. F. *Estratégias para o trigo no Brasil*. Pensa/Uniemp, São Paulo: Atlas, 2004.

SALGADO JÚNIOR, A. P.; BONACIM, C. A. G.; PACAGNELLA JÚNIOR, A. C. Aplicação da análise envoltória de dados (DEA) para avaliação de eficiência de usinas de açúcar e álcool da região nordeste do estado de São Paulo. *Organizações Rurais & Agroindustriais*, Lavras, v. 11, n. 3, p. 494-513, 2009.

SANTOS, A. B.; SPROESSER, R. L.; MARTINS, R. S. Caracterização e avaliação da eficiência dos terminais intermodais do corredor logístico de grãos centro-leste. *Revista ADM.MADE*, Rio de Janeiro, v. 17, n. 1, p. 1-23. jan./abr. 2013.

SANTOS, I. O. *Avaliação da eficiência na produção de arroz no Brasil: uma aplicação da análise envoltória de dados*. 2017. 111 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.

SANTOS, J. S. *et al.* Natural occurrence of deoxynivalenol in wheat from Paraná state, Brazil and estimated daily intake by wheat products. *Food Chemistry*, v. 138, p. 90-95, 2013.

SANTOS, R. P. *Análise de custos dos concorrentes: um estudo exploratório entre teoria e prática*. 2010. 228 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

SHANK, J. K.; GOVINDARAJAN, V. *A revolução dos custos*. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

SILVA NETO, W. A.; ARRUDA, P. N.; BASTOS, A. C. O déficit na capacidade estática de armazenagem de grãos no estado de Goiás. *Gestão e Regionalidade*, São Caetano do Sul, v. 32, n. 96, p. 151-169, set./ dez. 2016.

SOUZA, M. A.; HEINEN, A. C. Práticas de gestão estratégica de custos: uma análise de estudos empíricos internacionais. *Contabilidade, Gestão e Governança*, Brasília, v. 15, n. 2, 2012.

SOUZA, M. W.; MACEDO, M. A. S. Análise da eficiência utilizando a metodologia DEA em organização militar de saúde: o caso da odontoclínica central do exército. *Sociedade, Contabilidade e Gestão*, Rio de Janeiro, v. 3, n. 2, jul/dez 2008.

SOUZA, P. C.; SCATENA, J. H. G.; KEHRIG, R. T. Eficiência hospitalar no sus: análise de 10 hospitais do mix público-privado do estado do mato grosso. *Cadernos Gestão Pública e Cidadania*, São Paulo, v. 22, n. 72, 326-345, maio/ago. 2017.

SOUZA, R. O. D.; TEIXEIRA, S. M. Produtividade total de fatores na agricultura goiana: uma análise para as culturas de cana-de-açúcar, milho e soja. *Revista de Economia e Agronegócio*, Viçosa, v. 11, n. 2, p. 211-234, 2013.

STEFFANELLO, M.; MACEDO, M. A. S.; ALYRIO, R. D. Eficiência produtiva de unidades agropecuárias: uma aplicação do método não-paramétrico análise envoltória de dados (DEA). *Organizações Rurais & Agroindustriais*, Lavras, v. 11, n. 1, 2009.

SZNITOWSKI, A. M. Fontes de conhecimento/tecnologia para o agronegócio da soja em Mato Grosso. *Revista Unemat de Contabilidade*, Tangará da Serra, v. 6, n. 11, p. 236-259, 2017.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, PRODUCTION, SUPPLY AND DISTRIBUTION. *Foreign Agricultural Service*. 2018. Disponível em: <https://www.fas.usda.gov/data>. Acesso em: 15 out. 2018.

VILELA, D. L.; NAGANO, S. M.; MERLO, E. F. Aplicação da análise envoltória de dados em cooperativas de crédito rural. *RAC*, Rio de Janeiro, 2ª Edição Especial, 2007.

XAVIER, L. V. *Assimetria de custos: um estudo aplicado às empresas da cadeia produtiva do agronegócio brasileiro*. 2018. 58 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.

ZHU, J. Multi-factor performance measure model with an application to Fortune 500 companies. *European Journal of Operational Research*, v. 123, n. 1, p. 105-124, 2000.