

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS  
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO  
NÍVEL MESTRADO**

**GEDIELSON OZÓRIO PINTO**

**TENSÕES INTERTEMPORAIS AMENIZADAS POR MEIO DE PRÁTICAS  
CONSERVACIONISTAS:  
Um estudo aplicado na produção da Soja**

**SÃO LEOPOLDO**

**2018**

GEDIELSON OZÓRIO PINTO

**TENSÕES INTERTEMPORAIS AMENIZADAS POR MEIO DE PRÁTICAS  
CONSERVACIONISTAS:  
Um estudo aplicado na produção da Soja**

Dissertação apresentada como requisito parcial  
para obtenção do título de Mestre em  
Administração de Empresas pelo programa de  
Pós-Graduação em Administração da  
Universidade do Vale do Rio dos Sinos –  
UNISINOS

Orientador: Prof. Dr. Iuri Gavronski

São Leopoldo

2018

P659t

Pinto, Gedielson Ozório

Tensões intertemporais amenizadas por meio de práticas conservacionistas : um estudo aplicado na produção da soja / por Gedielson Ozório Pinto. – 2018.

163 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (Mestrado) — Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Administração, São Leopoldo, RS, 2018.

“Orientador: Dr. Iuri Gavronski”.

1. Eficiência técnica. 2. Produção de soja. 3. Tensões intertemporais.  
4. Práticas conservacionistas. I. Título.

CDU: 658.511:633

GEDIELSON OZÓRIO PINTO

**TENSÕES INTERTEMPORAIS AMENIZADAS POR MEIO DE PRÁTICAS  
CONSERVACIONISTAS:**

**Um estudo aplicado na produção da Soja**

Dissertação apresentada como requisito parcial  
para obtenção do título de Mestre em  
Administração de Empresas pelo programa de  
Pós-Graduação em Administração da  
Universidade do Vale do Rio dos Sinos –  
UNISINOS

Aprovado em \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2018.

BANCA EXAMINADORA

---

Angélica Massuquetti – UNISINOS

---

Tiago Wickstrom Alves – UNISINOS

---

Ivan Lapuente Garrido – UNISINOS

Dedico este trabalho aos meus pais, João e Célia, os quais  
considero exemplo de vida.

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, pois tenho plena certeza que tudo o que se faz possível em minha vida é através d'Ele.

Gostaria de demonstrar gratidão a minha família, em especial aos meus pais, por todo apoio e incentivo ao longo desta caminhada. Sem eles nada disso se tornaria possível. Espero, algum dia, de alguma maneira, poder retribuir tudo o que fazem por mim.

Ao meu orientador, professor Iuri Gavronski. Muito obrigado! Sua ajuda foi além das palavras e ideias contidas neste trabalho, sempre disposto a compartilhar seus aprendizados e suas experiências.

Aos amigos que fizeram possível a coleta de dados para este trabalho. Muito obrigado pela disposição e vontade de ajudar com que fui recebido. Vocês me acompanharam ao longo desta árdua tarefa e, sem dúvidas, foram essenciais para que os objetivos fossem alcançados!

Um agradecimento em especial à Ana Zilles por todo o seu auxílio desde o ingresso até a reta final desta caminhada. Obrigado, Ana!

À CAPES por todo o apoio.

Não poderia deixar de mencionar os amigos que fiz ao longo do mestrado, em especial aos colegas Matheus, Fernando e Fabiano. Valeu Gurizada!

Em suma, agradeço a todos aqueles que de alguma maneira contribuíram para que eu concluísse esta etapa.

“Confie no Senhor de todo o seu coração e não se apoie em seu próprio entendimento”.

Provérbios 3:5

## RESUMO

Um dos principais desafios de produtores de soja é a conciliação entre bons desempenhos econômicos de curto prazo com bons desempenhos ambientais e econômicos a longo prazo. Sendo assim, é imprescindível pensar na sustentabilidade das empresas agrícolas levando em conta o aspecto temporal. Neste sentido, verifica-se que a necessidade por apresentar bons resultados imediatos pode acabar induzindo o produtor rural a ignorar algumas práticas conservacionistas importantes no cultivo da soja que podem gerar resultados positivos tanto ambientais quanto econômicos ao longo do tempo. Sendo assim, este trabalho buscou realizar uma análise da relação entre as práticas conservacionistas utilizadas na produção da soja e as tensões intertemporais referentes à sustentabilidade inerentes à atividade agrícola. Para isto, foi estimado o nível de eficiência que uma amostra de 40 produtores de soja obtivera na safra de 2016/2017 através da análise envoltória de dados (DEA), bem como, foram identificadas algumas práticas gerenciais dos produtores *benchmark* e analisados os alvos e folgas dos produtores ineficientes. Através do teste Mann-Whitney, foi verificado o comportamento dos escores de eficiências obtidos para cada produtor de soja mediante a adoção de práticas conservacionistas. Foi possível observar que a eficiência técnica daqueles produtores que adotaram as práticas conservacionistas foi significativamente superior à aqueles que não adotaram estas práticas em seu processo de produção. Deste modo, os achados deste trabalho podem sinalizar que, através do uso destas práticas conservacionistas na produção da soja, é possível reduzir as tensões existentes entre decisões de curto e de longo prazo, visto que, além dos resultados econômicos e ambientais, existe a possibilidade de aumentar significativamente o nível de eficiência técnica na produção da soja, reduzindo insumos e minimizando impactos ambientais de longo prazo, maximizando, assim, os resultados econômicos de curto prazo.

**Palavras-chave:** Eficiência Técnica. Produção de Soja. Tensões Intertemporais. Práticas Conservacionistas.

## ABSTRACT

One of the main challenges for soy producers can be the reconciliation between good short-term economic performance with good long-term environmental and economic performance. Therefore, it is essential to think about the sustainability of agricultural companies considering the temporal aspect. In this way, it is verified that the necessity to present good immediate results can carry through inducing the rural producer to ignore some important conservation practices in the cultivation of the soybean, that can generate positive results both environmental and economic over time. Thus, this project searched to analyze the relationship between conservation practices used in soybean production and the intertemporal tensions related to sustainability inherent to agricultural activity. For this, it was estimated the level of efficiency that 40 soybean producers worked in the 2016/2017 harvest through the Data Envelopment Analysis (DEA). From the Mann-Whitney test, it was verified the behavior of the efficiency scores obtained for each soy producer through the adoption of conservation practices. It was possible to observe a significantly greater difference in the technical efficiency of those producers who adopted conservation practices than those who did not adopt these practices in their production process. Thus, the findings of this project may indicate that through the use of these conservation practices in the production of soybeans it is possible to reduce the tensions existing between short and long term decisions, given that, besides the economic and environmental results, there is a possibility to increase significantly the level of technical efficiency in soy production, reducing inputs and minimizing long-term environmental impacts, thus maximizing short-term economic results.

**Keywords:** Technical Efficiency. Soy Production. Intertemporal Tensions. Conservation Practices.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fronteira da produção e eficiência técnica.....	42
Figura 2 – Deslocamento da fronteira da eficiência.....	43
Figura 3 – Relação entre <i>inputs</i> , DMU e <i>outputs</i> .....	70
Figura 4 – Fronteira CRS para orientação <i>input</i> .....	73
Figura 5 – Fronteira CRS para orientação <i>output</i> .....	74
Figura 6 – Modelo CRS e VRS.....	78
Figura 7 – Estrutura geral do questionário.....	95
Figura 8 – Etapas do processo de análise dos resultados.....	97
Figura 9 – Estrutura da discussão dos resultados.....	126

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Comportamento da área destinada para a produção de grãos no Brasil.....	54
Gráfico 2 – Exportação da soja ao longo dos anos (em U\$ bilhões).....	58
Gráfico 3 – Evolução de área destinada ao cultivo das principais culturas presentes na mesa do brasileiro (em milhões de ha) .....	59
Gráfico 4 – Relação de “área própria total” vs “área própria com a soja” sem a DMU 30 na análise” .....	104
Gráfico 5 – Relação “área arrendada” vs “área destinada a cultura da soja” .....	104
Gráfico 6 – Relação “área total” vc “área total com a soja”, sem a DMU 30 na análise .....	105

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Conceito de produtividade.....	46
Quadro 2 – Conceito de eficiência .....	46
Quadro 3 – Tipos de <i>benchmarking</i> .....	47
Quadro 4 – Trabalhos que analisaram a cultura da soja sob uma perspectiva sustentável.....	49
Quadro 5 – Modelo DEA conceitual Quadro .....	50
Quadro 6 – Etapas para aplicação do método multicritério para seleção de variáveis em DEA .....	86
Quadro 7 – Perfil dos entrevistados na etapa de validação das variáveis do modelo DEA .....	88
Quadro 8 – Variáveis do modelo teórico que não sofreram alteração.....	88
Quadro 9 – Variáveis adequadas conforme validação de especialistas.....	89
Quadro 10 – Testes estatísticos realizados e seus parâmetros de aceitação .....	100
Quadro 11 – Relação entre “área total analisada” vs “área total com a soja” .....	105
Quadro 12 – Práticas gerenciais utilizadas pelas DMUs <i>benchmarks</i> .....	119
Quadro 13 – Hipóteses testadas através dos testes estatísticos .....	132

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Principais metodologias de cálculo de eficiência .....	44
Tabela 2 – Relação das exportações e importações do ano de 2017 (em US\$ milhões).....	53
Tabela 3 – Representatividade de exportação brasileira de alimentos de acordo com projeção para os anos de 2025/2026 .....	53
Tabela 4 – Produção mundial da soja.....	56
Tabela 5 – Principais estados brasileiros produtores da soja.....	57
Tabela 6 – Variáveis do modelo DEA após validação .....	91
Tabela 7 – Escolha do par inicial.....	92
Tabela 8 – Relação da produtividade média da amostra vs produtividade média de referência .....	108
Tabela 9– Estatística descritiva das variáveis empregadas no modelo .....	111
Tabela 10 – Eficiência dos produtores de soja analisados.....	112
Tabela 11 – Sumário estatístico da eficiência técnica (DEA-BCC) das DMUs ineficientes .	113
Tabela 12 – DMUs eficientes que realizam as práticas conservacionistas na sua produção..	114
Tabela 13 – Relação dos alvos das DMUs ineficientes.....	121
Tabela 14 – Testes de normalidade e homogeneidade dos dados. ....	123
Tabela 15 – Médias da eficiência das propriedades que trabalharam com o MIP e Rotação	124
Tabela 16 – Resultados do teste Mann-Whitney .....	125

## LISTA DE SIGLAS

BCC	Banker, Charles Cooper
CCR	Charnes, Cooper and Rhodes
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
CRS	<i>Constan Return to Scale</i> (Retorno Constante de Escala)
DEA	Análise Envoltória de Dados
DEAGRO	Departamento do Agronegócio
DMU	<i>Decision Making Unit</i> (Unidade de Tomada de Decisão)
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FIESP	Federação das Indústrias de São Paulo
GEE	Gases do Efeito Estufa
MAPA	Ministério da Agriculturas, Pecuária e Abastecimento
MIP	Manejo Integrado de Pragas
SPD	Sistema Plantio Direto
VRS	<i>Variable Return to Scale</i> (Retorno Variável de Escala)

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>17</b>
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA .....	20
1.2 OBJETIVOS .....	24
<b>1.2.1 Objetivo Geral .....</b>	<b>24</b>
<b>1.2.2 Objetivos Específicos .....</b>	<b>24</b>
1.3 JUSTIFICATIVA .....	24
<b>1.3.1 Justificativa da Escolha do DEA para Mensuração da Eficiência.....</b>	<b>26</b>
<b>1.3.2 Contribuições .....</b>	<b>28</b>
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	29
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>31</b>
2.1 ORIENTAÇÃO TEMPORAL E A SUSTENTABILIDADE.....	31
<b>2.1.1 Decisões de Curto Prazo .....</b>	<b>34</b>
<b>2.1.2 Decisões de Longo Prazo .....</b>	<b>37</b>
<b>2.1.3 Resiliência Organizacional .....</b>	<b>38</b>
<b>2.1.4 Tensões Intertemporais.....</b>	<b>40</b>
2.2 ANÁLISE DA EFICIÊNCIA .....	42
<b>2.2.1 Métodos de Cálculos da Eficiência.....</b>	<b>44</b>
<b>2.2.2 Conceito de Eficácia, Produtividade, Eficiência e Benchmarking.....</b>	<b>45</b>
2.3 MODELO TEÓRICO PROPOSTO .....	47
<b>3 AGRICULTURA E A SUSTENTABILIDADE .....</b>	<b>51</b>
3.1 AGRONEGÓCIO BRASILEIRO .....	52
3.2 COMPLEXO DA SOJA.....	55
<b>3.2.1 Práticas Conservacionistas na Produção da Soja.....</b>	<b>60</b>
3.2.1.1 Correção e Conservação dos Solos.....	62
3.2.1.2 Manejo Integrado de Pragas (MIP) .....	63
3.2.1.3 Sistema Plantio Direto (SPD).....	65
3.2.1.4 Sistema de Rotação de Culturas .....	66
<b>4 METODOLOGIA.....</b>	<b>68</b>
4.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	68
4.2 ANÁLISE ENVOLTÓRIA DOS DADOS E SEUS MODELOS BÁSICOS .....	69
<b>4.2.1 Modelo Retorno Constante de Escala (CCR – CRS) .....</b>	<b>71</b>
<b>4.2.2 Modelo Retorno Variável de Escala (BCC–VRS) .....</b>	<b>75</b>

<b>4.2.3 Alvos e Folgas</b> .....	<b>78</b>
<b>4.2.4 Limitações da Análise Envoltória de Dados</b> .....	<b>79</b>
4.3 MÉTODO DE TRABALHO .....	79
4.4 UNIDADES DE ANÁLISES (DMUS).....	81
4.5 DEFINIÇÃO DO MODELO ANALÍTICO .....	82
<b>4.5.1 Métodos de Seleção de Variáveis</b> .....	<b>83</b>
<b>4.5.2 Método Multicritério para Seleção de Variáveis</b> .....	<b>85</b>
<b>4.5.3 Validação do Modelo Teórico com Especialistas</b> .....	<b>87</b>
<b>4.5.4 Modelo DEA analítico</b> .....	<b>91</b>
4.6 COLETA DE DADOS .....	94
4.7 ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	97
<b>4.7.1 Análise Estatística – Mann Whitney</b> .....	<b>98</b>
4.7.1.1 Hipóteses Testadas .....	101
<b>5 RESULTADOS</b> .....	<b>102</b>
5.1 DESCRIÇÃO DA AMOSTRA .....	102
<b>5.1.1 Características Gerais Dos Produtores de Soja</b> .....	<b>102</b>
<b>5.1.2 Características das Empresas Agrícolas</b> .....	<b>103</b>
5.1.2.1 Intensidade do Uso da Terra para a Produção da Soja .....	103
5.1.2.2 Mão-de-obra .....	106
5.1.2.3 Características Gerais do Sistema de Produção.....	107
5.1.2.4 Descrição das Práticas Conservacionistas .....	108
5.2 RESULTADOS DO MODELO DEA .....	110
<b>5.2.1 Estatísticas Descritivas das Variáveis do Modelo</b> .....	<b>110</b>
<b>5.2.2 Análise da Eficiência</b> .....	<b>111</b>
5.2.2.1 Análise Global das Eficiências .....	112
<b>5.2.3 Avaliação dos Multiplicadores</b> .....	<b>115</b>
<b>5.2.3 Benchmarks</b> .....	<b>115</b>
5.2.3.1 Práticas Gerenciais da DMU 20 .....	116
5.2.3.2 Práticas Gerenciais da DMU 08 e DMU 11 .....	117
<b>5.2.4 Alvos e Folgas</b> .....	<b>120</b>
5.3 RESULTADOS ESTATÍSTICOS.....	123
<b>6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</b> .....	<b>126</b>
6.1 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DA MODELAGEM DEA .....	127
<b>6.1.1 Discussão Quanto à Eficiência Global</b> .....	<b>127</b>

<b>6.1.2 Discussão Quanto às <i>Benchmarks</i> .....</b>	<b>128</b>
<b>6.1.3 Discussão de Alvos e Folgas .....</b>	<b>130</b>
6.2 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS ESTATÍSTICOS .....	131
6.3 PRÁTICAS CONSERVACIONISTAS VS TENSÕES INTERTEMPORAIS .....	133
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>137</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>143</b>
<b>APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO .....</b>	<b>153</b>
<b>APÊNDICE B – TERMO DE CONCENTIMENTO.....</b>	<b>162</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Apesar dos avanços a fim de melhorar o bem-estar humano, alcançados ao longo do tempo por meio do desenvolvimento da tecnologia, da rápida urbanização e das inovações nos sistemas de produção de alimentos, ainda há muito o que fazer no sentido de erradicar a fome e a desnutrição mundial. Boa parte do progresso da humanidade se dá a um alto custo para o meio ambiente, e os impactos das mudanças climáticas já são sentidos em todo o mundo. Assim, um dos desafios dos processos produtivos é obter resultados capazes de produzir alimentos para atender à crescente demanda mundial de maneira sustentável. (FAO, 2016).

O tempo é central para as mudanças climáticas. Pesquisadores e especialistas argumentam que, apesar da distância temporal que os efeitos das mudanças climáticas são sentidos, podendo chegar a 50 anos de distância, por exemplo, existe uma necessidade urgente que empresas e sociedade tomem medidas no presente para evitar efeitos potencialmente devastadores a longo prazo. (IPCC, 2014).

Posto isto, destaca-se que estes longos atrasos com que são sentidos os efeitos das mudanças climáticas acabam prejudicando uma ação das organizações e sociedade. Logo, é clara a necessidade de que estas mudanças climáticas exigem uma visão multifacetada do tempo, fato que acaba se tornando um desafio para as empresas, dado que muitas vezes são instigadas a se concentrar em gerar resultados para um curto intervalo de tempo. (SLAWINSKI E BANSAL, 2012).

De acordo com o relatório da Comissão de Agricultura Sustentável e Mudança Climática, divulgado em 2012, mudanças significativas na agricultura e na maneira de produzir se fazem necessárias para que as futuras gerações tenham acesso a alimentos saudáveis. O setor da agricultura precisa reduzir significativamente o desperdício e a emissão dos gases do efeito estufa, pois é responsável por cerca de um terço das suas emissões globais, devido, principalmente, ao desmatamento a fim de cultivar a terra. Outros impactos ambientais importantes são identificados por Rodrigues (2004), como a poluição do ar, degradação dos solos através da erosão e a contaminação das águas.

Atualmente, o tempo que domina e rege a sociedade é o linear, ou seja, o tempo que foca no curto prazo. Apesar de esta maneira de pensar ter contribuído muito para um rápido desenvolvimento nos últimos anos, também é responsável por diferentes problemas ambientais, como, por exemplo, o esgotamento de recursos e mudanças climáticas e ambientais. Esta maneira de pensar incentiva um ritmo de vida mais acelerado com foco no presente, dando pouca atenção às consequências futuras. No entanto, à medida que os GEE

continuam a acumular na atmosfera a um ritmo acelerado, as questões climáticas tornam-se cada vez mais urgentes, logo, é preciso alterar a forma como valoramos e gerenciamos o tempo. (SLAWINSKI E BANSAL, 2012).

Neste sentido, de acordo com Gianluppi (2009), a expansão da agricultura, especialmente o cultivo da soja, trouxe diferentes benefícios econômicos e sociais nas diversas regiões onde a cultura foi desenvolvida ao redor do mundo. No entanto, ao longo dos anos, vêm se identificando problemas ambientais, como a destruição da vegetação nativa, para a abertura de áreas para a produção, a degradação do solo pelo seu uso intensivo e a contaminação da água e do solo pelo mal-uso dos agrotóxicos oriundos da produção da soja.

Deste modo, é necessário definir políticas que intensifiquem métodos de produções ambientalmente responsáveis. Para isto, é preciso conciliar bons desempenhos econômicos e ambientais. A fim de enfrentar estes desafios, torna-se evidente a necessidade de desenvolver ferramentas concretas para promover ações efetivas referentes à eficiência agrícola sustentável ao longo do tempo. (VAN PASSEL ET AL, 2007; HOANG E ALAUDDIN, 2012).

Os indicadores de sustentabilidade na agricultura podem ser classificados como “práticas”, e diferentes práticas são identificadas, como, por exemplo, o manejo integrado de pragas, testes de nutrientes, correção dos solos e práticas relacionadas ao manejo do solo, como sistema de plantio direto, a rotação de culturas. Denomina-se estas práticas como práticas conservacionistas e observa-se que são utilizadas em busca de uma produção da soja mais responsável. (DONG, MITCHELL E COLQUHOUN; 2015).

Laverty (2004) comenta que no processo de tomada de decisão das empresas é preciso levar em consideração os diferentes horizontes temporais, pois, é necessário equilibrar os objetivos de um curto prazo com o desenvolvimento de capacidades que lhes permitam alcançar um crescimento e uma vantagem competitiva ao longo do tempo.

Visto isso, é importante destacar que os produtores de soja dependem de uma estrutura econômica além do seu controle, o que leva a existir uma preocupação com a produtividade e os resultados a longo prazo de suas fazendas. No entanto, apesar desta preocupação de longo prazo, a capacidade de os produtores manter as suas atividades rurais ano após ano é baseada principalmente em um rendimento econômico imediato, ou seja, de curto prazo. (MCCANN ET AL 1997; HOANG E ALAUDDIN, 2012).

Neste sentido, destacam-se as práticas conservacionistas que, segundo diferentes trabalhos (MCCANN ET AL 1997; DONG, MITCHELL E COLQUHOUN; 2015), são

capazes de proporcionar um maior rendimento a curto prazo e, ao mesmo tempo, aumentar a produtividade a longo prazo com uma maior responsabilidade ambiental. Corroborando a este pensamento, Ortiz-de-Mandojana e Bansal (2016) afirmam que as práticas ambientais e sociais responsáveis, além de serem capazes de criar benefícios imediatos, especialmente reduzindo o uso de recursos, podem, ao mesmo tempo, melhorar a rentabilidade a curto prazo e ocasionar um aumento da resiliência das organizações e uma otimização de seus resultados a longo prazo.

No entanto, as empresas agrícolas possuem diferentes métodos para obter um maior lucro e melhorar seus rendimentos de curto prazo, como, por exemplo, fazendo uso de práticas de cultivo que apresentam um menor custo ou um menor envolvimento com a atividade. Muitas vezes, estas empresas optam por trocar estes bons resultados e uma saúde ambiental a longo prazo, proporcionada pelo uso de práticas conservacionistas, por recompensas de curto prazo, dado que a principal preocupação é manter a sua fazenda em uma boa saúde financeira e alcançar bons resultados econômicos ano a ano. (MCCANN ET AL 1997).

Mccann et al. (1997) sugerem que as fazendas de menor área cultivada e maior diversidade de culturas tendem a adotar práticas conservacionistas e sustentáveis com um maior sucesso. Além disso, os autores argumentam que as maiores fazendas estão concentradas em um retorno financeiro no curto prazo e menos dispostas a correr riscos. No entanto, pesquisas como a de Esseks et al (1990) argumentam que empresas agrícolas de grande porte possuem mais recursos e são, portanto, capazes de assumir os riscos econômicos inerentes a experimentar diferentes práticas agrícolas e métodos de produção.

Levando em consideração os desafios apresentados com relação à necessidade do incremento da produção de alimento previsto para os próximos anos, aliado a graves consequências ambientais causadas pela prática agrícola, principalmente com o avanço e adesão de sistemas monoculturas como é o cultivo da soja, é extremamente importante que os produtores sejam incentivados a adotar práticas conservacionistas em seus métodos de produção, realizando investimentos no presente em busca de acumular benefícios a um longo prazo. (ORTIZ-DE-MANDOJANA e BANSAL, 2016).

Por ser a cultura que tem se destacado e despertado interesse ao longo dos anos, dado que a área destinada para o plantio só tende a aumentar, e, além disso, gera importantes resultados financeiros sendo o produto agrícola de maior exportação do Brasil, torna-se cada vez mais importante praticar o plantio da soja de maneira responsável, preservando fontes de energias não renováveis e reduzindo a poluição do meio ambiente.

A partir desta discussão, verifica-se a necessidade em produtores de soja de ter a ciência da importância do tempo inerente às suas empresas agrícolas. Neste sentido, seria fundamental o agricultor passar a considerar os resultados possíveis ao longo dos anos no momento de decidir por trabalhar com práticas conservacionistas em prol principalmente de futuros benefícios, ou optar por métodos capazes de trazer um melhor retorno a curto prazo, ignorando o bem-estar e a uma melhor saúde ambiental.

Por conseguinte, este estudo busca por meio de uma análise empírica e com dados reais de diferentes produções de soja referentes à safra de 2016/2017, avaliar, com uma maior precisão se as práticas conservacionistas utilizadas na produção da soja são capazes de reduzir uma tensão intertemporal existente referente à sustentabilidade, ou seja, verificar se existem indícios de que estes escores de eficiência de produtores que adotaram práticas conservacionistas no seu sistema de produção diferem significativamente daqueles que optaram por não fazer uso dessas práticas.

Para isso, esta pesquisa procurou mensurar, a partir de dados primários, o nível de eficiência técnica de 40 produtores de soja Brasileiros e, para tal fim, foi utilizada a metodologia de Análise Envoltória de Dados (DEA), que tem o objetivo de mensurar a eficiência de unidades produtivas. A partir deste escore gerado, foi aplicado um teste de análise de variância a fim de verificar como se comportam as eficiências daqueles produtores que adotam em relação aqueles que não adotam estas práticas conservacionistas na sua produção.

## 1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

De acordo com o relatório da FAO (2016), para o ano de 2050, é prevista uma escassez de recursos naturais para a agricultura, a exploração excessiva e o uso insustentável que degrada o meio ambiente intensifica a competição pelos recursos naturais cada vez mais raros. Apesar de percebida uma eficiência na agricultura a nível global, a necessidade pelos recursos se intensificou principalmente pelo crescimento populacional, mudança nos padrões alimentares, desenvolvimento industrial, urbanização e as mudanças climáticas.

Pensando no futuro, alguns questionamentos são inevitáveis e, o principal deles é se a agricultura e os sistemas de produção existentes são capazes de satisfazer as necessidades básicas de uma população global que em meados dos anos 2050 pode chegar a 9 bilhões e ao final do século mais de 11 bilhões de pessoas. É preciso se preocupar e questionar se é possível alcançar os níveis de produção necessários mesmo com os já escassos recursos

naturais. A maneira de produção atual não é uma opção interessante e serão necessárias transformações nos sistemas agrícolas e de gestão dos recursos naturais para atender aos diversos desafios existentes e garantir um futuro seguro e saudável. (DONG, MITCHELL E COLQUHOUN, 2015; FAO, 2016).

Um dos principais desafios das políticas públicas é o desenvolvimento de uma agricultura sustentável, ou seja, definir políticas que intensifiquem métodos de produções ambientalmente responsáveis. Para isto, é preciso conciliar bons desempenhos econômicos e ambientais. Nesta perspectiva, para enfrentar os desafios relacionados à sustentabilidade, torna-se evidente a necessidade de desenvolver ferramentas concretas para promover ações efetivas referentes à eficiência agrícola, levando em consideração as práticas conservacionistas utilizadas na produção da soja. (VAN PASSEL ET. AL, 2007).

Entende-se que a eficiência do uso correto dos recursos naturais deverá ser melhorada globalmente para atender a demanda e reverter a degradação ambiental. Apesar de registrado um progresso nas últimas décadas, atualmente vêm se percebendo uma estagnação na produção da soja e os efeitos colaterais do uso intensivo de agrotóxicos e insumos químicos na produção validam as preocupações com o modelo de produção atual. (VAN PASSEL ET. AL, 2007).

Historicamente, a atividade agrícola enfrenta dificuldades associadas à alta volatilidade de preços dos produtos e rendimentos instáveis, insumos com constantes alta de preços devido à inflação e, como se não bastasse, existe uma dependência das condições climáticas para alcançar bons resultados. Além disso, os produtores precisam compreender e se adaptar às constantes mudanças, tanto com relação à maneira como se pratica a agricultura quanto às mudanças climáticas. Como produto de todos estes fatores, os produtores rurais encontram grandes dificuldades no processo de tomada de decisão referente à maneira de como conduzir a produção do alimento. (MCCANN ET AL 1997).

Com este aumento previsto na demanda por alimentos, a intensificação na produção agrícola será fundamental para enfrentar o desafio de alimentar a população mundial. Para tanto, será necessária a adoção de práticas conservacionistas no plantio da soja, como, por exemplo, o plantio direto e a rotação de culturas, bem como a adoção de novas tecnologias e uma melhor utilização da água no plantio. No entanto, além de gerenciar bem as suas relações com ambientes naturais e sociais, as empresas agrícolas devem atentar para que as buscas financeiras de curto prazo não comprometam a prosperidade de futuras gerações. (WCED, 1987; DONG, MITCHELL E COLQUHOUN, 2015).

Neste seguimento, Peterson (1991) discute em seu trabalho o quão difícil é para os agricultores tomar decisões referentes à relação entre práticas sustentáveis e um bom desempenho econômico. O autor comenta que muitos agricultores entrevistados no seu trabalho estão apegados à terra que cultivam, amam sua atividade, respeitam e compreendem as necessidades da natureza. No entanto, esses produtores sentem uma obrigação permanente de, em primeiro lugar, presar pelos resultados econômicas em suas propriedades. Sendo assim, Peterson (1991) conclui que os produtores frequentemente sacrificam a saúde do meio ambiente e a sua própria saúde em prol dos interesses da agricultura e dos ganhos monetários contínuos.

É importante destacar que estas práticas conservacionistas e ambientalmente responsáveis ajudam as empresas a mitigar as ameaças e aproveitar melhor as oportunidades, gerando, assim, uma maior resiliência. Entende-se por resiliência como a capacidade que as organizações têm de se antecipar, evitar e se ajustar às mudanças existentes no meio ambiente. Esta resiliência é latente, ou seja, depende das decisões que os gestores tomam ao longo do caminho e, muitas vezes, os benefícios podem se manifestar apenas a um longo prazo. Então, empresas resilientes devem estar dispostas a admitir perdas financeiras em um curto prazo com o objetivo de alcançar os benefícios destas decisões a um distante espaço de tempo. (ORTIZ-DE-MANDOJANA e BANSAL, 2016).

Como conclusão de seu trabalho, Mccann et al (1997) destacam a importância da economia no momento da tomada de decisões dos produtores rurais. Os autores afirmam que os agricultores geralmente se orgulham de seus produtos, no entanto, se frustram pela recompensa financeira recebida por seus esforços. Além disso, nota-se que empresas agrícolas de médio a grande porte são menos propensas a adotar em seus métodos de produção algumas práticas conservacionistas que possam proteger o meio ambiente, pois, ao realizar esta mudança, de práticas convencionais para práticas conservacionistas, os agricultores consideram que existem riscos econômicos de curto prazo inferidos. No entanto, sob condições de risco mínimo, estes produtores se mostraram dispostos a realizar esta transição. (MCCANN ET AL, 1997).

Neste sentido, Ortiz-de-Mandojana e Bansal (2016) comentam que empresas que adotam práticas ambientalmente responsáveis possuem uma menor volatilidade financeira, um maior crescimento em vendas e um maior índice de chances de sobrevivência durante um período de aproximadamente 15 anos. Além disso, acreditam que as práticas ambientais responsáveis também são capazes de criar benefícios a um curto prazo, especialmente

reduzindo o uso de recursos, o que pode ao mesmo tempo melhorar a rentabilidade a curto prazo e também aumentar a resiliência das organizações.

A sustentabilidade na produção agrícola é um fator crucial no momento de determinar a sobrevivência das empresas rurais. Não obstante, o principal incentivo para manter estas empresas em operação é o ganho monetário, e, para que este ganho seja alcançado, os agricultores precisam minimizar os seus custos e maximizar o seu lucro. Levando em consideração esta afirmação, em certos momentos são necessários determinados investimentos para começar a trabalhar de uma maneira ambientalmente responsável na agricultura, como investimentos em novas tecnologias tanto mecânicas, quanto físicas e biológicas, ou, além disso, é exigido do produtor uma maior dedicação na produção da soja, o que, conseqüentemente, demanda mais tempo envolvido na atividade. Logo, esta opção acaba por não ser economicamente atraente para o produtor a um curto espaço de tempo. (HOANG E ALAUDDIN, 2012).

Assim, a busca por um ganho monetário em um curto prazo, em certas circunstâncias, acaba por induzir o produtor rural a adotar práticas de produção prejudiciais ao meio ambiente, seja extraindo em demasia os recursos naturais ou através da poluição. Neste sentido, destaca-se que um ponto importante para assegurar a eficácia da implementação de sistemas agrícolas sustentáveis e impulsionar a sua promoção e adoção são os retornos econômicos. (FAO, 2017; VAN PASSEL ET. AL, 2007).

Por perceber a necessidade existente em aliar práticas sustentáveis com retornos financeiros atraentes para os agricultores, sob pretexto de que estes optem por práticas conservacionistas ao trabalhar com a agricultura, levando em consideração os possíveis benefícios tanto financeiros quanto ambientais e, além disso, destacando a importância da soja em um contexto brasileiro, tanto no combate à fome quanto na economia, este trabalho está fundamentado na seguinte questão de pesquisa: **As práticas conservacionistas utilizadas na produção da soja são capazes de reduzir as tensões intertemporais existentes referente à sustentabilidade?**

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

Visando responder à questão de pesquisa proposta, este trabalho tem como objetivo geral o de verificar se as práticas conservacionistas utilizadas na produção da soja são capazes de reduzir as tensões intertemporais existentes referente à sustentabilidade.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são os seguintes:

- a) Verificar o nível e eficiência técnica em que os produtores de soja analisados estão trabalhando;
- b) Identificar o perfil dos produtores referência;
- c) Avaliar o comportamento da eficiência técnica perante a adoção de práticas conservacionistas no sistema de produção da soja.

## 1.3 JUSTIFICATIVA

Questões de sustentabilidade, como as mudanças climáticas, saúde e pobreza, representam problemas de natureza intertemporal. As empresas precisam buscar maiores investimentos hoje em busca de benefícios não apenas próprios, mas também procurar trazer benefícios para a sociedade em geral no futuro. Estes desafios estão se tornando cada vez mais complexos devido às pressões existentes por retornos positivos e imediatos. Deste modo, é preciso um grande esforço por parte das empresas a fim de buscar reduzir as tensões existentes entre o curto e o longo prazo. Contudo, caso não consigam suprir esta necessidade, correm o risco de não estarem preparadas para o futuro, principalmente se concentrarem seus esforços apenas em busca da eficiência de curto prazo. (SLAWINSKI E BANSAL, 2015).

A busca por este equilíbrio entre as necessidades de curto e longo prazo ganha ainda mais evidência especialmente quando é trazido para a discussão que atualmente somos em torno de sete bilhões de pessoas no mundo e em crescimento exponencial. Logo, é de extrema importância para uma sobrevivência saudável, que exista um progresso principalmente relacionado aos sistemas de produção de alimento, sem destruir o sistema ambiental. (SHRIVASTAVA E KENNELLY, 2013).

Visto isto, é possível compreender que os humanos precisam consumir recursos suficientes para sobreviver no presente, mesmo que o consumo de determinados recursos seja capaz de comprometer a sobrevivência das futuras gerações, pois, como é de conhecimento, muitos recursos naturais são finitos ou raros de encontrar, e o seu consumo hoje deixa uma quantidade menor para futuras gerações. Desta forma, desrespeitar alguns limites do meio ambiente pode ter consequências potencialmente desastrosas para a sociedade e para a organização. Posto isto, existe uma necessidade urgente de compreender a tensão entre o desenvolvimento de curto e longo prazo. (DALY, 2005; WHITEMAN, 2013).

No entanto, esta tensão temporal ainda não recebeu devida atenção tanto nas organizações quanto na literatura, que, em vez disso, frequentemente trata a sustentabilidade como a capacidade das empresas de gerenciar seus objetivos econômicos, sociais e ambientais. A necessidade de equilibrar estes objetivos geralmente se resume em alcançar um equilíbrio financeiro, através das metas econômicas, e um equilíbrio perante a sociedade, através de metas sociais e ambientais, o que resultou em pesquisas que apenas investigam as tensões entre empresas e sociedade, deixando de lado a importância do tempo e, assim, desconsiderando as tensões existentes entre objetivos de curto e longo prazo. (SLAWINSKI E BANSAL, 2015).

Corroborando a este pensamento, Hoffman e Bazerman (2007) destacam que a literatura insiste em abordar a tensão entre empresas e sociedade em busca da superação dos desafios de sustentabilidade. Entretanto, apesar de alguns estudos reconhecerem que boa parte das empresas sub investem em causas ambientais pelo fato dos riscos e incertezas incorridas no futuro, poucos estudos levam em consideração a importância das tensões temporais no momento de tomar a decisão.

Apesar da escassez de pesquisas sobre as tensões intertemporais no contexto da sustentabilidade, a literatura já abordou sobre tensões organizacionais com diferentes lentes e diferentes literaturas. March (1991) discorre sobre a importância da tensão entre a exploração de novas possibilidades e velhas certezas para garantir uma sobrevivência a longo prazo e explica que uma exploração intertemporal a curto prazo pode acabar prejudicando um melhor aproveitamento de possíveis novas oportunidades. Andriopoulos e Lewis (2009) sugerem que a tensão intertemporal deve influenciar em decisões de alocações de recursos. Além disso, as pesquisas de Andriopoulos e Lewis (2009) e O'Reilly e Tushman (2008) tratam essa tensão como um paradoxo, pesquisando como as empresas podem gerenciar estas tensões com o objetivo de conquistar um sucesso organizacional a longo prazo.

Smith e Lewis (2011) apontam que cada fluxo de literatura propôs diferentes abordagens para tratar de tensões intertemporais que ocorrem quando as necessidades do presente potencialmente podem prejudicar as necessidades futuras.

No entanto, Slawinski e Bansal (2015) afirmam que ainda não está claro como as empresas podem amenizar estes conflitos temporais existentes inerentes à sustentabilidade e, neste sentido, enfatizam a necessidade de pesquisas em diferentes contextos a fim de constatar a relação dessas tensões intertemporais nas diferentes indústrias que possam validar os resultados encontrados na sua pesquisa.

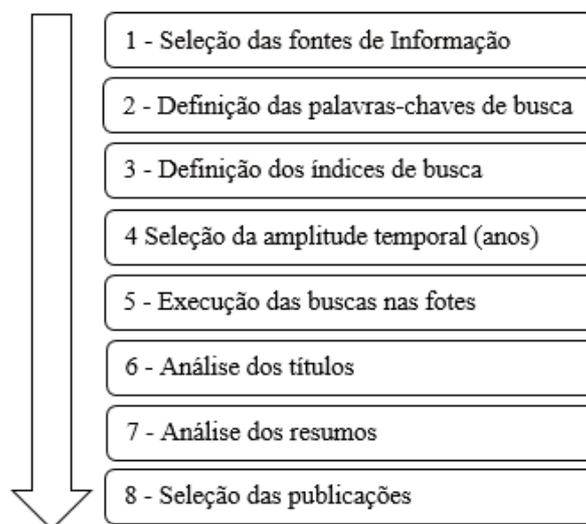
Destarte, este trabalho vai de encontro a esta necessidade observada na literatura e busca verificar se as práticas conservacionistas são capazes de reduzir as tensões intertemporais existentes na produção da soja. Para isto, será mensurada a eficiência dos produtores analisados através do método DEA e, após, será aplicado um teste estatístico de análise de variância.

### **1.3.1 Justificativa da Escolha do DEA para Mensuração da Eficiência.**

É importante deixar claro sobre a coerência da escolha do método DEA como ferramenta para mensurar a eficiência dos produtores analisados. Neste sentido, Liza, Gomes e Neto (2005) comentam sobre as principais vantagens da DEA em relação aos métodos convencionais de medir a eficiência, como a capacidade de determinar a eficiência de diferentes unidades produtivas considerando outros aspectos além do financeiro, não necessitando, assim, a conversão dos insumos e produtos utilizados em unidades monetárias e atualização para valores presentes. Os índices de eficiências obtidos são baseados em dados reais e consideram todos os resultados obtidos da avaliação, inclusive os *outliers* como possíveis *benchmarks* para as demais unidades tomadoras de decisão (DMUs). Ainda, sua principal vantagem com relação às abordagens paramétricas convencionais é a capacidade de aperfeiçoar as observações individuais realizadas, determinando uma fronteira referente ao conjunto de DMUs.

Desta forma, foi realizada uma busca por trabalhos de acordo com os procedimentos de revisão sistemática da literatura propostos por Morandi e Camargo (2015) e representados no Esquema 1, com o objetivo de verificar a ocorrência de estudos que apresentem uma abordagem semelhante a que será utilizada neste trabalho para a verificação da eficiência dos produtores de soja, utilizando a metodologia DEA.

Esquema 1 – Procedimentos de revisão sistemática de literatura



Fonte: Adaptado de Morandi e Camargo (2015).

Esta busca foi realizada nas bases de dados Ebsco Host e Portal Capes seguindo uma combinação das seguintes palavras-chaves: Análise Envoltória de Dados, Agricultura, Agronegócio, Produtores Rurais, Sustentabilidade, Práticas Sustentáveis, Produtividade, Eficiência, Soja e Economia Ambiental. Com relação aos índices de busca, o conector utilizado para os termos buscados foi “AND” a fim de resultar trabalhos que continham os termos simultaneamente. Outrossim, o recurso “entre aspas” foi utilizado. Ao realizar a pesquisa, não foram definidos limites temporais, buscando, assim, todos e qualquer trabalho publicado ao longo dos anos.

A partir dos resultados encontrados, nota-se que, dentre os métodos utilizados para mensurar a eficiência agrícola, o Data Envelopment Analysis (DEA) têm se destacado ao longo do tempo e diferentes autores vem utilizando em diversas culturas, como os trabalhos de Mirza (2015), Masuda (2016) e Nabavi and Pelesaraei (2016), que avaliaram a eficiência na produção do trigo levando em consideração insumos ambientais. Os autores Toma et al (2013) e Van Passel (2007) avaliaram a eficiência ambiental através do método DEA em fazendas de laticínios. Murthy et al (2009) estimaram a eficiência técnica na produção de tomate na Índia e procuraram identificar os fatores que determinam essa eficiência. O trabalho de De Koeijer (2002) procurou desenvolver um modelo conceitual sobre o comportamento da produção sustentável para a cultura da Beterraba Açucareira. Já Khoshroo et al (2013) analisaram o uso eficiente de energia na produção da uva. Trazendo outra abordagem para a utilização do DEA na agricultura, alguns autores não avaliaram a eficiência agrícola a nível fazenda, mas sim, compararam estados de um mesmo país como no caso de Barbosa (2013),

Gomes et al (2015) e Pang et al (2016), ou até mesmo foi comparada a eficiência agrícola sustentável de diferentes países, como Hoang and Alauddin (2012) e Chaloob (2014).

Diante do exposto, nota-se uma preocupação com o uso eficiente dos recursos naturais na atividade agrícola pela diversidade de trabalhos que trataram deste tema nas mais variadas culturas. No entanto, percebe-se, com certa estranheza, a falta de trabalhos que abordaram a eficiência agrícola, levando em consideração aspectos sustentáveis na cultura da soja, dada a importância desta oleaginosa, tanto para suprir a demanda alimentícia mundial quanto para a economia.

Neste sentido, os trabalhos encontrados que levaram em consideração as práticas conservacionistas e a eficiência na produção da soja utilizaram outras abordagens ao invés do DEA, como será realizado nesta pesquisa. Estes trabalhos serão apresentados mais adiante na sessão de definição do modelo teórico. (RICHARDS, 2010; AINSWORTH ET AL., 2012; DE FIGUEIREDO FERREIRA, NEUMANN E HOFFMANN 2014; KAMALI ET AL. 2014; SCHOUTEN AND BITZER 2015; RAUCCI ET AL. 2015; MOHAMMADI ET AL 2013).

### **1.3.2 Contribuições**

Levando em conta que a literatura ainda pode ser considerada como inexplorada quando se trata de trabalhos que investiguem as tensões intertemporais existentes sob uma ótica da sustentabilidade, entende-se que este estudo possui uma relevância acadêmica importante. Este trabalho pode servir para proporcionar avanços no conhecimento científico sobre o tema e contribuir com a discussão, no momento em que seus resultados oferecem *insights* de que as tensões intertemporais existentes na produção da soja podem ser reduzidas através do uso de práticas conservacionistas no seu sistema de produção.

Além disso, uma aplicação deste aparato teórico (que vem sendo discutido principalmente pela pesquisadora Pratima Bansal e seus colegas a partir de 2012), em um contexto diferente do que é encontrado nos poucos trabalhos existentes, também é um relevante ponto a considerar com relação à contribuição desta pesquisa, dado que é uma necessidade observada por diferentes trabalhos, como Slawinski e Bansal (2015) e Smith e Lwis (2011). Neste sentido, é importante ressaltar que esta pesquisa procurou explicar como os produtores de soja podem equilibrar as tensões existentes entre as decisões intertemporais, ou seja, optar por práticas capazes de apresentar benefícios futuros e, ao mesmo tempo, construir a possibilidade de mitigar os efeitos prejudiciais de decidir apenas por retornos a curto prazo.

Outro ponto que pode gerar uma contribuição para a teoria é o fato de que é proposto um estudo contemplando a técnica DEA para a medição da eficiência de cada uma das empresas agrícolas analisadas, e, após, foi efetuada uma análise sobre a relação entre o escore de eficiência destes produtores de soja (que podem representar uma opção de curto prazo), e as práticas conservacionistas utilizadas na produção (capazes de representar uma opção orientada a benefícios futuros).

Diante dos resultados da pesquisa nas bases de dados, também é possível perceber uma escassez de estudos empíricos que buscam investigar a relação entre as práticas conservacionistas e a eficiência na produção da soja utilizando a metodologia DEA, conforme esta pesquisa pretende abordar. Tal achado reforça a importância teórica do presente trabalho.

Da mesma maneira, o trabalho apresenta uma relevância importante sobre a ótica prática. Neste sentido, destaca-se principalmente os resultados encontrados com relação à aplicação da modelagem DEA, que, através da identificação de unidades produtivas *benchmarks* é possível verificar as práticas gerenciais utilizadas que podem auxiliar as empresas ineficientes a perseguirem melhores escores de eficiência. Também, em relação aos resultados dos alvos e folgas, de acordo com Gomes et al. (2005), esta análise destaca-se como uma das principais contribuições dos modelos DEA para a agricultura, que consiste em informar ao agricultor quais são as suas principais fontes de ineficiência e indica quais ações devem ser tomadas em busca da eficiência.

#### 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Nesta sessão, será apresentada a forma como este trabalho está estruturado a fim de facilitar o entendimento do tema abordado. O primeiro capítulo inicia através de uma contextualização do tema e são abordados alguns pontos sobre as tensões intertemporais referentes à sustentabilidade existentes na agricultura. Além disso, é apresentada a problemática que este trabalho está baseado, bem como é apresentada a justificativa e os objetivos do trabalho.

Já o capítulo 2 traz a base literária em que este trabalho está estruturado, abordando os assuntos referentes à relação entre a orientação temporal e a sustentabilidade, bem como as decisões de impactos de curto e longo prazo. Ademais, são abordados os principais conceitos relacionados à eficiência, eficácia, produtividade e *benchmark*, que são utilizados para uma melhor compreensão da ferramenta utilizada para mensuração da eficiência dos produtores de soja, o DEA.

O terceiro capítulo apresenta uma discussão entre a agricultura e a sustentabilidade, bem como faz uma contextualização do agronegócio brasileiro e a importância da produção da soja para o Brasil. Por fim, traz as práticas conservacionistas investigadas neste trabalho.

O capítulo 4 traz a metodologia de pesquisa utilizada, explicitando a arquitetura do estudo através do método de trabalho, e, também, traz os principais conceitos relacionados à ferramenta DEA, utilizada para mensuração da eficiência dos produtores de soja analisados neste trabalho. Além disso, explica como foi desenvolvido o modelo DEA analítico e como foram realizadas as análises, tanto dos resultados do DEA quanto dos resultados estatísticos.

O quinto capítulo apresenta os resultados da modelagem DEA, ou seja, traz as eficiências, os resultados dos multiplicadores e são identificados as DMUs *benchmarks*. Também são verificados os alvos e folgas das DMUs ineficientes. Por fim, são demonstrados os resultados da análise de variância realizada através do teste Mann-Whitney.

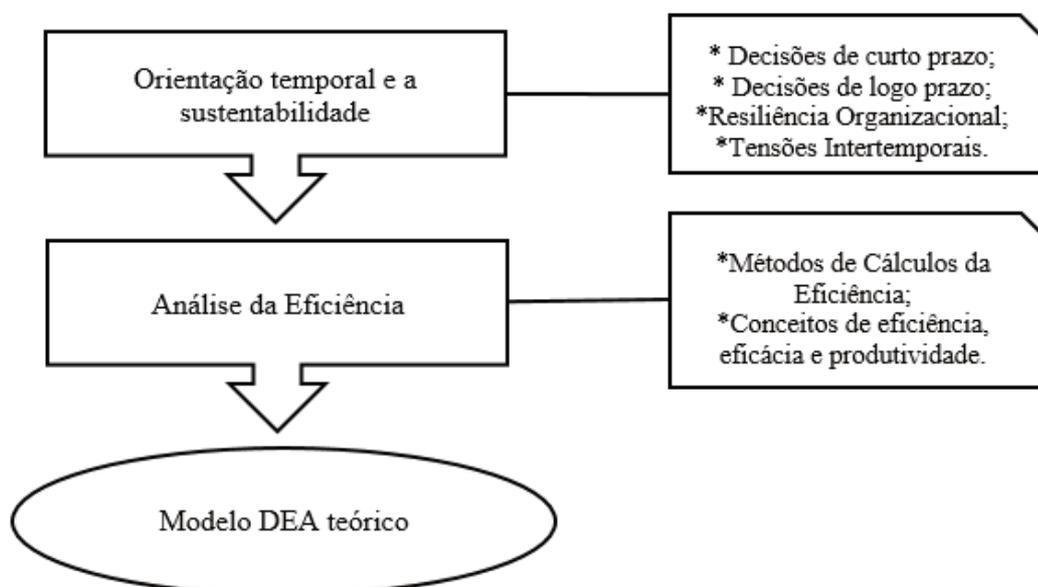
No capítulo 6, é feita uma discussão dos resultados encontrados no capítulo 5 e é abordada uma discussão entre as tensões intertemporais e as práticas conservacionistas utilizadas na produção da soja.

Por fim, no capítulo 7, estão dispostas as considerações finais referentes aos achados e às contribuições relevantes obtidas através deste trabalho.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta etapa, será demonstrada a teoria e os conceitos necessários para a realização deste trabalho. Inicialmente, é apresentado ao leitor a relação existente entre a orientação temporal das organizações e a sua relação com os conceitos de sustentabilidade. Em seguida, são apresentados os conceitos de eficiência, eficácia e produtividade, bem como são resgatados alguns métodos utilizados para a sua mensuração. Por fim, é apresentado o modelo teórico DEA utilizado neste trabalho com base na literatura. A divisão desta etapa do referencial teórico está centrada conforme o Esquema 2.

Esquema 2 – Etapas que constituem a elaboração do referencial teórico deste trabalho



Fonte: Elaborado pelo autor.

### 2.1 ORIENTAÇÃO TEMPORAL E A SUSTENTABILIDADE

Uma visão que tem sido amplamente negligenciada é a de que o tempo é de extrema importância no momento de adotar práticas de responsabilidades ambientais e sociais. Diferentes pesquisadores e gerentes tendem a se dedicar apenas nos aspectos sociais, ambientais e financeiros, ignorando a relação das suas decisões com o tempo, o que os leva a uma busca por resultados eficientes a um curto espaço de tempo, ao invés de se preocupar com a prosperidade e a sustentabilidade a longo prazo. (SLAWINSKI e BANSAL, 2009; ORTIZ-DE-MANDOJANA e BANSAL, 2016).

Pesquisas sobre a literatura ambiental, como Buysse e Verbeke (2003), vêm discutindo a ação do efeito do tempo no meio ambiente e classificam as empresas como reativas ou proativas. Tem-se como reativas aquelas empresas míopes que resistem em atuar em questões sociais e ambientais, apesar de potenciais efeitos negativos no meio ambiente quando não agem. Já as empresas proativas são aquelas que antecipam as possíveis necessidades futuras.

No entanto, de acordo com Slawinski e Bansal (2012), é necessário que as empresas e a sociedade encontrem um equilíbrio entre os resultados de curto prazo e as urgências de longo prazo, para, assim, se tornarem capaz de efetivamente responder as mudanças climáticas. Os autores consideram que empresas em que o tempo é visto como linear tendem a não conectar o passado, presente e futuro. Neste sentido, o passado é visto como sem importância e o futuro como algo muito distante.

Para Slawinski e Bansal (2012), com base nas suas respostas para as mudanças climáticas, as empresas podem ser classificadas em duas categorias relacionadas a diferentes perspectivas temporais: as empresas focalizadas e as empresas integradas.

Com relação à primeira categoria, as empresas focadas consideram as mudanças climáticas como um desafio recente e desconectado do passado, fato que acaba criando incertezas em seus ambientes organizacionais. Além disso, buscam inovar através de novas tecnologias ou práticas que permitam melhorar a eficiência e a competitividade em uma tentativa de reduzir seus gastos operacionais, por exemplo. Empresas focadas se concentram em operações internas, procurando soluções inovadoras e têm as mudanças climáticas como oportunidades de se tornar mais competitivas. Estas empresas possuem uma perspectiva de tempo linear, com foco no presente, procurando soluções imediatas, como o investimento de tecnologias mais eficientes e ecológicas, visando eliminar incertezas a longo prazo relacionadas a possíveis mudanças climáticas. (SLAWINSKI e BANSAL, 2012).

Já com relação à segunda categoria, as empresas integradas, destaca-se que estão relacionadas com aquelas empresas que investem em uma ampla gama de práticas a fim de mitigar as mudanças climáticas, e, além do mais, colaboram francamente para encontrar soluções ambientais e sociais que excedem o tempo do agora, pensando nos problemas vindouros. Estas empresas tendem a fazer uma maior conexão entre o passado, presente e futuro e consideram as mudanças climáticas como repetidas ao longo do tempo e as tratam como um problema a longo prazo, com um contexto histórico e consequências futuras. (SLAWINSKI e BANSAL, 2012).

Quanto ao planejamento destas empresas integradas, segundo Slawinski e Bansal (2012), é importante destacar que estas vão além de uma modelagem econômica e, muitas

vezes, trabalham com análises de cenários, explorando como o futuro pode se desenrolar. Uma análise de cenário permite explorar possíveis impactos das mudanças climáticas em suas empresas, indústria e sociedade e, igualmente, tomar decisões atuais com base em diferentes possíveis acontecimentos futuros. De acordo com Marcus (2016), por meio de diferentes possíveis resultados, os cenários incentivam o diálogo e a aprendizagem dentro das empresas e, assim, auxiliam a alcançar uma maior flexibilidade para responder a uma variedade de possíveis resultados, tornando o futuro menos assustador.

Realizando uma comparação, pode-se dizer que as empresas com uma perspectiva de tempo linear procuram mitigar riscos através de investimentos em inovações tecnológicas que aumentam a eficiência e reduzem a emissão de GEE, por exemplo. Deste jeito, tornam-se mais ágeis e são capazes de apresentar bons resultados a curto prazo através apenas de suas capacidades internas, sem depender de parceiros externos. Por outro lado, as empresas com uma perspectiva de tempo cíclico buscam trabalhar com uma base mais ampla de informações, procuram construir relacionamentos externos e aprender com o passado, para, assim, tentar mudar o futuro ao invés de simplesmente aceita-lo como dado. Por este ângulo, estas empresas criam a oportunidade de mudar o sistema com base em ações coordenadas e específicas através das decisões de cada gerente. (SLAWINSKI e BANSAL, 2012; ORTIZ-DE-MANDOJANA e BANSAL, 2016; FLAMER e BANSAL, 2017).

Apesar de incertezas associadas a um longo prazo, como as mudanças climáticas e de mercado, as empresas capazes de conectar o passado, presente e futuro demonstram uma maior disposição para realizar investimentos a longo prazo, ou seja, fazer conexões temporais pode atenuar algumas incertezas associadas a problemas de longo prazo. Neste sentido, as empresas integradas apresentam uma maior tolerância a incertezas aproveitam melhor as experiências anteriores e olham para o futuro a fim de obter informações sobre como tratar das mudanças climáticas com um período temporal mais longo do que empresas focadas. (SLAWINSKI E BANSAL, 2012; ORTIZ-DE-MANDOJANA e BANSAL, 2016).

Destaca-se que uma orientação de longo prazo é capaz de gerar efeitos positivos sobre o desempenho financeiro das organizações. No entanto, os desafios de curto prazo enfrentados pelas empresas, como a constante preocupação quanto a sua sobrevivência e manutenção da sua competitividade, fazem com que seus gestores tomem decisões que enfatizem o presente, negligenciando, assim, os desafios e oportunidades futuras. (WANG E BANSAL, 2012).

Segundo a Comissão Mundial do Meio Ambiente e Desenvolvimento de 1987, a sustentabilidade pode ser definida como um desenvolvimento que atende às necessidades

presentes sem comprometer a capacidade de as gerações futuras suprir as suas próprias necessidades.

À vista disso, Bansal e Desjardine (2014) destacam que é notório que as pessoas desejam viver bem como seus pais, bem como querem que seus filhos desfrutem de oportunidades semelhantes. Para estes autores, esta mesma maneira de pensar aplica-se nas empresas para que idealmente os lucros apresentem um crescimento contínuo. Com base nesta lógica, a sustentabilidade empresarial pode ser definida como a capacidade que as empresas têm de responder e suprir as suas necessidades financeiras de curto prazo, sem comprometer as suas necessidades futuras, sejam elas econômicas ou ambientais. Neste contexto, o tempo torna-se de extrema importância para uma discussão de sustentabilidade. (BANSAL E DESJARDINE, 2014).

A sustentabilidade exige compromissos especialmente ao longo do tempo e, de acordo com Laverty (1996), as empresas devem optar por investir menos e receber menores recompensas a um curto prazo, ou optar por um maior investimento na busca por lucros maiores a um longo prazo. Com base nesta afirmação, é possível inferir que o tempo é um fator fundamental para a sustentabilidade. Logo, deveria estar no centro da teoria organizacional a fim de melhorar os resultados das organizações e da sociedade a longo prazo. Sendo assim, empresas sustentáveis são aquelas capazes de gerenciar *trade-off* intertemporais nas suas tomadas de decisões estratégicas, considerando os retornos tanto a curto prazo quanto a longo prazo. (BANSAL E DESJARDINE, 2014).

As decisões com impactos e importâncias de curto e longo prazo serão mais bem discutidas nos próximos tópicos deste trabalho.

### **2.1.1 Decisões de Curto Prazo**

Conforme visto no tópico anterior, a sustentabilidade é a capacidade que a empresa possui de equilibrar as tensões existentes entre as decisões de curto e longo prazo e, para tal, é importante lembrar que um grande número de empresas se concentra em atender os objetivos de curto prazo, mesmo que isto dificulte o desenvolvimento projetos capazes de trazer melhores benefícios econômicos e ambientais a um longo prazo.

Sendo assim, possíveis desequilíbrios entre estes dois pontos podem ameaçar a sustentabilidade empresarial. Graham et al. (2005) realizaram um estudo com executivos e descobriram que quatro entre cinco deles sacrificaram a criação de valor a longo prazo em nome de um lucro imediato, ou a fim de atingir suas metas de curto prazo. Além disso,

segundo Bansal e Desjardine (2014), diferentes pesquisas mostram que os gerentes, mais do que nunca, estão descontando o futuro de modo que muitos investimentos capazes de criar valor a longo prazo estão sendo ignorados.

As decisões que se preocupam com um curto espaço de tempo e apresentam resultados aquém do que é possível através dos investimentos realizados, podem ser definidas como decisões de curto prazo. Nós, seres humanos particularmente, possuímos uma atração pela gratificação imediata e descontos temporários, ou seja, existe uma busca por recompensas no agora, negligenciando recompensas futuras por hora obscurecidas. (LAVERTY, 1996; BANSAL e DESJARDINE, 2014).

Neste seguimento, argumenta-se que o curto prazo pode levar a resultados inferiores ao que realmente poderia ser conquistado, tanto para empresas quanto para a sociedade, por diferentes motivos. Os investimentos gerados através de retornos de curto prazo podem ser incrementais e não transformacionais. Por exemplo, existe uma tendência das empresas em se dedicar na busca por uma maior eficiência operacional ou investimentos em novos mercados e produtos, sendo improvável que possam optar por investimentos em diferentes tecnologias ou métodos de produção capazes de as credenciar à frente da sua concorrência. (BANSAL e DESJARDINE, 2014; FLAMMER E BANSAL, 2017).

Por outro lado, com relação às empresas capazes de gerir bem as tensões existentes entre o curto e o longo prazo, existe uma maior probabilidade que invistam em pesquisa e desenvolvimento de novos produtos e em inovações relacionadas aos seus métodos produtivos. Estas empresas também tendem a capacitar melhor seus funcionários em busca de uma maior produtividade e buscam construir relacionamentos duradouros com a comunidade a fim de assegurar que os recursos sejam desenvolvidos de forma ambientalmente responsáveis. (SLAWINSKI e BANSAL, 2012; BANSAL e DESJARDINE, 2014).

Bansal e Desjardine (2014) também comentam que outro ponto a destacar é que decisões baseadas no curto prazo apresentam resultados mais voláteis. À medida em que os gerentes se tornam míopes, seus investimentos lhes retornam valores marginais, fazendo com que assumam maiores riscos a fim de potencializar resultados negativos inesperados. Estas empresas apresentam dificuldades para construir valor a longo prazo, dado que entram em um ciclo de bons e maus resultados, o que acaba incentivando ainda mais os gestores a assumir riscos ainda maiores para compensar perdas anteriores. Sendo assim, para os autores Bansal e Desjardine (2014), o curto prazo se apresenta potencialmente perigoso para as organizações, se mostrando capaz de contribuir e influenciar decisões equivocadas por parte dos gestores das empresas.

Estes investimentos com retornos de curto prazo podem ser atribuídos a diferentes fatores, como, por exemplo, um comportamento míope do indivíduo e as condições em que as organizações se encontram. Diferentes autores em psicologia e economia analisam a tomada de decisão inter-temporânea do indivíduo (Frederick, Loewenstein, e O'Donoghue, 2002; O'Donoghue e Rabin, 1999), e um dos pontos convergentes destas pesquisas é que os indivíduos tendem a preferir recompensas de curto prazo mesmo que as decisões de longo prazo apresentem recompensas substancialmente maiores. A busca por resultados de curto prazo é forçada por diferentes motivos, como preocupações de carreiras dos gerentes e pressões do mercado para atender ou exceder os resultados imediatamente.

Outrossim, Souder e Shaver (2010) argumentam que organizações que tomam decisões orientadas a resultados imediatistas podem estar enfrentando restrições de caixa, por exemplo, o que torna menos provável a opção dos gestores por investir em projetos de retornos a longo prazo.

Uma das maneiras de amenizar a orientação dos gestores a investir em recompensas de curto prazo é promover incentivos de longo prazo. Quando a única preocupação destes gestores é reportar bons resultados em um curto espaço de tempo devido a diferentes preocupações a ele impostas, essa maneira de pensar o instigará a ignorar os benefícios futuros que um determinado projeto poderá trazer para a empresa e o fará considerar apenas os custos imediatos incorridos no momento de tomar sua decisão. (FLAMMER e BANSAL, 2017).

Além disso, Flamer e Bansal (2017) afirmam que também é possível resolver este problema fornecendo benefícios intertemporais aos seus gerentes, ou seja, oferecendo compensações de longo prazo, alinhando a preferência destes gestores por projetos com retornos futuros, reduzindo esta tendência de descartar valiosos projetos a longo prazo, aumentando, assim, o valor da empresa.

Com base nesta discussão, Bansal e Desjardine (2014) afirmam que é importante refletir que, apesar da importância que a sustentabilidade vem ganhando ao longo dos anos, as decisões de curto prazo estão cada vez mais presentes nas organizações. No entanto, é importante destacar que apenas resultados de curto prazo podem se mostrar perigosos tanto para a economia quanto para o meio ambiente.

### 2.1.2 Decisões de Longo Prazo

Já foi demonstrado neste trabalho que a orientação temporal de cada empresa pode variar de um curto a longo prazo. Sendo assim, destaca-se que as decisões estratégicas com orientação a curto prazo visam enfatizar a eficiência e as decisões com orientação a longo prazo procuram enfatizar a eficácia. Observa-se que a eficiência a curto prazo e a eficácia a um longo prazo não se mostram excludentes, entretanto, são capazes de refletir diferentes prioridades estratégicas. (WANG e BANSAL, 2012; NARVER, SLATER e MACLACHAN, 2004).

Empresas com orientação a longo prazo geralmente se envolvem em atividades capazes de gerar retornos em um distante espaço temporal, detectando novas tendências e se antecipando a possíveis mudanças de mercado, e, assim, são capazes de reduzir os riscos e incertezas inerentes ao negócio. Estas empresas ampliam o seu campo de visão, o que permite o reconhecimento de um potencial investimento em práticas ambientalmente responsáveis, e, como resultado disto, são capazes de optar por novas tecnologias e métodos de produção, enfatizando benefícios ecológicos e financeiros de maneira contínua, mesmo que isto signifique um incremento nos custos a um curto prazo. (WANG e BANSAL, 2012).

Neste sentido, de acordo com Ortiz-de-Mentojana e Bansal (2016), empresas que adotam práticas ambientalmente responsáveis possuem uma menor volatilidade financeira, um maior crescimento em vendas e um maior índice de chances de sobrevivência durante um período de aproximadamente 15 anos. Além destas vantagens, Wang e Bansal (2012) comentam que empresas com orientação a longo prazo são capazes de obter uma maior quantidade de informações no momento da tomada de decisões, o que pode resultar em uma maior segurança quanto a investimentos relacionados a estas práticas de responsabilidades sociais e ambientais. Por fim, uma orientação a longo prazo faz com que as empresas operem além dos requisitos solicitados, fato que pode evitar futuros custos de conformidades que possam vir através de regulamentações mais estritas.

Também é possível inferir que uma orientação a longo prazo é capaz de ampliar o valor dos benefícios que podem ser encontrados na relação entre práticas ambientais responsáveis e o desempenho financeiro das empresas e, assim, estes benefícios incentivam o desenvolvimento de estratégias que não oferecem retornos muito atrativos a um curto prazo. (WANG E BANSAL, 2012; SLAWINSKI E BANSAL, 2012).

Curiosamente, um aumento no desempenho operacional de longo prazo reduz o desempenho a um curto espaço de tempo, e isto se explica pelo fato de que os projetos de

longo prazo em que os gerentes investem, muitas vezes, podem ser onerosos a um curto prazo. Assim, empresas propensas a tomar decisões de investimentos em prol de benefícios a um longo prazo aumentam seus investimentos em inovação e incentivam um melhor relacionamento entre diferentes partes interessadas. (FLAMER E BANSAL, 2017).

Devido a um mundo que se desvenda cada vez mais acelerado, as empresas enfrentam pressões cada vez maiores para apresentar rápidos retornos e muitos empreendimentos acabam sendo reticentes por investir em práticas capazes de gerar benefícios econômicos e ambientais de longo prazo. Logo, é necessário que a orientação a longo prazo seja valorizada através de incentivos a longo prazo, assim, as empresas são capazes de neutralizar a miopia gerencial existente e alinhar os interesses na criação de valor a um longo espaço de tempo. (WANG E BANSAL, 2012; FLAMER E BANSAL, 2017).

A disputa existente entre os interesses organizacionais e sociais poderá ser reduzida quando o tempo for incorporado nas decisões estratégicas a serem tomadas. Os interesses sociais são considerados no momento em que os impactos das decisões estratégicas forem avaliados a um longo prazo, buscando alinhar negócio e sociedade. A sustentabilidade pode contribuir neste conflito no momento em que as práticas responsáveis passam a ser vistas como parte de uma boa estratégia, capaz de gerar bons resultados, tanto econômicos quanto ambientais. (BANSAL E DESJARDINE, 2014).

### **2.1.3 Resiliência Organizacional**

Destaca-se que sustentabilidade exige uma medida mais ampla de desempenho das empresas, visto que é necessário acomodar o tempo nas informações para a tomada de decisão. Uma vez feito isto, será possível verificar não só a rentabilidade da empresa em um ponto específico do tempo, como também a sua sustentabilidade ao longo do tempo. (BANSAL E DESJARDINE, 2014). Neste sentido, alguns autores (BANSAL E DESJARDINE, 2014; ORTIZ-DE-MANDOJANA E BANSAL, 2016) destacam a abordagem da resiliência organizacional, que trata da capacidade dos sistemas de se antecipar, evitar e se adaptar às mudanças que possam ocorrer ao longo do tempo.

De acordo com Ortiz-de-Mandojana e Bansal (2016), a resiliência das organizações desenvolvida através de práticas ambientalmente responsáveis está relacionada a uma menor volatilidade financeira, dado que é possível perceber e corrigir tendências com uma maior facilidade e, ao antecipar futuras mudanças, quando elas ocorrem, estas empresas são menos propensas a sofrer. Outros benefícios importantes conquistados através destas práticas é um

maior crescimento e a conquista de maiores chances de sobrevivência a longo prazo, ou seja, estas práticas contribuem para uma saúde empresarial em um longo espaço de tempo, e não a curto prazo.

Quando comparadas, segundo Ortiz-de-Mandojana e Bansal (2016), as empresas que possuem uma forte relação com práticas ambientalmente responsáveis são capazes de apresentar uma maior estabilidade, pois podem antecipar melhor aos perigos e, quando preciso, evitar as ameaças que prejudiquem o seu desempenho financeiro.

As restrições dos recursos podem criar um *trade-off* entre lucros a curto prazo e resiliência a um longo prazo. Isto acontece, pois, determinados projetos, apesar de apresentar um custo mais elevado a um curto prazo, são capazes de criar resiliência às empresas a um longo prazo. Assim, estas práticas conservacionistas, muitas vezes, exigem maiores recursos iniciais do que as tradicionais maneiras de produzir, no entanto, a um longo prazo, estes custos operacionais tendem a reduzir significativamente. Investir em práticas ambientalmente responsáveis significa promover a flexibilidade e uma maior capacidade de resposta. (SLAWINSKI E BANSAL, 2012).

Além disso, a busca por uma maior resiliência pode inferir em investimentos que podem reduzir a rentabilidade a um curto espaço de tempo, como investir em segurança e treinamento de funcionários, investimentos a fim de alcançar bons padrões de qualidade nos produtos ou realizar modificações nos processos produtivos. Sendo assim, empresas que seguem esta abordagem de curto prazo muitas vezes renunciam investimentos em tais práticas, pois muitas delas exigem recursos que podem prejudicar retornos financeiros a um curto prazo. (GELB E STRAWSER, 2001).

É importante destacar que a maneira como o desempenho está definido atualmente pode afetar negativamente o crescimento e a sobrevivência das organizações a longo prazo. Por exemplo, costumeiramente, algumas empresas anunciam seus desempenhos financeiros trimestralmente e os preços das ações são reportados diariamente. Assim, o foco nestes indicadores financeiros de curto prazo pode acabar prejudicando a busca por uma maior resiliência organizacional. Neste sentido, verifica-se que os gestores, muitas vezes, são forçados a escolher investimentos com rápidos retornos, deixando, assim, de investir em práticas ambientalmente responsáveis que produziram benefícios ao longo do tempo.

É perceptível que a sustentabilidade desafia os tomadores de decisões estratégicas a gerenciar seus recursos através do tempo e, desta forma, é possível reconhecer que o futuro nem sempre é controlável. No entanto, os riscos e incertezas inerentes a este futuro passam a ser aceitáveis quando os sistemas são resilientes. (BANSAL E DESJARDINE, 2014).

### 2.1.4 Tensões Intertemporais

De acordo com Hahn et al. (2015), diferentes pesquisadores argumentam que a sustentabilidade está repleta de tensões e não pode ser abordada através de uma lente linear ou na busca por soluções de curto prazo. Porém, além disso, é necessária uma lente paradoxal que busque compreender como as tensões são geridas e, assim, adequar as organizações para trabalhar com as crescentes complexidades, gerenciando estas tensões existentes em torno da sustentabilidade.

As preocupações comerciais muitas vezes são de natureza de curto prazo, enquanto que as preocupações sociais costumam ter horizontes mais amplos de tempo, de maneira que as duas tensões, muitas vezes, são confundidas e as necessidades do negócio, muitas vezes, tendem a dominar as necessidades sociais. (SLAWINSKI E BANSAL, 2015).

De acordo com Slawinski e Bansal (2015), as empresas que optam por práticas com o objetivo de melhorar a sua eficiência, mas que, ao mesmo tempo, estão focadas principalmente nos benefícios de longo prazo, tendem a obter bons resultados imediatos através de uma ação de curto prazo, e, ao mesmo tempo, observar o impacto de suas decisões nas mudanças ambientais a longo prazo. Ao agirem desta maneira, estas empresas são capazes de evitar as tensões intertemporais, abordando os impactos ambientais como um problema que requer soluções eficientes a um curto prazo.

Buscar uma perspectiva justaposta das tensões intertemporais significa procurar soluções tanto de curto quanto de longo prazo para as mudanças econômicas e ambientais. Estas empresas tratam os problemas climáticos como um problema complexo a ser resolvido e que pode impactar tanto os seus resultados internos quanto para a sociedade de uma maneira em geral. Sendo assim, os gestores de empresas com este perfil costumam buscar soluções em conjunto, sendo que estas soluções podem surgir tanto de dentro quanto de fora das suas organizações. (SLAWINSKI E BANSAL, 2015).

Segundo Slawinski e Bansal (2015), três práticas em particular podem contribuir com a intenção de reduzir as tensões existentes entre as decisões de curto e longo prazo. A primeira delas refere-se ao planejamento quantitativo e qualitativo de longo alcance, o que incentiva diferentes perspectivas sobre os problemas encontrados. Uma análise de dados, baseada em diferentes perspectivas de tempo, como análises financeiras juntamente com análises qualitativas, é muito útil no momento que são ferramentas capazes de introduzir uma ampla gama de informações no processo de tomada de decisão dos gestores.

Conforme já comentado, ferramentas como análises de cenários, por exemplo, permitem às empresas a introduzir uma maior dimensão nos dados disponíveis, e, além disso, incentiva o diálogo com diferentes agentes internos das organizações a fim de aprofundar o entendimento e buscar soluções concretas para possíveis problemas ambientais futuros.

Em segundo lugar, destaca-se a necessidade de envolver diferentes partes interessadas na redução destas tensões, buscando, especialmente, a discussão de possíveis mudanças ambientais com agentes externos. Esta prática expõe a empresa a diferentes perspectivas, o que as impulsiona a aprender cada vez mais sobre os problemas inerentes à sustentabilidade. (BASU e PALAZZO, 2008). Muitas destas partes interessadas podem ser da própria comunidade ou grupos ativistas, por exemplo. Esta prática torna-se importante, pois, quando as empresas ouvem, são capazes de visualizar amplamente diferentes soluções referentes aos seus problemas enfrentados. (SLAWINSKI E BANSAL, 2015).

Por fim, o terceiro mecanismo capaz de incentivar a redução das tensões temporais é o incentivo às colaborações transversais entre indústrias, capazes de ampliar o campo de visão referentes a soluções de problemas ambientais comuns. Isto ocorre quando as empresas colaboram umas com as outras e, também, com universidades e o governo, com a intenção de não apenas resolver os desafios de curto prazo, mas, igualmente, buscar contribuir com soluções a longo prazo para os problemas enfrentados pela sociedade, principalmente referentes às mudanças ambientais. (SLAWINSKI E BANSAL, 2015).

Slawinski e Bansal (2015) destacam que empresas capazes de atenuar as tensões de curto e a longo prazo possuem uma visão diferenciada sobre os custos inerentes aos investimentos quando o objetivo é buscar melhores resultados no futuro, o que é capaz de expor um número maior de soluções disponíveis do que aquelas empresas que procuram polarizar o tempo. Empresas que buscam justapor o tempo também são capazes de formar conexões entre os interesses públicos e privados.

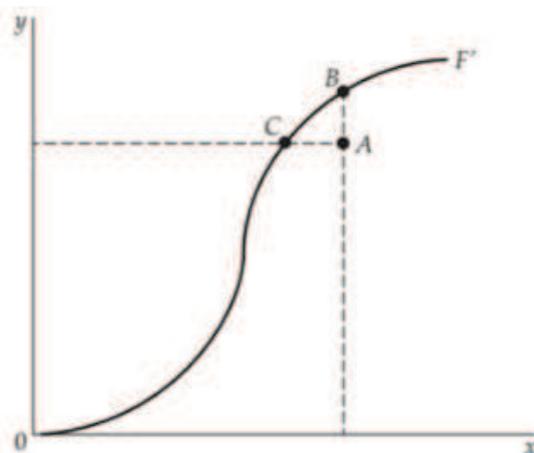
Neste sentido, lembra-se que diferentes soluções são necessárias para resolver os problemas futuros, porém, apesar da necessidade de uma alocação cada vez mais eficiente dos recursos, também são importantes outros instrumentos, como os de caráter político e econômicos, para que as empresas encarem as mudanças climáticas e ambientais como problemas complexos e busquem a colaboração para a solucioná-los. (SLAWINSKI E BANSAL, 2015).

## 2.2 ANÁLISE DA EFICIÊNCIA

Frequentemente, os termos produtividade e eficiência são abordados como sinônimos. No entanto, existem diferenças significativas em suas definições. Produtividade, de uma maneira geral, é a forma como os recursos são utilizados para realizar a produção, ou seja, refere-se ao volume de itens produzidos dada uma quantidade de insumos. Já a eficiência representa a forma como os recursos são aproveitados, ou seja, sugere uma comparação do que foi produzido com determinados insumos, com o que poderia ter sido produzido dada a mesma quantidade destes insumos. (COELLI ET AL, 2005; VON GILSA 2012; FERREIRA E GOMES, 2009; MELLO ET AL., 2001).

Em um processo de produção simples, ou seja, uma única entrada (X) utilizada para produzir uma única saída (Y), Coelli et al. (2005) buscaram ilustrar esta diferença entre eficiência e produtividade, representada pela Figura 1.

Figura 1 – Fronteira da produção e eficiência técnica



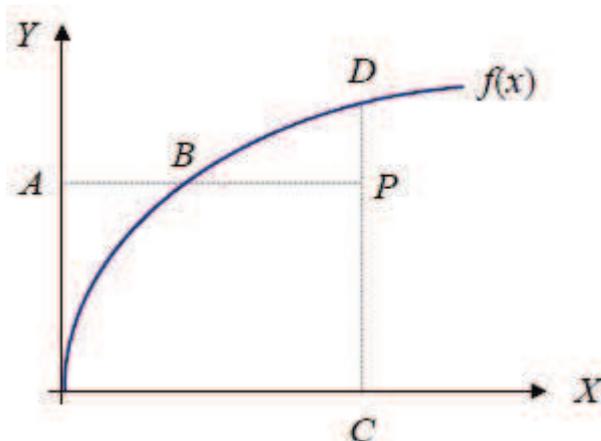
Fonte: Coelli et al. (2005).

A produção máxima que é possível atingir a partir da relação de determinadas entradas e saídas em um sistema de produção é representada pela curva  $F'$ , indicando a fronteira da eficiência. Logo, as empresas de um certo setor que operam nesta fronteira podem ser consideradas tecnicamente eficientes e as que operam abaixo são tecnicamente ineficientes. Dessa forma, com base na Figura 1, é possível verificar que as empresa C e B são eficientes, pois se encontram na reta  $OF'$ . Contudo, a empresa C é a mais produtiva, pois sua localização na curva indica máxima produtividade. Já a empresa A, por estar localizada abaixo da fronteira de eficiência, é considerada ineficiente e improdutiva, pois é possível

aumentar a produção ao mesmo nível da B sem aumentar as suas entradas. (COELLI ET AL, 2005; MELLO ET AL., 2001).

Além do já exposto, a partir do exemplo da Figura 1, também é possível concluir que uma empresa pode ser considerada tecnicamente eficiente e, mesmo assim, ser possível de melhorar a sua produtividade, chegando ao ponto máximo de produtividade possível na fronteira da eficiência, como nos casos das empresas B e C. Neste sentido, existem duas formas básicas de uma empresa ineficiente se tornar eficiente, sendo que a primeira é reduzir as entradas e manter constante as suas saídas (orientação a *inputs*), e a segunda é o inverso, ou seja, manter constante as entradas e aumentar o número de saídas (orientação a *outputs*). Estas duas formas são representadas pela Figura 2.

Figura 2 – Deslocamento da fronteira da eficiência



Fonte: Mello et al. (2005).

Obter informações sobre a eficiência de uma empresa é de extrema importância tanto para os administradores como para responsáveis pela definição de políticas econômicas, pois, saber o quanto ainda uma empresa pode avançar em termos de produção, sem aumentar os seus custos, é uma informação valiosa no momento de tomada de decisões. Como exemplo, ainda analisando a Figura 2, para tornar-se eficiente com orientação a *inputs*, ou seja, reduzindo os custos (entradas) e mantendo constante as suas saídas, a empresa ineficiente P precisa se deslocar até o ponto B. Todavia, para se tornar eficiente com orientação a *output*, ou seja, aumentando o número das suas saídas e mantendo os seus custos (entradas), a empresa ineficiente P precisa se deslocar até o ponto D. (COELLI ET AL, 2005; MELLO ET AL., 2001; FERREIRA E GOMES, 2009).

A eficiência pode ser calculada de maneiras distintas, sendo a eficiência absoluta, onde a máxima produtividade é um valor idealizado, e a eficiência relativa, onde os parâmetros de produtividade máxima podem ser a produtividade de concorrentes mais eficientes. (ALMEIDA, 2007).

### 2.2.1 Métodos de Cálculos da Eficiência

Coelli et al. (2005) abordam formas distintas para o cálculo da eficiência e podem ser classificadas quanto à natureza dos dados e quanto ao método. Primeiramente, com relação à natureza dos dados, estes podem ser paramétricos, ou seja, tratam da mensuração dos dados que utilizam uma escala de intervalo e de razão sobre parâmetros da população da amostra que se pretende utilizar. Com relação à abordagem não paramétricos, estes são indiferentes à distribuição dos dados a serem analisados e são baseados empiricamente, ou seja, existe uma menor exigência com relação aos dados utilizados.

Com relação ao método, Coelli et al. (2005) mostram que podem ser classificados como de fronteira, onde a eficiência máxima atingida é quando uma das unidades analisadas apresenta um melhor desempenho em relação às demais unidades, bem como os métodos de não fronteira, que sugerem que a eficiência máxima é conhecida, e será atingida na unidade de análise em que os insumos não podem ser reduzidos sem a redução das suas saídas, por exemplo. De acordo com Ferreira and Gomes (2009), a diferença principal destes dois tipos de métodos é a maneira como são avaliados os pontos fora da fronteira da eficiência, dado que, com o método fronteira, estes pontos são tidos como ineficientes, e os métodos não fronteira vê estes pontos como possíveis ruídos estatísticos ou *outliers*. A Tabela 1 traz as principais metodologias de cálculo de eficiência.

Tabela 1 – Principais metodologias de cálculo de eficiência

(continua)

Técnica	Natureza	Método
Análise Envoltória de dados (DEA)	Não paramétrico	Fronteira
Processo de Análise Hierárquica (AHP)	Não paramétrico	Não Fronteira
Free Disposal Approach (FDH)	Não paramétrico	Fronteira
Índice de Laspeyers	Paramétrico	Não Fronteira
Índice de Paasche	Paramétrico	Não Fronteira
Índice de Fischer	Paramétrico	Não Fronteira
Índice de Malmquist	Paramétrico	Não Fronteira
Mínimos Quadrados Ordiniais (OLS)	Paramétrico	Não Fronteira
Mínimos Quadrados Ordiniais Corrigidos (COLS)	Paramétrico	Fronteira

(conclusão)

Técnica	Natureza	Método
Análise de Fronteira Estocástica (SFA)	Paramétrico	Fronteira
Thick Frontier Approach (TFA)	Paramétrico	Fronteira
Distribution Free Approach (DFA)	Paramétrico	Fronteira

Fonte: adaptado de Von Gilsa (2012).

Das diferentes técnicas utilizadas para realizar o cálculo da eficiência, neste trabalho será utilizada a Análise Envoltória de Dados (DEA), pois esta destaca-se por ser uma técnica bastante operacional, visto que a relação entre diferentes entradas e saídas são transformados em um único índice de eficiência e existe a possibilidade de identificar tanto aumento de produção para as DMUs ineficientes como identificar possíveis reduções dos insumos utilizados na produção e, conseqüentemente, reduzir os custos. Ademais, as variáveis de entrada e saída do DEA não necessitam seguir um padrão de unidades de medidas iguais, suportando diferentes unidades de medidas em seus cálculos. (FERREIRA E GOMES, 2009).

### 2.2.2 Conceito de Eficácia, Produtividade, Eficiência e Benchmarking

Nesta seção, busca-se esclarecer estes conceitos a fim de garantir um melhor entendimento quando utilizados ao longo deste trabalho, pois são fundamentais para abordagens que envolvem a Análise Envoltória de Dados (DEA) e, muitas vezes, são erroneamente compreendidos. A eficácia relaciona-se com apenas o que foi produzido sem levar em consideração os recursos utilizados para esta produção, ou seja, a eficácia é a capacidade produtiva que uma empresa possui para atingir a produção estipulada como meta, não levando em conta quais recursos foram empregados e como foram utilizados. (FERREIRA E GOMES, 2009).

Se o conceito de eficácia está relacionado com a quantidade produzida, a produtividade volta-se para a razão do que foi produzido com a quantidade de recursos necessários para realizar esta produção. A forma como os recursos foram utilizados para uma produção está relacionada à produtividade, que pode ser expressa pela divisão da “produção” (*outputs*) pelos “insumos” (*inputs*), conforme demonstrado no Quadro 2 abaixo. (MELLO ET AL., 2001; FERREIRA E GOMES, 2009).

Quadro 1 – Conceito de produtividade

$\text{Produtividade} = \frac{\text{Produção}}{\text{Insumos}}$
---

Fonte: Ferreira e Gomes (2009).

Apesar de já ter trabalhado o conceito de eficiência na seção anterior (2.1), é importante ressaltar que a sua definição está relacionada com a comparação do que foi produzido a partir de uma determinada quantidade de insumos (*inputs*), com o máximo que poderia ser produzido com a mesma quantidade, conforme representado no Quadro 2. Assim, a eficiência de uma empresa ou atividade produtiva, quando se comparam duas ou mais organizações, está relacionada com a menor utilização possível de um recurso para a produção de um bem. Além disso, em termos gerais, o resultado da eficiência é expresso em percentuais, resultando em um quociente entre 0 e 1. (COELLI ET AL, 2005; MELLO ET AL., 2001; FERREIRA E GOMES, 2009).

Quadro 2 – Conceito de eficiência

Produção	Comparada com	Produção	Máxima Possível
Realizada		Insumos	
Insumos		Insumos	

Fonte: Ferreira e Gomes (2009).

Com relação ao Benchmarking, Spendolini (1994) comenta que a sua finalidade é realizar comparações entre produtos, serviços, processos e atividades, deste modo, é possível verificar se estão acima ou abaixo de um referencial estabelecido que apresenta a melhor maneira de realizar alguma atividade, buscando evidenciar formas de melhorar a organização. Em resumo, Benchmarking é uma medição a fim de descobrir as melhores práticas de uma organização, e existem 3 tipos: o interno, o externo e o genérico, conforme explicado no Quadro 3 a seguir.

Quadro 3 – Tipos de *benchmarking*

<b>Tipo</b>	<b>Aplicação</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Interno	Atividades que são similares em diferentes unidades, departamentos e localizações	É de fácil coleta de dados e apresenta resultados satisfatórios para as empresas	Foco limitado e existe a possibilidade de não identificar tendências Internas
Externo	Em concorrentes diretos	Informações que implicam no resultado da empresa e é possível comparar práticas com concorrentes	Dificuldade para a coleta de dados
Genérico	Organizações que trabalham no estado da arte em seus produtos	Potencial para descobrir práticas inovadoras e as informações acessadas são de extrema relevância	Dificuldade para transferir práticas em diferentes contextos

Fonte: Adaptado de Souza (2014) e Spendolini (1994).

### 2.3 MODELO TEÓRICO PROPOSTO

Para uma modelagem adequada da eficiência, utilizando a metodologia DEA, a definição das variáveis de entrada e de saída deve ser considerada como uma etapa chave. Neste sentido, Jain, Triantis e Liu (2011) propõe que o início da definição do modelo DEA seja através de uma lista inicial de variáveis disponíveis na literatura, com base em trabalhos que tenham procurado estudar um contexto semelhante ao que se está buscando. No entanto, é importante ressaltar que este modelo teórico, inicialmente idealizado, frequentemente passa por alterações em função da disponibilidade de dados e diferentes peculiaridades de cada organização. Apesar destas alterações, o modelo teórico é capaz de dar uma boa direção para a escolha dessas variáveis. (PIRAN, 2015).

A partir da busca realizada nas bases de dados a fim de encontrar trabalhos que avaliaram a eficiência na produção da soja e então formular um modelo teórico inicial, foi possível observar que o método DEA não foi utilizado com frequência como poderá ser observado ao decorrer da discussão.

Richards (2010) afirma em seu trabalho que a partir da “nova revolução verde” se iniciou aplicação de sementes geneticamente modificadas e o resultado foi uma nova geração de contradições. Enquanto que para o setor agroindustrial a produção é rentável, a sua sustentabilidade a longo prazo é questionável e bem duvidosa. Enquanto a agroindústria é

produtiva em termos de rendimentos por hectare, é incapaz de absorver a força de trabalho rural e prejudicial ao meio ambiente por utilizar uma maior quantidade de produtos químicos. Assim, o autor argumenta que a revolução verde não é uma solução para o problema da sustentabilidade agrícola ou à fome e à desnutrição, e analisa os problemas sociais, econômicos e ambientais criados a partir da produção da soja transgênica.

Já o trabalho dos autores Ainsworth et al. (2012) buscou melhorar a eficiência da soja por meio de procedimentos técnicos. Os autores analisaram a possibilidade de incremento na produção através da melhora na eficiência fotossintética, aumento da potencialidade de afundamento da semente e alocação de carbono e nitrogênio para desenvolver e promover uma maior sobrevivência das vagens. Neste sentido, também com procedimentos técnicos, Castanheira e Freire (2003), por meio de experimentos, buscaram uma avaliação de produtividade e sustentabilidade da soja produzida na América Latina e exportada para a União Europeia.

No trabalho de Schouten and Bitzer (2015), foi analisada a insatisfação dos produtores com os movimentos de produzir soja sustentável ao redor do mundo, o que faz com que novos movimentos como a “*soja plus*”, apresente soluções customizadas no contexto dos produtores brasileiros, dado que um dos principais motivos de descontentamento com os movimentos internacionais foi a falta de viabilidade econômica.

Raucci et al. (2015) analisaram a produção da soja e questões sustentáveis ao avaliar as principais fontes emissoras dos gases do efeito estufa no cultivo da soja sob a perspectiva do ciclo de vida. De Figueiredo Ferreira e Neumann (2014) fizeram uma relação entre a energia produzida e consumida durante o processo de produção da soja, arroz e trigo no estado do Rio Grande do Sul e, para determinar os resultados das eficiências energéticas, foram realizados balanços energéticos e o resultado econômico foi determinado pela teoria do valor agregado.

Kamali et al. (2014) analisaram a sustentabilidade na produção da soja em conjunto com a carne bovina, tendo em vista que a rápida expansão agropecuária levou ao aumento da demanda por produtos como a farinha de soja. O objetivo do trabalho foi identificar questões de sustentabilidade para a produção da soja e da carne bovina no contexto de relações comerciais entre países da América Latina e da União Europeia.

Dos autores que utilizaram o DEA para analisar a eficiência da cultura da soja, destaca-se apenas o trabalho de Mohammadi et al. (2013) que aplicou a metodologia DEA em conjunto com o ciclo de vida do produto para estabelecer uma ligação entre a eficiência operacional dos insumos e quantificar os impactos ambientais da produção da soja no norte do

Irã. Além disso, os autores realizaram um estudo de eficiência técnica para identificar as propriedades ineficientes e avaliar o consumo de insumos para reduzir a emissão dos Gases do Efeito Estufa. O Quadro 4 traz uma síntese dos trabalhos que analisaram a cultura da soja.

Quadro 4 – Trabalhos que analisaram a cultura da soja sob uma perspectiva sustentável

<b>Autores</b>	<b>Cultura analisada</b>	<b>Utilizaram o DEA?</b>	<b>Contexto</b>
Richards (2010)	Soja geneticamente modificada	Não	Trabalho fez críticas a "nova revolução verde" representada principalmente pela produção da soja transgênica e avaliou seus impactos econômicos, ambientais e sociais
Ainsworth et al. (2012)	Soja	Não	Buscou melhorar a eficiência da soja por meio de procedimentos técnicos de produção
De Figueiredo Ferreira e Neumann (2014)	Soja, arroz e trigo	Não	Para determinar os resultados das eficiências energéticas foram realizados balanços energéticos e o resultado econômico foi determinado pela teoria do valor agregado.
Kamali et al. (2014)	Soja e carne bovina	Não	Identificar questões de sustentabilidade para a produção da soja e da carne bovina no contexto de relações comerciais entre países da América Latina e da União Europeia.
Schouten e Bitzer (2015)	Soja	Não	Analisaram novos movimentos sustentáveis utilizados na produção de alimentos como a "soja plus", que demonstra a insatisfação de produtores locais com movimentos internacionais.
Raucci et al. (2015)	Soja	Não	Avaliaram as principais fontes emissoras de Gases do Efeito Estufa na produção da soja
Mohammadi et al. (2013)	Soja	Sim	Estudo realizado para verificar a eficiência técnica dos produtores e avaliar o consumo de insumos para reduzir os Gases do efeito estufa

Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir destes trabalhos encontrados que analisaram a eficiência na produção da soja nos mais diversos contextos, foi possível elencar uma lista de variáveis a serem submetidas à avaliação de especialistas, considerando o contexto regional e os objetivos que envolvem esta pesquisa. Estas variáveis que compõem o modelo teórico podem ser encontradas de acordo com o Quadro 5 a seguir.

Quadro 5 – Modelo DEA conceitual Quadro

<i>Inputs</i>	<b>Unidade</b>	<b>Fonte</b>
Trabalho Humano	h/homem	Nabavi-Peresarai et al (2016); Mohammadi et al. (2013) / Alvim e Stup (2014); Stuker (2003);
Maquinário	h/máquina	Nabavi-Peresarai et al (2016); Mohammadi et al. (2013) / Alvim e Stup (2014); Stuker (2003)
Combustível	L/R\$	Nabavi-Peresarai et al (2016); Mohammadi et al. (2013); Raucci et al (2015)
Fertilizantes Químicos	KG	Nabavi-Peresarai et al (2016); Mohammadi et al. (2013); Raucci et al (2015); Campos, Coelho e Gomes (2012).
a) Nitrogênio	KG	Nabavi-Peresarai et al (2016); Mohammadi et al. (2013); Raucci et al (2015)
b) Fosfato	KG	
c) Potássio	KG	
Adubo	KG	Nabavi-Peresarai et al (2016); Mohammadi et al. (2013)
Pesticidas:	KG	Nabavi-Peresarai et al (2016); Raucci et al. (2015); Campos, Coelho e Gomes (2012).
a) herbicidas	KG	Nabavi-Peresarai et al (2016); Raucci et al. (2015)
b) inseticidas	KG	
c) fungicida	KG	
Água para irrigação	Litros	Nabavi-Peresarai et al (2016); Mohammadi et al. (2013)
Sementes	KG	Nabavi-Peresarai et al (2016); Mohammadi et al. (2013); Raucci et al (2015)
Eletricidade	KWh	Mohammadi et al. (2013); Raucci et al. (2015); Campos, Coelho e Gomes (2012).
Entrada total de energia	--	Mohammadi et al. (2013); Campos, Coelho e Gomes (2012).
Energia Renovável	--	Mohammadi et al. (2013)
Energia Não-renovável	--	
Calcário	KG	Raucci et al. (2015)
Área utilizada para plantio da soja	Hectares	Costanheira e Freire (2013), Alvim e Stup (2014), Stuker (2003 - AGN 4); Campos, Coelho e Gomes (2012).
<b>Soja – Output</b>	Sacas	Mohammadi et al. (2013); Raucci et al (2015)

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos trabalhos analisados.

### 3 AGRICULTURA E A SUSTENTABILIDADE

As alterações climáticas que vêm acontecendo ao longo dos últimos anos são consequências principalmente da intensificação das atividades humanas no planeta. A degradação surge tanto a partir da redução dos recursos naturais, devido a sua utilização em exaustão, como através de contaminações, poluição e erosão. (FERREIRA, 2008).

A sustentabilidade ganha uma posição de destaque na agricultura, principalmente na dimensão ambiental. É evidente que as atividades agrícolas são causadoras de sérios problemas ambientais, por isso, torna-se necessário buscar e identificar práticas alternativas que impulsionem a agricultura a se desenvolver de forma sustentável, minimizando os problemas enfrentados pelos agricultores e sociedade em geral. (GIORDANO, 2005; SOUZA FILHO, 2009).

Uma agricultura sustentável envolve uma gestão de recursos agrícolas que seja capaz de satisfazer as necessidades humanas, mantendo a conservação dos recursos naturais e melhorando a qualidade de vida das gerações futuras. Para que seja praticada essa agricultura sustentável, é necessário um aumento no uso de práticas e tecnologias com o objetivo de manter e incrementar a produtividade e a rentabilidade agrícola, fornecendo alimentos com uma base sustentável. Além disso, estas práticas precisam ter o potencial de minimizar as externalidades negativas, como a erosão, poluição agroquímica e a emissão dos gases do efeito estufa, bem como de reconstruir recursos biológicos como a fertilidade do solo, água, ar e a diversidade genética de plantas. (UNEP, 2013).

Uma crescente busca por alternativas ambientalmente responsáveis vem instigando a discussão sobre a relação “meio ambiente x economia” e atinge os mais diferentes atores dos sistemas produtivos. Neste sentido, destaca-se que os consumidores buscam produtos que causam um menor dano possível ao meio ambiente, os trabalhadores procuram melhores condições de vida e de trabalho, as empresas buscam se adequar para se manter competitivas no mercado, e, por fim, os poderes públicos procuram minimizar os problemas enfrentados colocando em prática ações políticas e legislações ambientais. (FERREIRA, 2008).

O aumento necessário da produtividade agrícola gerando menos impactos negativos ao meio ambiente e a manutenção dos recursos naturais depende de uma agricultura comprometida com objetivos socioeconômicos e ambientais de produção. As preocupações com o meio ambiente aliadas a boas práticas agrícolas são fatores fundamentais na busca por uma agricultura sustentável. (BECKER ET AL. 2012).

### 3.1 AGRONEGÓCIO BRASILEIRO

Por agronegócio, entende-se como um sistema integrado o qual implica a ideia de cadeia produtiva, e este, ao longo dos anos, vem passando por um processo de modernização e especialização, o que resulta em um aumento significativo de competitividade. Este processo se dá principalmente pela exigência dos consumidores que buscam mais qualidade nos produtos, aos preços competitivos e às práticas de conservação do meio ambiente. (AMADO et al, 2006; CALLADO, 2011).

Fatores como a disponibilidade de recursos naturais, avanços tecnológicos, crescimento do consumo do mercado internacional e a expressiva demanda interna podem ser indicadores do potencial de crescimento do agronegócio brasileiro. Para isto, o país precisa estimular seu desenvolvimento através de uma produção crescente da agricultura a fim de suprir as necessidades além das suas divisas. Por outro lado, um dos principais desafios encontrados capaz de dificultar este desenvolvimento do setor do agronegócio pode ser justamente as questões ambientais, dado que é necessária uma redução urgente na degradação ambiental e na emissão dos gases do efeito estufa. (ASSAD, MARTINS e PINTO, 2012).

Segundo o relatório do Departamento do Agronegócio (DEAGRO) emitido pela Federação das Indústrias de São Paulo (FIESP) no mês de janeiro de 2018, o último mês de 2017 registrou o terceiro maior superávit de uma série histórica na balança comercial do agronegócio brasileiro, com um valor de US\$ 5,7 bilhões, montante superior a dezembro de 2016.

O acumulado de exportações total do Brasil para ano de 2017 foi de US\$ 217,739 bilhões, o que significa um incremento 17,5% sobre dezembro de 2016, sendo que, 44,1% destas exportações foram oriundas do agronegócio, ou seja, aproximadamente US\$ 96.014 bilhões, o que representa um incremento de 13% sobre o ano de 2016. Neste cenário, é importante destacar que todos os demais setores juntos representam em torno de US\$ 121.724 bilhões em exportação.

Quanto às importações realizadas, no ano de 2017, o acumulado total para o Brasil foi em torno de US\$ 150.749 bilhões, sendo que 9,4% destas importações foram oriundas do agronegócio, ou seja, aproximadamente US\$ 14,153 bilhões. Neste cenário, também é importante destacar que todos os demais setores juntos representam em torno de US\$ 136,596 bilhões em importação. Como resultado, o saldo da balança do setor foi superavitário em US\$ 81,86 bilhões, sendo este o segundo maior saldo da balança do agronegócio, ficando atrás apenas do ano de 2013, que apresentou um superávit de

US\$82,91 bilhões. A Tabela 2 faz uma relação com as exportações e importações realizadas, para no ano de 2017.

Tabela 2 – Relação das exportações e importações do ano de 2017 (em US\$ milhões)

Setores	2017		Saldo
	Exportação	Importação	
Total do Brasil	217.739	150.749	66.990
Demais setores	121.725	136.596	-14.876
<b><i>Agronegócio</i></b>	<b><i>96.014</i></b>	<b><i>14.153</i></b>	<b><i>81.861</i></b>
Representação (%)	44,1	9,4	--

Fonte: Adaptada de DEAGRO (2017).

Para a FAO (2015), o Brasil assumiu a responsabilidade e a condição de “celeiro do mundo”, tornando-se um dos principais exportadores de alimentos, atrás apenas dos Estados Unidos. Neste sentido, de acordo com o relatório de projeções para os anos de 2025/2026, realizado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) com o objetivo de nortear e embasar a estratégia a ser escolhida com relação ao agronegócio, é possível observar que o Brasil estará dentre os principais países exportadores daqueles que são considerados os principais alimentos consumidos e imprescindíveis para os seres humanos conforme Tabela 3.

Tabela 3 – Representatividade de exportação brasileira de alimentos de acordo com projeção para os anos de 2025/2026

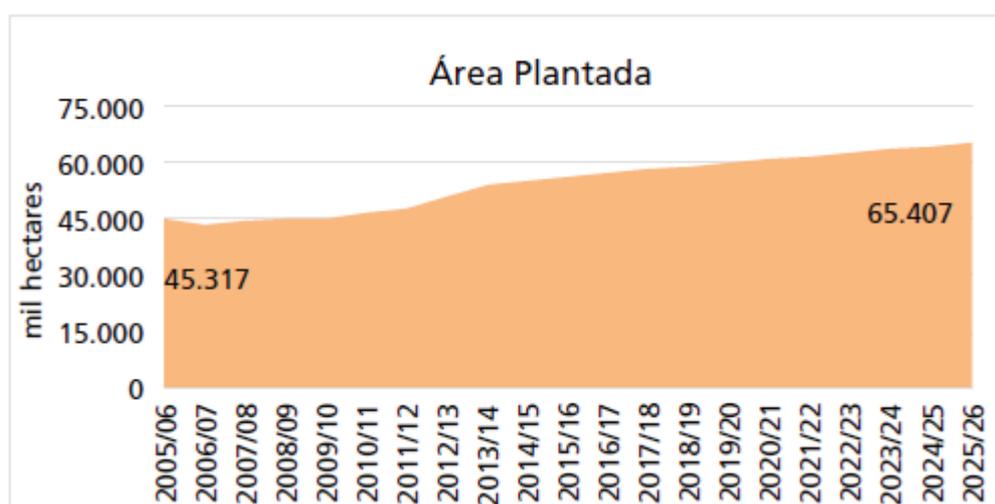
Cultura	Milhões de Toneladas	Participação no comércio mundial (%)
Soja em Grão	69	45,9
Carne de Frango	5	41,5
Carne Bovina	2,7	26,5
Farelo de Soja	17,9	23,6
Milho	25,3	17,8
Óleo de soja	1,8	15,4
Carne de Porco	0,8	10,5

Fonte: Adaptado de MAPA (2015).

De acordo com o relatório emitido pela CONAB no mês de fevereiro de 2018, a produção total de grãos para a safra de 2017/2018 está estimada em 225,57 milhões de

toneladas, o que significa uma redução de 5,1% em relação à safra de 2016/2017, que obteve um resultado de 238,8 milhões de toneladas. Com relação à área plantada, é observado um pequeno acréscimo de 0,2% se comparada com a safra anterior, o que significa 61,01 milhões de hectares de cultivo. O Gráfico 1 apresenta o comportamento histórico bem como uma projeção da área utilizada para a produção de grãos para o ano de 2015/2026. É possível perceber um considerável aumento na área plantada, e de acordo com a CONAB (2018) um dos principais motivos é a expansão da soja na região centro-nordeste, que compreendem a região da Matopiba que deve expandir 13,7% nos próximos 10 anos, a partir do ano de 2015.

Gráfico 1 – Comportamento da área destinada para a produção de grãos no Brasil



Fonte: CONAB (2015).

Mesmo diante da ascensão e consolidação do agronegócio brasileiro, Claudino e Talamini (2012) alertam que o setor enfrenta desafios, como a preocupação da sociedade de uma maneira em geral com a sustentabilidade ambiental, o que leva o setor para uma atenção especial em práticas ambientalmente sustentáveis na produção de alimentos, e, aliado a isso, existe uma tendência do mercado mundial por alimentos que contenham o selo e a certificação ambiental para realizar a importação.

Neste sentido, o Brasil necessita continuar estimulando o desenvolvimento da agricultura nacional, atentando para as questões ambientais, principalmente no que se refere às emissões dos gases do efeito estufa, que são questões que impõe novos paradigmas tanto para os agricultores quanto para o próprio governo brasileiro. Este é o desafio a ser enfrentado, dado que é necessário o estímulo da produção ao mesmo tempo que se busca a

redução dos impactos ambientais. Neste sentido, fatores como a disponibilidade de recursos naturais, avanços tecnológicos a demanda interna e externa são indicadores de um potencial desenvolvimento da produção nacional. (ASSAD, MARTINS E PINTO, 2012).

### 3.2 COMPLEXO DA SOJA

No Brasil, a produção da soja como monocultura deu início no município de Santa Rosa/RS por volta do ano de 1914 e diversos fatores colaboraram com a sua expansão, como um ecossistema favorável, operações organizadas que buscaram fertilizar os solos ácidos e inférteis, mudanças na demanda alimentícia, substituindo gorduras animais por óleos vegetais, e uma facilidade da mecanização total da cultura. (DALL'AGNOL ET AL., 2007).

Além destes fatores, Hirakuri e Lazzarotto (2014) apontam que o crescimento da produção da soja brasileira se deu a partir de uma excelente qualidade dos grãos que apresentam um alto teor de proteínas tanto para a alimentação humana quanto para a alimentação animal. Além disso, a soja brasileira apresenta um alto teor de óleo que pode ser usado para diferentes fins, como a alimentação humana e a produção de biocombustíveis. Não obstante, esta *commodity* é a fonte de proteína vegetal mais consumida para produzir a proteína animal e o seu óleo é o segundo mais consumido mundialmente, atrás apenas do óleo de palma.

O complexo da soja tem uma expressiva importância socioeconômica para o Brasil por movimentar um grande número de agentes e organizações, gerando renda e emprego aos mais diferentes setores, como o de pesquisa e desenvolvimento, fornecedores de insumos, indústria de máquinas e equipamentos, os próprios produtores rurais, cooperativas agropecuárias e agroindustriais, processadoras, fabricantes de ração e usinas de biodiesel, por exemplo. (HIRAKURI E LAZZAROTTO, 2014).

A partir do processo de modernização da agricultura brasileira ocorrido na década de 90, devido principalmente à introdução de novas tecnologias e práticas de cultivo, a soja foi responsabilizada pelo surgimento da agricultura comercial brasileira, acelerando a mecanização da lavoura, influenciando em um maior investimento logístico, principalmente em estradas, e contribuindo para a mecanização e produção de outras culturas, como o milho e o trigo. Neste sentido, nota-se um aumento gradual tanto na produtividade quanto na quantidade de terras plantadas, fazendo com que o setor alcançasse um posto importante a nível mundial. (DALL'AGNOL ET AL., 2007).

Segundo a FAO (2017), para o ano de 2050, se estimam aproximadamente 9 bilhões de pessoas no mundo e, em decorrência deste aumento populacional, ao longo destes 40 anos, será necessário um incremento da produção agrícola em 70% para que não ocorra uma grave crise alimentar. De acordo com o relatório de projeções para os anos de 2025/2026, realizado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), o Brasil estará dentre os principais países exportadores dos alimentos que são considerados imprescindíveis para os seres humanos, tendo uma exportação de soja em torno de 69 milhões de toneladas, o que representa uma participação de 45,9% da exportação de soja mundial.

Analisando a produção da soja com uma lente global, de acordo com o relatório da Embrapa, publicado em janeiro de 2018, estima-se que a produção mundial da soja para a safra 2016/2017 foi em torno de 351,311 milhões de toneladas, em uma área plantada de 120,958 milhões de hectares.

Neste sentido, destaca-se que mais de 80% do total produzido no mundo é representado por apenas 3 países, tendo como os Estados Unidos como o maior produtor, alcançando na safra de 2016/2017 cerca de 117,208 milhões de toneladas em uma área plantada de 33,482 milhões de hectares. O Brasil é o segundo maior produtor da oleaginosa com uma produção da safra passada estimada em 113,923 milhões de toneladas, plantadas em 33,890 milhões de hectares. Por fim, em terceiro lugar, aparece a Argentina com uma produção projetada para 57,8 milhões de toneladas em uma área de 19,2 milhões de hectares, conforme mostra a Tabela 4 a seguir.

Tabela 4 – Produção mundial da soja

<b>Países</b>	<b>Safra 2016/2017</b>	<b>Área Plantada (milhões de Ha)</b>	<b>Proporção (%)</b>
EUA	117,208	33.482	33,36%
<b>Brasil</b>	<b>113,923</b>	<b>33.890</b>	32,42%
Argentina	57,8	19.20	16,45%
Mundo	351,311	120,958	---

Fonte: Adaptada de CONAB (2017).

Com relação à produção interna brasileira, de acordo com a Tabela 5 abaixo, é possível verificar os principais estados produtores da soja no Brasil, bem como a sua produtividade e a proporção de área plantada que cada um representa, sendo que, segundo a CONAB (2017), o estado do Mato Grosso é o primeiro, com uma produção de 30,514 milhões de toneladas, sendo uma área plantada de 9,323 milhões de hectares, o que representa

uma produtividade média de 3.273 kg/ha. O estado do Paraná é o segundo maior produtor, com uma produção na safra de 2016/2017 estimada em 19,534 milhões de toneladas, utilizando cerca de 5.250 milhões de hectares, apresentando a maior produtividade entre os estados produtores, sendo 3.271 kg/ha. Por fim, em terceiro, está Rio Grande do Sul, com uma produção total de 18,714 milhões de toneladas em uma área de 5.579 milhões de hectares, apresentando uma produtividade média de 3.360 kg/ha.

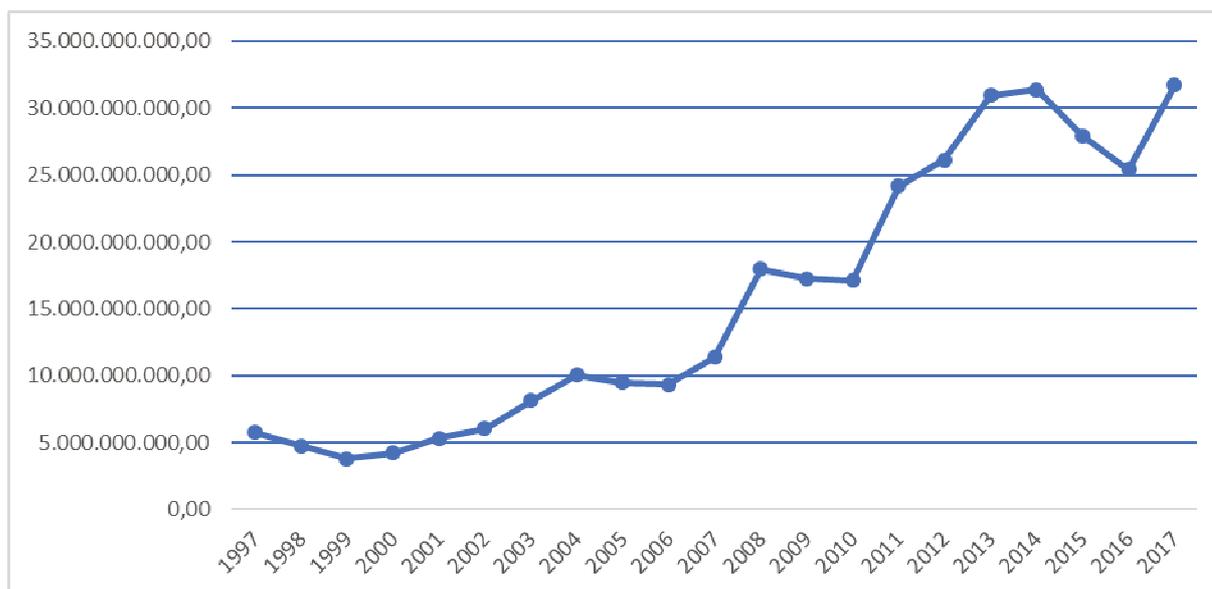
Tabela 5 – Principais estados brasileiros produtores da soja

<b>Estado</b>	<b>Produção (milhões de ton)</b>	<b>Área plantada (milhões de ha)</b>	<b>Produtividade (em kg/há)</b>
Mato Grosso	30.514	9.323	3.273
Paraná	19.534	5.250	3.721
Rio Grande do Sul	18.714	5.570	3.360
<b>Soma</b>	68.762	20.143	---
<b>Total Brasil</b>	113.923	33.890	3.362

Fonte: adaptado de CONAB (2017).

O mercado interno da soja brasileira, no ano de 2017, consumiu cerca de 47,281 milhões de toneladas da soja em grãos, sendo que, dentre os destinos, destacam-se a alimentação animal, a produção do óleo de soja e a produção de energia. Por outro lado, o montante exportado vem apresentando uma expressiva tendência de crescimento e, no ano de 2017, chegou às cifras de U\$ 31,7 bilhões. Dentre os principais países importadores da soja brasileira pode se destacar a China, Alemanha e Países Baixos. O Gráfico 2 representa o crescimento das exportações da soja ao longo dos anos a partir do ano de 1997, demonstrando a expressiva importância desta oleaginosa para a economia brasileira.

Gráfico 2 – Exportação da soja ao longo dos anos (em U\$ bilhões)

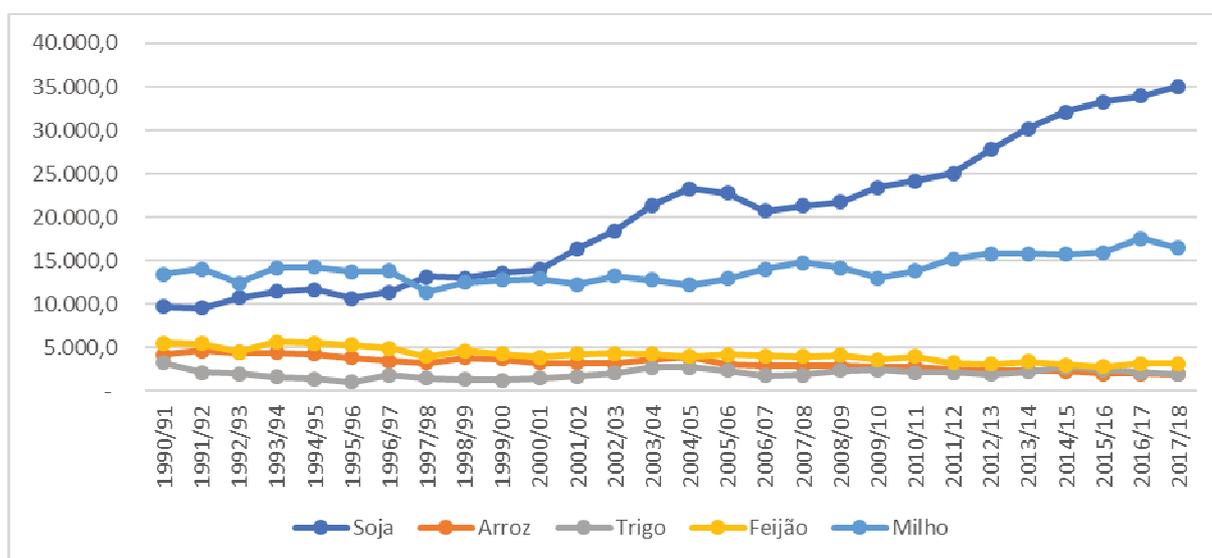


Fonte: CONAB (2017).

A cada ano, novas áreas são abertas para a produção da soja no Brasil, como no cerrado, floresta amazônica e região centro-nordeste do país. A utilização de novas áreas para o cultivo desta oleaginosa no modelo de monocultura com um objetivo principal de exportação tem sérias implicações com o processo de desmatamento na Amazônia. Dado que a floresta é grande o responsável pela regulação das chuvas, o seu desmatamento acelerado ameaça desregular os ciclos de chuvas, provocando alterações na taxa de umidade registrada no país. Sendo assim, o avanço nas fronteiras agrícolas para o cultivo da soja pode provocar importantes mudanças climáticas. (NOBRE, 2004).

Outro ponto importante a considerar, quanto ao aumento de área destinada para a cultura da soja ao longo dos anos, é que este fato ocorre ao custo da redução de áreas destinadas à produção de culturas, que podem ser consideradas como essenciais e que estão presentes no dia a dia na mesa do consumidor brasileiro, como o arroz, o trigo e o feijão. Nos últimos anos, apenas o milho apresentou um leve aumento de área plantada. Neste sentido, o Gráfico 3 traz a evolução histórica da área destinada ao cultivo destas culturas a partir da década de noventa no Brasil, procurando demonstrar a importância tanto econômica quanto ambiental que o cultivo da soja tem para o país. (CONAB, 2017).

Gráfico 3 – Evolução de área destinada ao cultivo das principais culturas presentes na mesa do brasileiro (em milhões de ha)



Fonte: adaptado de CONAB (2017).

Também é importante frisar que, juntamente com este contínuo aumento da área destinada a produção da soja, também houve um aumento significativo em produtos prejudiciais ao meio ambiente e ao bem-estar humano. Quanto aos agrotóxicos, em 2008, o Brasil recebeu o título como o país que faz mais uso de agrotóxicos no mundo, consumindo cerca de 20% do que é comercializado mundialmente. O estudo realizado por Bombardi (2013) revela que, entre os anos de 2000 e 2014, o Brasil apresentou um aumento no consumo de agrotóxicos em cerca de 194%, o que significa um acréscimo de 170 para 500 mil toneladas.

De acordo com Bombardi (2013), nos estados do Rio Grande do Sul, Paraná, Goiás e Mato Grosso, o consumo do glifosato (que pode ser considerado o principal herbicida utilizado na produção da soja) fica entre 9 e 19 kg por hectare. Para se ter uma noção do quanto ainda é preciso avançar quando se trata do mal-uso dos agrotóxicos no Brasil, a França anunciou que banirá o uso do glifosato até o ano de 2022. Ainda com relação ao glifosato, enquanto na Europa é permitido utilizar até 2 kg por hectare, a média brasileira fica entre 5 e 9 kg. Entre os anos de 2009 e 2014, o consumo subiu 64%: de 118 mil toneladas para 194 mil.

Outro ponto a destacar é a permissividade da legislação nacional, que, segundo o estudo de Bombardi (2013), enquanto na Europa o limite máximo de glifosato em alimentos (MG/KG) é de 0,05 para o Glifosato, no Brasil, este limite é de 10 (MG/KG), representando um limite de 200 vezes maior. Já o limite máximo de resíduo em água potável Europeu é de

0,1 (UG/L), no Brasil, este limite é de 500 (UG/L), o que representa um limite 5.000 vezes maior.

Diante desta discussão realizada sobre o complexo da soja e a sua importância tanto a nível mundial quanto para o Brasil, verifica-se o que dizem os autores, como Dainese (2001), Mohammadi et al. (2013) e Raucci et al. (2015), quando comentam que é necessário encontrar soluções capazes de preservar o solo e ainda aumentar a sua produtividade, realizando o seu cultivo de uma maneira responsável. Assim, estes autores (Mohammadi et al., 2013 e Raucci et al., 2015) afirmam que uma das melhores opções para tal é introduzir as práticas conservacionistas no sistema de produção da soja.

### **3.2.1 Práticas Conservacionistas na Produção da Soja**

Um fato bem conhecido e que vem sendo discutido ao longo deste trabalho é que o uso inadequado de insumos químicos no processo de produção agrícola pode ter efeitos negativos sobre o meio ambiente e, além disso, aumentar os problemas de saúde dos produtores que não seguem os procedimentos adequados na aplicação de tais produtos. A fim de minimizar os impactos dos agroquímicos, as práticas conservacionistas estão se tornando importantes no momento em que é preciso cada vez mais ir em direção a uma produção agrícola ambientalmente responsável. (TERANO ET AL., 2015).

De acordo com Gliessman et al (1998), a agricultura convencional foi constituída em torno de dois principais objetivos: a maximização da produção e o ganho financeiro. No entanto, estes objetivos foram alcançados sem que fossem pesadas as consequências a longo prazo para o meio ambiente.

O uso excessivo de fertilizantes químicos, pesticidas, herbicidas e inseticidas, além de causar problemas ambientais, podem acabar aumentando o valor do custo da produção da soja, reduzindo, assim, a margem de lucro do produtor rural. Da mesma forma, a má utilização de métodos de aplicação pode resultar em problemas de saúde para o produtor e a sociedade, além de gerar maiores encargos financeiros. A agricultura sustentável vem ganhando cada vez mais interesse de instituições agrícolas a fim de incentivar os produtores a adotar práticas de cultivo que sejam capazes de equilibrar a qualidade do meio ambiente com bons retornos econômicos. (DAWRA, 2013; FEHER E BEKE, 2013).

O solo é um dos recursos mais importantes para a qualidade de vida do homem. Além de fundamental na produção de alimentos, possui diferentes funções no ciclo de nutrientes e da água, e, ademais, é importante para a sustentabilidade dos sistemas naturais, como campos

e florestas. Sendo assim, a sua degradação resulta em um prejuízo socioeconômico para as gerações atuais e representa um grande risco para as gerações futuras. (WADT, 2003).

Diferentes processos podem levar a degradação dos sistemas de produção e, de acordo com o estudo que trata de práticas conservacionistas do solo e a recuperação de área degradada, realizado pela EMBRAPA no ano de 2003, em geral, podem ocorrer em duas fases, sendo a degradação agrícola e a degradação biológica. Com relação à degradação agrícola, esta ocorre quando o sistema apresenta perdas na produtividade econômica pela ausência de ações no sentido de mantê-lo em um nível ideal de qualidade para o cultivo da soja. O estudo destaca que nesta situação o solo ainda é capaz de sustentar o acúmulo necessário de biomassa, no entanto, o potencial de produção das plantas cultivadas será reduzido. Já com relação à degradação biológica, a mesma acontece quando há uma redução intensa na capacidade de produção de biomassa vegetal, e é provocada por diferentes processos que conduzem a perda de nutrientes e de matéria orgânica e o aumento da acidez ou da compactação.

Define-se por práticas agropecuárias sustentáveis como um conjunto de princípios, normas e técnicas que, se aplicadas sistematicamente em uma propriedade agrícola, tem como resultado um aumento na produção de alimentos e produtos agrícolas mais seguros e saudáveis. A adoção de práticas conservacionistas na produção da soja visa minimizar principalmente os efeitos da erosão, conciliando retornos financeiros e a conservação do solo e da água, bem como ao uso mais eficientes dos insumos. (CATI, 2014).

No entanto, é preciso estar ciente de que não existem práticas isoladas de conservação, o que leva a concluir que apenas um conjunto destas práticas conservacionistas é capaz de promover resultados satisfatórios no controle dos danos ambientais. Assim, é possível observar inúmeras opções de práticas para compor um sistema conservacionista e a sua escolha deve observar alguns fatores técnicos e características locais e regionais, como a intensidade, duração e frequência das chuvas; velocidade de infiltração da água no solo; declividade do terreno; tipo de cobertura vegetal utilizada e a natureza do solo. (CATI, 2014).

Além desses fatores técnicos, Feher e Beke (2013) e Terano et al. (2015) argumentam que também é preciso levar em consideração a disponibilidade de maquinário e tecnologia mínima para aplicação destas técnicas, o poder de aquisição de implementos, ou seja, existe a necessidade de recursos financeiros, e, além disso, um dos pontos mais importantes a observar no momento da adoção de práticas conservacionistas é a orientação cultural do produtor e da região que ele está inserido.

Assim, foram selecionadas quatro práticas conservacionistas utilizadas na produção da soja para serem investigadas neste trabalho, sendo elas a correção e conservação dos solos, o manejo integrado de pragas (MIP) e, com relação ao manejo do solo, foi avaliada a adoção do sistema plantio direto (SPD) e a realização de rotação de culturas na produção da soja. A escolha por estas práticas ocorreu por se apresentarem mais adequadas a partir da etapa de validação com especialistas inseridos no contexto regional onde este trabalho foi desenvolvido, bem como com produtores de soja que compuseram a amostra analisada.

A seguir, serão apresentadas cada uma destas práticas individualmente.

### 3.2.1.1 Correção e Conservação dos Solos

A aptidão das terras agrícolas depende principalmente da capacidade de fornecimento de nutrientes pelo solo. No entanto, muitas vezes, esta capacidade está limitada e deve ser reconstruída ou recuperada através de ações de correção de solo. Esta é uma prática essencial para a sustentabilidade e viabilidade ao longo dos anos da prática da agricultura, logo, as tecnologias de manejo e fertilidade devem ser utilizadas com base em análises químicas e de tecido vegetal realizadas em intervalos de 1 a 3 anos, tendo como objetivos garantir um nível adequado de fertilidade e promover um maior equilíbrio nutricional, possibilitando, assim, um ganho na produtividade e aumento da eficiência, tanto econômica como ambiental. (OLIVEIRA ET AL., 2007; EMBRAPA, 2013).

A correção e conservação da fertilidade do solo inicia com a coleta de amostras na área a ser cultivada e deve ser feita logo após a colheita da cultura anterior àquela que será produzida. São realizadas análises técnicas em laboratórios onde é possível determinar a quantidade de corretivos e fertilizantes necessários para que o solo apresente bons resultados, e, além disso, esta análise auxilia o produtor na tomada de decisão para a prática da calagem ou para a recomendação da adubação, bem como, indica a proporção que deve ser aplicada em cada uma dessas práticas. Esta amostra deve ser a mais homogênea possível, levando em consideração a vegetação, posição topográfica e características, como a cor e a textura. (OLIVEIRA ET AL., 2007; GIANLUPPI ET AL., 2009; EMBRAPA, 2013).

A prática de correção e conservação dos solos também se mostra importante no momento em que a exigência nutricional da soja está ligada ao seu potencial de exportação. Estes fatores podem estar ligados tanto à genética da semente quanto às ocorrências climáticas, fertilidade dos solos e pelo manejo responsável realizado na cultura. (OLIVEIRA ET AL., 2007).

As quantidades de nutrientes absorvidas pelas plantas têm uma relação direta com a capacidade de produção do solo, portanto, uma análise química de folhas pode ser utilizada como uma análise complementar para avaliar o nível de nutrientes do solo, auxiliando no diagnóstico nutricional e na decisão sobre as práticas de calagem e adubação, por exemplo. (EMBRAPA, 2013).

Em solos ácidos, o desenvolvimento de plantas está limitado principalmente pelos efeitos indiretos do pH, com o aumento da disponibilidade de alumínio e manganês a níveis tóxicos, por exemplo. Por esta razão, a ação dos fertilizantes aplicados em solos ácidos tende a ser menor, contudo, a calagem deve ser a primeira opção para realizar a correção da fertilidade dos solos. Além de corrigir a acidez, a calagem resulta na redução dos teores de alumínio, ferro, manganês, zinco e cobre, e, ao mesmo tempo, promove a disponibilidade dos nutrientes necessários para a soja, apresentando um ambiente nutricional mais equilibrado. Recomenda-se que esta prática seja utilizada com no mínimo 3 meses antes da safra de verão. (OLIVEIRA ET AL., 2007).

A recomendação da adubação para a cultura da soja tem como base principalmente o atual nível de fertilidade do solo. Os nutrientes são aplicados de maneira variável, dependendo da sua disponibilidade e do grau de limitação no solo. Em terrenos com teores baixo e muito baixo, é necessária uma adubação de correção para aumentar a disponibilidade de cada nutriente, já em solos que apresentam teores médios e altos de concentração de nutrientes, a quantidade de adubo deve ser apenas o suficiente para repor potenciais perdas. Também é importante destacar que para a cultura da soja o nitrogênio é o nutriente mais importante para que a produção apresente um bom desempenho. (OLIVEIRA ET AL., 2007, EMBRAPA, 2013).

### 3.2.1.2 Manejo Integrado de Pragas (MIP)

A tecnologia de Manejo Integrado de Pragas utilizada na cultura da soja foi implementada no Brasil a partir da década de 70 e tem sido constantemente aperfeiçoada. O MIP pode ser considerado como a utilização de diferentes técnicas que são empregadas a fim de solucionar um problema específico, e um dos principais objetivos desta prática é alcançar soluções duradouras em relação aos ataques de pragas que podem acontecer na cultura da soja. (CORREA-FERREIRA ET AL., 2010; HOFFMANN-CAMPO, 2000).

O MIP é composto por diferentes táticas e tecnologias que, ao serem adotadas simultaneamente no processo produtivo, podem manter o agro ecossistema da soja mais

equilibrado, gerando bons resultados econômicos e ambientais. Dentre estas táticas, é possível destacar o reconhecimento de pragas e os seus inimigos naturais e o monitoramento dos insetos e o seu nível de ação, sendo estas consideradas como fundamentais para as decisões a serem tomadas na condução da produção e de extrema importância para o sucesso da utilização do MIP na produção da soja. (CAMPO, FERREIRA e MOSCARDI 2012).

A prática Manejo Integrado de pragas pode ser considerada como um dos mais significativos exemplos em termos de impactos econômicos, ambientais e sociais. A adoção do MIP permite que uma enorme quantidade de produtos químicos deixe de ser lançada no meio ambiente e as aplicações passam a ter critérios técnicos, baseados nos níveis de ação, estimados através dos danos obtidos no monitoramento de pragas. Sendo assim, é possível concluir que o MIP é capaz de promover uma importante racionalização no volume de agroquímicos utilizado no controle de pragas. (HOFFMANN-CAMPO, 2000).

Apesar dos importantes benefícios que podem ser alcançados através do MIP, esta prática vem sofrendo um constante retrocesso nos últimos anos, tendo seus princípios esquecidos. O seu uso foi abandonado pelos produtores de soja e, conseqüentemente, as aplicações de agroquímicos voltaram a atingir um alto patamar de consumo, muitas vezes, necessitando, em média, de quatro a seis aplicações por safra. (FERREIRA-CORREA, 2010).

Neste sentido, Embrapa, 2013 destaca que alguns sojicultores têm feito uso de práticas como a utilização de inseticidas misturados com herbicidas para a dessecação das plantas daninhas, por ocasião da aplicação das fungicidas, ou, para o aproveitamento das operações. No entanto, esta prática é capaz de desequilibrar determinadas áreas e elevar os problemas de pragas existente.

A cultura da soja está constantemente sujeita ao ataque de diferentes espécies de insetos-pragas e quando atingem uma população elevada são capazes de causar perdas significativas no rendimento da cultura. As lagartas que se alimentam das folhas e os percevejos que sugam o grão podem ser considerados como algumas das mais importantes pragas. (EMBRAPA, 2013).

Apesar de notícias inicialmente alarmantes, quando se trata de ataque a pragas, não é indicada uma aplicação preventiva de produtos químicos, pois, além dos problemas ambientais que podem ocorrer, uma aplicação desnecessária eleva o custo total da lavoura e, como efeito contrário, pode contribuir para o desequilíbrio da população de insetos. Assim, é importante trazer que o controle destas pragas deve ser feito com base nos princípios do MIP, que consiste em tomar decisões a partir do nível de ataque, número e tamanho dos insetos, e no estágio do desenvolvimento da soja em que estes insetos estão atacando. Além disso,

também devem ser considerados na tomada de decisão fatores como o excesso de chuvas, o porte das plantas e o tamanho da área que será tratada. (EMBRAPA, 2013).

### 3.2.1.3 Sistema Plantio Direto (SPD)

Têm-se como Sistema Plantio Direto como um sistema de produção conservacionista que envolve técnicas de produção que preservam a qualidade ambiental, se contrapondo ao sistema tradicional de manejo de solo. Ou seja, a semeadura é efetuada sem as etapas de preparo do solo através da aração e da gradagem. Este sistema está fundamentado principalmente na cobertura permanente do terreno por plantas e resíduos vegetais. A adoção do SPD vem se apresentando aos produtores como uma das alternativas possíveis a fim de assegurar a sustentabilidade agrícola relacionada principalmente ao uso do solo. (CERQUEIRA SILVEIRA et al., 2010; CRUZ ET AL, 2009; EMBRAPA, 2013).

A adoção de um preparo do solo através de práticas conservacionistas é capaz de promover uma importante redução nos custos de produção, maior economia de combustível dado à redução das operações de preparo, o que pode otimizar a utilização de máquinas e equipamentos e, conseqüentemente, otimizar o tempo dedicado à cultura da soja. Além disso, proporciona uma maior conservação de umidade do solo e, assim, um maior proveito da água disponível, proporcionando uma maior tolerância a períodos de estiagem e assegurando uma maior chance de obtenção de uma produtividade mais elevada. (CRUZ ET AL, 2009).

No entanto, de acordo com Francelli e Dourado Neto (2000), podem ser encontrados alguns problemas referentes a sua plena utilização, como o fato de que nem todos produtores podem apresentar o grau de instrução exigido pelo sistema, bem como pode apresentar um elevado custo inicial de tecnologia e maquinário. Além disso, pode apresentar uma maior dependência técnica especializada para a implementação e condução do sistema, o que também pode acabar aumentando os custos da produção.

Ainda, com relação aos custos inerentes à adoção do sistema plantio direto, Fidelis et al. (2003) comentam que quando comparado ao sistema convencional de manejo de solo, o sistema de semeadura direta pode ser de 8 a 15% mais caro a um curto prazo (em torno de três anos), devido, principalmente, à necessidade de realizar investimentos em aquisição de máquinas e, quando necessário, realizar o condicionamento dos solos. No entanto, estes autores, Fidelis et al. (2003) afirmam que, de médio a longo prazo (a partir de 3 a 5 anos), o plantio direto tende a se tornar mais econômico, fazendo uma ressalva referente à necessidade

de manter um manejo de uma maneira adequada. E, além da questão econômica, quando bem aplicados, é possível usufruir de benefícios ambientais permanentemente.

#### 3.2.1.4 Sistema de Rotação de Culturas

Na natureza, a diversificação dos processos é capaz de gerar um equilíbrio dinâmico, tornando sustentável a disponibilidade dos recursos essenciais a vida. Por outro lado, atividades repetitivas em um mesmo ecossistema, como a monocultura, por exemplo, leva a um contínuo esforço a fim de manter seu equilíbrio, o que ocasiona a degradação física, química e biológica do solo e, conseqüentemente, a queda de produtividade das culturas. Sendo assim, tem-se a rotação de culturas como uma prática capaz de reduzir estes impactos na natureza, promovendo um maior equilíbrio dos processos. (FRANCHINI ET AL., 2011; GIORDANO, 2005; EMBRAPA, 2013; EMBRAPA, 2005).

Conforme verificado no tópico anterior, a rotação de culturas compõe um dos princípios básicos do sistema plantio direto e, em decorrência da ausência desta prática, pode acabar ocorrendo um surgimento de alterações de ordem química, física e biológica nos solos, o que acaba comprometendo a produtividade e estabilidade de um sistema produtivo. (EMBRAPA, 2013; HERNANI, 2002)

Dentre as principais mudanças que podem ser observadas com a ausência da rotação de culturas, destacam-se a redução do teor de matéria orgânica no solo, degradação da estrutura do solo, redução da atividade e diversidade biológica, intensificação do processo erosivo, aumento da incidência e diversificação de espécies de pragas e, por fim, aumento na infestação de plantas daninhas. Essas ocorrências podem acabar acarretando na instabilidade do processo produtivo, bem como no aumento dos custos de produção, dado que medidas deverão ser tomadas para resolução de tais problemas. (FRANCHINI ET AL., 2011; EMBRAPA, 2013).

A rotação de culturas pode amenizar problemas fitossanitários nas espécies destinadas à produção de grãos devido a diversificação do cultivo de espécies de vegetais diferentes, o que acaba por reduzir este problema. Dentre as vantagens desta prática conservacionista, destaca-se que espécies produtoras de grande quantidade de palha raiz favorece o sistema de semeadura direta, bem como a reciclagem de nutrientes. Além disso, a rotação de culturas estabelece o aumento da proteção do solo contra a ação de diferentes agentes climáticos, promovendo a sua melhoria através de seus atributos físicos e biológicos. (EMBRAPA, 2013).

Um sistema de rotação de culturas é definido como sendo a alternância ordenada de diferentes culturas, em um determinado espaço de tempo, na mesma área ou mesma estação do ano. Assim, como exemplo, deveriam ser alternadas diferentes culturas, em uma mesma estação, de modo que no inverno se cultiva 25% da área com nabo e aveia preta, 25% cultivava-se aveia branca para grão, 25% com milho safrinha e 25% com trigo. Já no verão, seria recomendado produzir 75% da área com soja e os outros 25% restantes com o milho. Por outro lado, onde o milho e o trigo são produzidos em 100% da área, no inverno e no verão são produzidos 100% da área, caracteriza-se como uma sucessão de culturas. (FRANCHINI ET AL., 2011)

De acordo com Giordano (2005), a rotação de culturas é uma prática capaz de contribuir positivamente para a sustentabilidade da produção agrícola. No entanto, segundo estudo realizado por Franchini et al. (2011), é necessário que os produtores tenham a ciência de que a sua adoção nos seus sistemas produtivos deve ser considerada como um investimento na propriedade, dado que seus retornos poderão ser percebidos em um de um médio a longo prazo. Além do aumento da produtividade, a rotação de culturas é capaz de promover melhores resultados quanto aos fatores químicos, físicos e biológicos do solo, bem como a redução da incidência de pragas e doenças e plantas daninhas.

Dentre outros benefícios possíveis por meio da utilização desta prática no sistema produtivo, Embrapa, 2013 e Franchini et al. (2011) comentam na oportunidade de uma redução dos custos de produção através da racionalização do uso de insumos referentes principalmente ao uso de fertilizantes e agroquímicos, além de que, diferentes culturas também propiciam a diversificação de renda dos agricultores, reduzindo o risco mercadológico e climático inerentes a produção agrícola.

## 4 METODOLOGIA

De acordo com Lakatos e Marconi (1991), a ciência só é possível através do emprego de métodos científicos. Logo, nesta etapa será apresentada a metodologia utilizada nesta pesquisa e a descrição quanto a sua classificação e delineamento, bem como, quanto aos procedimentos e etapas percorridas no processo de amostragem, definição do modelo analítico, coleta de dados, e a maneira como estes dados foram analisados. Além disso, será apresentado os principais conceitos referentes ao DEA, ferramenta utilizada para a mensuração da eficiência.

### 4.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

O delineamento da pesquisa, de acordo com Gil (2002), tem como principal objetivo considerar o ambiente em que os dados foram coletados, levando em conta as maneiras como as variáveis envolvidas foram controladas, bem como os procedimentos adotados para realizar a coleta. Além disso, o delineamento refere-se ao planejamento do trabalho, tanto para a etapa de coleta quanto para as etapas de como as informações obtidas serão interpretadas. (YIN, 2005).

O presente trabalho apresenta uma filosofia positivista que, de acordo com Costa e Costa (2001), consiste em uma doutrina filosófica que dá valor ao método experimental e quantitativo. Com relação a abordagem, esta pesquisa utiliza o método hipotético-dedutivo, dado que foram testadas hipóteses para verificar o comportamento da eficiência frente à utilização de diferentes práticas sustentáveis na produção da soja. De acordo com Singhal e Singhal (2012), no método hipotético-dedutivo é necessário que haja uma construção de hipóteses que devem ser submetidas a testes.

De acordo com os procedimentos técnicos e a estratégia escolhida para a realização desta pesquisa, será utilizado o estudo de casos múltiplos, considerando que foi investigada mais de uma unidade produtiva. Para Yin (2005), o estudo de caso é uma investigação empírica que busca compreender um fenômeno contemporâneo dentro de um contexto da vida real.

Quanto ao tipo de abordagem, este estudo, por ser classificado como de uma abordagem mista, que consiste em uma pesquisa que utiliza métodos qualitativos e quantitativos simultaneamente. Com relação a abordagem qualitativa, é importante destacar que, ainda que em menores proporções, esta foi utilizada para compreender o contexto dos

produtores de soja a serem analisados e as variáveis empregadas no estudo através de discussões prévias com profissionais do setor do agronegócio. A abordagem quantitativa é considerada, dado que será trabalhado com uma ferramenta matemática, a Análise Envoltória de Dados (DEA), para verificar a eficiência dos produtores de soja, bem como serão realizadas análises estatísticas a fim de observar o comportamento da eficiência de acordo com cada uma das práticas conservacionistas analisadas.

A DEA é uma metodologia não paramétrica utilizada para determinar a eficiência de unidades tomadoras de decisão (DMU), capaz de comparar a eficiência das unidades avaliadas com base em suas entradas (*inputs*) e saídas (*outputs*). Um dos pontos importantes que justificam a sua utilização neste trabalho é o fato deste método trabalhar com fronteiras de eficiência, que é criada com base nas melhores unidades de análises e é possível verificar a eficiência com base em dados reais das empresas ou unidades que está sendo avaliada. É importante compreender os principais conceitos, vantagens e desvantagens para prosseguir com o desenvolvimento da metodologia a ser utilizada neste trabalho, assim, a próxima etapa tratará especificamente da Análise Envoltória de Dados (DEA).

#### 4.2 ANÁLISE ENVOLTÓRIA DOS DADOS E SEUS MODELOS BÁSICOS

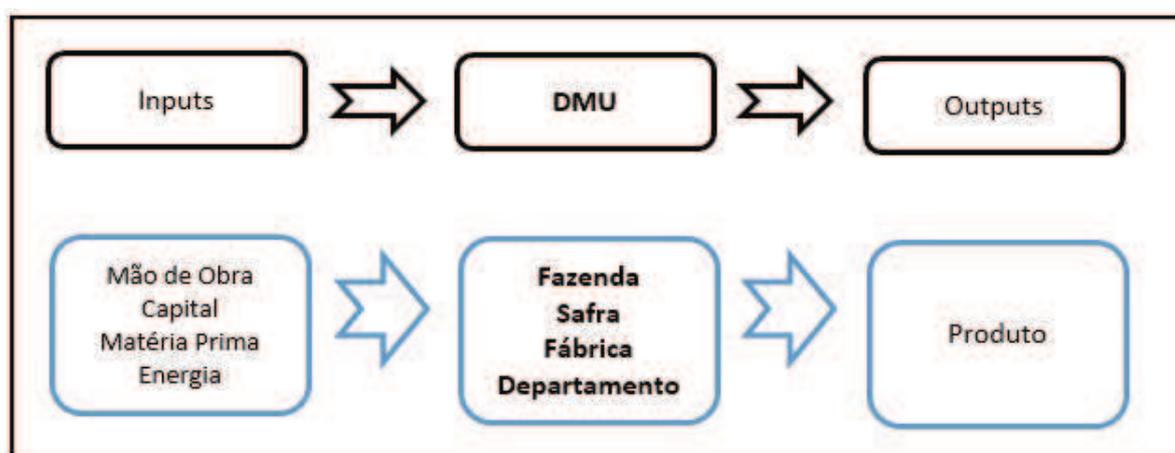
O desenvolvimento do método DEA foi através do estudo de Edward Rhodes e W.W Cooper no ano de 1978 que buscaram avaliar os resultados de um programa de acompanhamento de estudantes carentes, e, para isto, foram comparados os desempenhos de alunos de escolas que não aderiram a este programa lançado pelo governo federal americano. Este trabalho partiu da medição de eficiência realizada por Farrel no ano de 1957. (COOPER, SEIFORD, ZHU, 2011).

A DEA é uma ferramenta que não faz uso de inferências estatísticas ou de medidas de tendência central, mas sim, consiste em uma abordagem não paramétrica, que é utilizada para medir a eficiência de Unidades Tomadoras de Decisão (DMU) que utilizam diferentes entradas (*input*) e diferentes saídas (*output*). Além disso, a partir da DEA é possível identificar quais DMUs analisadas são as mais eficientes com base na fronteira da eficiência, que é definida como a maior quantidade de *outputs* que pode ser produzido a partir de uma determinada quantidade de *inputs*. (FERREIRA E GOMES, 2009).

Com relação a DMU (Decicion Making Unit), esta pode ser definida como uma unidade tomadora de decisão dentro de uma unidade produtiva, que pode ser uma unidade administrativa, um departamento ou um item ao qual a eficiência possa ser avaliada. As

DMUs podem ser consideradas fundamentais para uma análise através do DEA, pois são o objeto de análise utilizado. Além disso, as DMUs adotadas para análise devem utilizar os mesmos *inputs* e *outputs*, ser homogênea e ter autonomia na tomada de decisão. Com relação às variáveis empregadas no modelo, estas devem operar na mesma medida de produção nas mais diferentes DMUs, no entanto, podem diferir umas das outras. A Figura 3 demonstra a relação entre as DMUs e estas variáveis. (LINS E MEZA 2000; VON GILSA, 2012).

Figura 3 – Relação entre *inputs*, DMU e *outputs*



Fonte: Elaborada pelo autor, adaptado de Von Gilsa (2012).

Ainda com relação às DMUs, Ferreira e Gomes (2009) comentam que é importante sempre considerar a opinião de um especialista, que é um conhecedor profundo das unidades que serão avaliadas. Além disto, os autores reforçam a ideia de que a quantidade de DMUs deve ser no mínimo três vezes maior do que a soma da quantidade de *inputs* e *outputs* utilizada. Neste sentido, Cook, Tone e Zhu (2014) pontuam que muitas entradas e saídas em comparação com o número de DMU's tendem a reduzir o poder do cálculo no momento de discriminar as DMUs eficientes quando utiliza o DEA.

Ferreira e Gomes (2009) sugerem que três etapas são essenciais para a aplicação da DEA, sendo que a primeira é a etapa de definição e seleção das unidades de análises (DMUs), a segunda a definição e seleção das principais variáveis a serem utilizadas (*inputs* e *outputs*) e, por fim, a terceira etapa, que é a escolha dos modelos de aplicação e a orientação.

#### 4.2.1 Modelo Retorno Constante de Escala (CCR – CRS)

Mello et al. (2005), comentam que o modelo CCR, também é conhecido por CRS, foi apresentado originalmente por Charnes et al. (1978) e, constrói uma superfície linear por partes, não paramétrica, envolvendo os dados. O modelo trabalha com retornos constantes de escala, ou seja, sob qualquer variação das entradas (inputs), resulta em uma variação proporcional na saída (outputs). Mariano, Almeida e Rebelatto (2006) e Mello et al (2005), evidenciaram o modelo CCR a partir das equações (1), (2) e (3).

$$MAX_{p_0} = \frac{\sum_{i=1}^m u_i Y_{i0}}{\sum_{j=1}^n v_j X_{j0}} \quad (1)$$

Sujeito a:

$$\frac{\sum_{i=1}^m u_i Y_{ik}}{\sum_{j=1}^n v_j X_{jk}} \leq 1 \text{ para } k = 1, 2 \dots z \quad (2)$$

$$u_i \text{ e } v_j > 0 \quad (3)$$

Onde:

$u_i$  = peso calculado para o output j;

$v_j$  = peso calculado para o input j;

$x_{jk}$  = quantidade do input j para unidade k de um determinado setor;

$y_{ik}$  = quantidade do output i para unidade k de um determinado setor;

$x_{j0}$  = quantidade do input j para unidade em análise;

$y_{i0}$  = quantidade do output i para unidade em análise;

z = número de unidades em avaliação;

m = número de outputs;

n = número de inputs.

A Equação (1) é a Função Objetivo (FO) a ser maximizada e o limite de produtividade das DMU's dado o grupo de restrições para cada DMU, incluindo a que está sendo avaliada é expressa na equação (2). Assim, através da resolução do modelo, torna-se possível avaliar a eficiência da DMU, logo, se o resultado for igual a 1, admite-se uma DMU eficiente, sendo estas as unidades Benchmark. Do contrário, resultando em valores

menores do que 1, se têm as unidades ineficientes. (MELLO ET AL. 2005; MARIANO, ALMEIDA, REBELATTO, 2006).

Pelo fato de o modelo apresentado ser fracionário e de infinitas soluções, com o objetivo de facilitar a resolução, o modelo pode ser linearizado tanto mantendo os *outputs* constantes e minimizando os *inputs*, ou seja, modelo orientado a *inputs*, bem como com um modelo orientado a *output*, onde admite-se que os insumos permaneçam iguais e as saídas variem até atingir a máxima eficiência. (MELLO ET AL. 2005; MARIANO, ALMEIDA, REBELATTO, 2006).

Um modelo orientado a *input* significa pensar na redução da utilização das entradas, mantendo as saídas constantes e é aplicado quando existe uma relação de proporcionalidade entre *inputs* e *outputs*. É representado pelas equações (4), (5), (6), e (7), com base em Mello et al (2005).

$$MAX_{PO} = \frac{\sum_{i=1}^m u_i Y_{i0}}{1} = \sum_{i=1}^m u_i Y_{i0} \quad (4)$$

Sujeito a:

$$\sum_{i=1}^m v_j x_{j0} = 1 \quad (5)$$

$$\frac{\sum_{i=1}^m u_i Y_{ik}}{\sum_{j=1}^n v_j x_{jk}} \leq 1 = \sum_{i=1}^m u_i Y_{jk} - \sum_{j=1}^n v_j x_{jk} \leq 0, \text{ para } k = 1, 2 \dots z \quad (6)$$

$$u_i = v_j > 0 \quad (7)$$

Sendo:

$u_i$  = peso calculado para o *output* i;

$v_j$  = peso calculado para o *input* j;

$x_{jk}$  = quantidade do *input* j para unidade k de um determinado setor;

$y_{ik}$  = quantidade do *output* i para unidade k de um determinado setor;

$x_{j0}$  = quantidade do *input* j para unidade em análise;

$y_{j0}$  = quantidade do *output* i para unidade em análise;

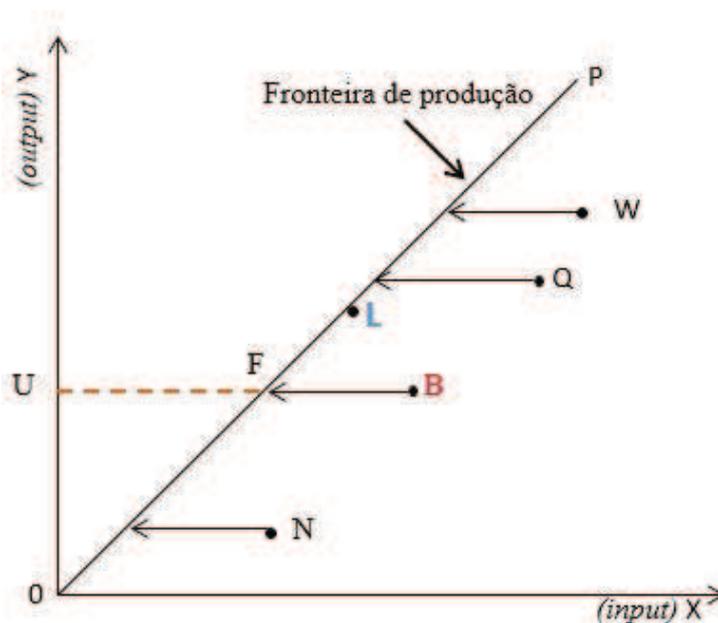
z = número de unidades em avaliação;

m = número de *outputs*;

n = número de *inputs*.

Ao analisar a Figura 4, é possível observar que a DMU que apresenta uma maior eficiência é a DMU L por estar sobre a reta OP que representa a fronteira da eficiência, logo, as demais DMU's são consideradas ineficientes. Além disso, a eficiência da DMU B é fornecida pela distância do eixo Y até o ponto F, dividida pela distância do eixo Y até o ponto F. Este exemplo representa um modelo de duas variáveis constituídas por apenas um *input* e um *output*. (LINS E MEZA, 2000).

Figura 4 – Fronteira CRS para orientação *input*



Fonte: Elaborada pelo autor, adaptado de Lins e Meza (2000 P. 13).

Visto o modelo CRS com orientação a *input*, será apresentado o modelo CRS com orientação a *output*, que significa pensar no aumento das saídas, mantendo as entradas constantes e é aplicado quando existe uma relação de proporcionalidade entre *inputs* e *outputs*. Segue o modelo de acordo com as equações (8), (9), (10), e (11), de acordo com Mello et al. (2005) e Mariano, Almeida e Rebelatto (2006).

$$MAX_{PO} = \frac{1}{\sum_{j=1}^n v_j x_{j0}} = MIN FO = \sum_{j=1}^n v_j x_{j0} \quad (8)$$

Sujeito a:

$$\sum_{i=1}^m u_i y_{i0} = 1 \quad (9)$$

$$\frac{\sum_{i=1}^m u_i y_{ik}}{\sum_{j=1}^n v_j x_{jk}} \leq 1 = \sum_{i=1}^m u_i y_{jk} - \sum_{j=1}^n v_j x_{jk} \leq 0, \text{ para } k = 1, 2 \dots z \quad (10)$$

Sujeito a:

$$u_i = v_j > 0 \quad (11)$$

Sendo:

$u_i$  = peso calculado para o *output* i;

$v_j$  = peso calculado para o *input* j;

$x_{jk}$  = quantidade do *input* j para unidade k de um determinado setor;

$y_{ik}$  = quantidade do *output* i para unidade k de um determinado setor;

$x_{j0}$  = quantidade do *input* j para unidade em análise;

$y_{j0}$  = quantidade do *output* i para unidade em análise;

$z$  = número de unidades em avaliação;

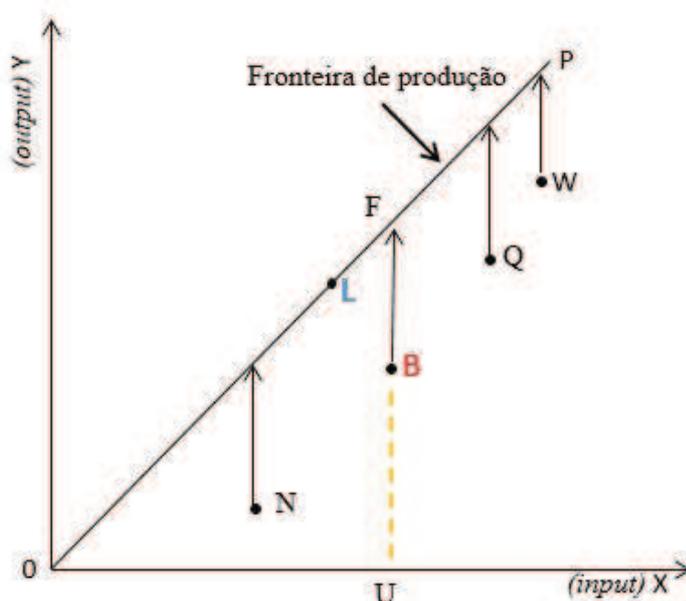
$m$  = número de *outputs*;

$n$  = número de *inputs*.

Ao analisar a Figura 5, sob o mesmo cenário da figura anterior, é possível observar que a DMU que apresenta uma maior eficiência é a DMU L, por estar sobre a reta OP, que representa a fronteira da eficiência, logo, as demais DMU's são consideradas ineficientes. Além disso, a eficiência da DMU B é fornecida pela distância do eixo Y até o ponto F, dividida pela distância do eixo Y até o ponto P. (LINS E MEZA, 2000).

F

Figura 5 – Fronteira CRS para orientação *output*



Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado de Lins e Meza (2000).

#### 4.2.2 Modelo Retorno Variável de Escala (BCC–VRS)

Mello et al. (2005) comentam que o modelo BCC, também conhecido por VRS, foi apresentado originalmente por Banker, Charnes e Cooper (1984) e considera retornos variáveis de escala e sob qualquer variação das variáveis, não assume uma proporcionalidade entre as entradas e saídas como ocorre no modelo CCR. Neste modelo, a função produção não é linear, logo, é dividida em retorno decrescente de escala, aonde o aumento dos *inputs* provoca um aumento proporcionalmente menor nos *outputs* e, retorno crescente de escala, aonde um aumento nos *outputs* é proporcionalmente maior ao aumento dos *inputs*. Mariano, Almeida e Rebelatto (2006) e Mello et al (2005) evidenciaram o modelo BCC a partir das seguintes equações (12), (13) e (14):

$$MAX_{PO} = \frac{\sum_{i=1}^m u_i Y_{i0}}{\sum_{j=1}^n v_j X_{j0}} + u \text{ ou } MAX_{PO} = \frac{\sum_{i=1}^m u_i Y_{i0}}{\sum_{j=1}^n v_j X_{j0}} + v \quad (12)$$

Sujeito a:

$$\frac{\sum_{i=1}^m u_i Y_{i0}}{\sum_{j=1}^n v_j X_{j0}} + u \leq 1 \text{ ou } \frac{\sum_{i=1}^m u_i Y_{ik}}{\sum_{j=1}^n v_j X_{jk}} + v \leq 1 \text{ para } k = 1, 2 \dots z \quad (13)$$

$$u_i \text{ e } v_j > 0 \quad (14)$$

$u$  e  $v$  sem restrição de sinal

Sendo:

$u_i$  = peso calculado para o *output*  $i$ ;

$v_j$  = peso calculado para o *input*  $j$ ;

$x_{jk}$  = quantidade do *input*  $j$  para unidade  $k$  de um determinado setor;

$y_{ik}$  = quantidade do *output*  $i$  para unidade  $k$  de um determinado setor;

$x_{j0}$  = quantidade do *input*  $j$  para unidade em análise;

$y_{i0}$  = quantidade do *output*  $i$  para unidade em análise;

$u$  = variável de retorno de escala do numerador;

$v$  = variável de retorno de escala do denominador;

$z$  = número de unidades em avaliação;

$m$  = número de *outputs*;

$n$  = número de *inputs*.

Segue, de acordo com as equações (15), (16) e (17), o modelo VRS orientado a *input*, que, quando os fatores de escala positivos, indicam retornos crescentes de escala, quando negativos, indicam retornos decrescentes de escalas. Lembrando que este modelo é aplicado quando não existe uma relação de proporcionalidade entre as entradas e as saídas. (MELLO et al., 2003).

$$MAX = \sum_{i=1}^m u_i Y_{i0} + u \quad (15)$$

Sujeito a:

$$\sum_{i=1}^m u_i Y_{jk} + u - \sum_{j=1}^n v_j X_{jk} \leq 0 \text{ para } k = 1, 2 \dots z \quad (16)$$

$$\sum_{j=1}^n v_j X_{j0} = 1 \quad (17)$$

$u_i$  e  $v_j > 0$ ;  $u$  e  $v$  sem restrição de sinal,  $i = 1, \dots, m$ ,  $j = 1, \dots, n$

Sendo:

$u_i$  = peso calculado para o *output*  $i$ ;

$v_j$  = peso calculado para o *input*  $j$ ;

$x_{jk}$  = quantidade do *input*  $j$  para unidade  $k$  de um determinado setor;

$y_{ik}$  = quantidade do *output*  $i$  para unidade  $k$  de um determinado setor;

$x_{j0}$  = quantidade do *input*  $j$  para unidade em análise;

$y_{i0}$  = quantidade do *output*  $i$  para unidade em análise;

$u$  = variável de retorno de escala do numerador;

$v$  = variável de retorno de escala do denominador;

$z$  = número de unidades em avaliação;

$m$  = número de *outputs*;

$n$  = número de *inputs*.

Segue, de acordo com as equações (18), (19) e (20), o modelo VRS orientado a *output*, que, quando os fatores de escala positivos, indicam retornos decrescentes de escala, quando negativos, indicam retornos crescentes de escalas e caso nulos, retornos constantes de escalas. (MELLO et al, 2005).

$$MAX = \sum_{j=1}^n v_j x_{j0} + v \quad (18)$$

Sujeito a:

$$\sum_{i=1}^m u_i y_{jk} - v - \sum_{j=1}^n v_j x_{jk} \leq 0 \text{ para } k = 1, 2 \dots z \quad (19)$$

$$\sum_{j=1}^m u_i y_{i0} = 1 \quad (20)$$

$u_i$  e  $v_j > 0$ ;  $u$  e  $v$  sem restrição de sinal,  $i = 1, \dots, m$ ,  $j = 1, \dots, n$

Sendo:

$u_i$  = peso calculado para o *output*  $i$ ;

$v_j$  = peso calculado para o *input*  $j$ ;

$x_{jk}$  = quantidade do *input*  $j$  para unidade  $k$  de um determinado setor;

$y_{ik}$  = quantidade do *output*  $i$  para unidade  $k$  de um determinado setor;

$x_{j0}$  = quantidade do *input*  $j$  para unidade em análise;

$y_{i0}$  = quantidade do *output*  $i$  para unidade em análise;

$u$  = variável de retorno de escala do numerador;

$v$  = variável de retorno de escala do denominador;

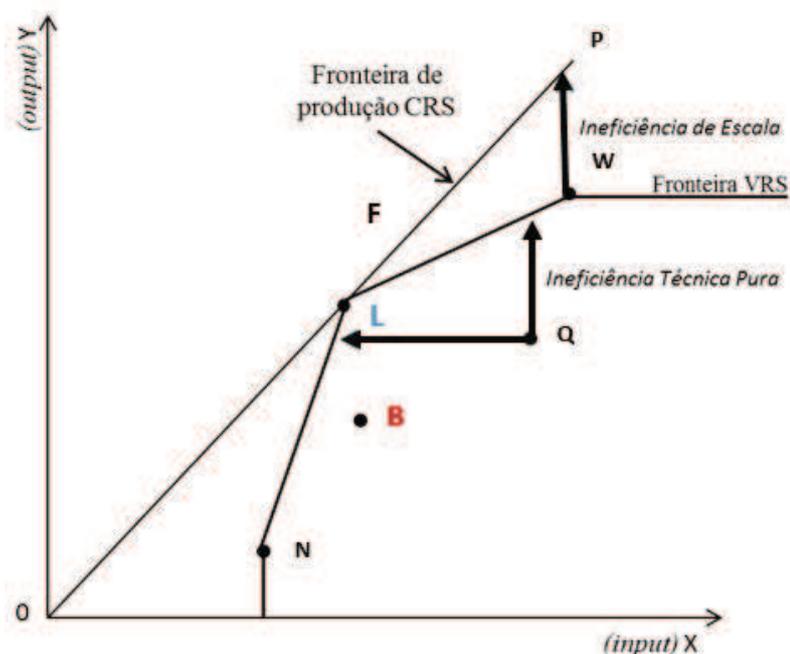
$z$  = número de unidades em avaliação;

$m$  = número de *outputs*;

$n$  = número de *inputs*.

A Figura 6 faz um comparativo entre os modelos CRS e VRS, indicando um ponto de ineficiência de escala e ineficiência técnica, de acordo com Mello et al. (2005).

Figura 6 – Modelo CRS e VRS



Fonte: Elaborada pelo autor, adaptado de Mello et al. (2005).

Por fim, quanto a este modelo, é importante trazer que, conforme apresentado por Ali (1993) e Gomes et al (2009), quando analisadas as eficiências pelo modelo DEA-BCC, a DMU que apresenta o maior valor em cada *output*, independente do valor dos *inputs*, e a DMU que apresenta o menor valor em cada *input*, independente do valor dos *outputs*, são consideradas como DMUs eficientes, já que nestas condições não existem outras unidades as quais possam ser comparadas. As unidades de análises nesta situação são conhecidas como unidades eficientes por “*default*”, ou, “falsamente eficientes”, e, de acordo com Gomes et al (2009), é importante que seja realizada uma análise individual para verificar a existência de DMUs nestas condições nos resultados do modelo BCC.

#### 4.2.3 Alvos e Folgas

Os alvos são os resultados de *inputs* e *outputs* que as DMUs ineficientes devem objetivar alcançar, buscando escores de eficiência próximos ou iguais a um, ou seja, são os valores que as DMUs ineficientes devem melhorar em cada uma das variáveis do modelo que foram consideradas na definição do escore, para alcançar a DMU eficiente. Seu cálculo pode ser efetuado pelo produto da posição atual do insumo pelo escore das DMU's de referência, de acordo com a Equação 22. (VON GILSA, 2012; FERREIRA E GOMES, 2009).

$$Alvo = \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k \quad (22)$$

#### 4.2.4 Limitações da Análise Envoltória de Dados

Um das principais desvantagens do DEA estão relacionadas com os problemas de discriminação, que ocorrem quando o número de DMU's aumenta ao ponto de muitas se encontrarem na linha de eficiência, o que dificulta o processo de avaliação das unidades de análise. A fim de evitar este tipo de problema discriminatório, recomenda-se que o número de DMU's deva ser no mínimo três vezes maior que o somatório das variáveis de entrada do modelo. Além disso, é uma técnica em que ruídos, como, por exemplo, erros de medição, podem comprometer os resultados e a análise, por isso, recomenda-se atenção especial com as variáveis e a coleta dos dados. (LINS E MEZA, 2000; FERREIRA E GOMES, 2009).

Além das limitações já citadas, Ferreira e Gomes (2009) comentam que os resultados obtidos na DEA dependem essencialmente de um modelo conceitual com base nos conceitos relacionados à modelagem. Os resultados ficam comprometidos se são avaliados com modelos conceituais que não representam a realidade.

#### 4.3 MÉTODO DE TRABALHO

O método de trabalho visa esclarecer os procedimentos necessários para o desenvolvimento desta pesquisa e, de acordo com Yin (2005), consiste no caminho a ser seguido para que o objetivo da pesquisa seja atingido. Sendo assim, esta etapa é composta por 5 fases principais, de acordo com o Esquema 3, sendo elas a estrutura conceitual do trabalho, etapas para desenvolvimento do modelo analítico DEA, coleta e análise dos dados e, por fim, a geração do relatório com a discussão dos resultados e conclusões.

Esquema 3 – Fases para o desenvolvimento do trabalho



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Com relação à Fase 1, esta etapa consiste na definição conceitual da presente pesquisa. Para isto, foi verificada a recente literatura sobre as tensões intertemporais existentes em um contexto de sustentabilidade, bem como foi realizada uma análise bibliográfica, buscando amparo teórico quanto às práticas conservacionistas e sustentáveis existentes na produção da soja, e buscou-se trabalhos que tenham abordado a questão sustentabilidade na agricultura, mais especificamente na produção da soja juntamente com os conceitos de eficiência.

A Fase 2 foi a etapa de construção do modelo analítico DEA utilizado para verificar a eficiência dos produtores de soja analisados. Conforme verifica-se, o primeiro passo foi definir as DMUs que seriam utilizadas, assim, foi definido que cada DMU corresponderia à produção da safra de 2016/2017 realizada de acordo com cada produtor.

Feito isso, ainda na Fase 2, a partir do modelo conceitual estruturado com base na literatura de trabalhos que, de alguma maneira, verificaram a eficiência da produção da soja, foi realizada a validação do modelo DEA com especialistas do setor, sendo que Ferreira e Gomes (2008) destacam a importância dos especialistas no momento de coletar e definir as variáveis relevantes no processo produtivo. Após esta validação, foi aplicado o método multicritério para seleção de variáveis em DEA a fim de aumentar o poder de discriminação das DMUs eficientes e, por fim, foi definido o modelo DEA analítico. Esta etapa de formulação do modelo analítico será melhor detalhada mais adiante no trabalho.

Na Fase 3, foi efetuado um contato inicial com profissionais da área da agricultura, ou seja, empresas que prestam assistência técnica a produtores e cooperativas com o objetivo de obter acesso aos produtores de soja para que a coleta pudesse ser efetuada. Ademais, esta fase compreende a coleta e o tratamento dos dados. Na Fase 4, pretende-se realizar os cálculos das eficiências a fim de verificar as empresas com maiores escores e aquelas que se apresentam como falsas eficientes, para, assim, realizar uma análise com relação à Benchmark e aos alvos, buscando melhorias nas DMU's ineficientes. Esta etapa também será apresentada com maiores detalhes na sessão 4.7 deste trabalho. Por fim, na Fase 5, primeiramente, será realizada uma análise dos resultados obtidos a partir da Fase 4, bem como uma discussão desses resultados sob a perspectiva da teoria e, por fim, são apresentadas as considerações finais.

#### 4.4 UNIDADES DE ANÁLISES (DMUS)

Levando em conta a pergunta de pesquisa investigada neste trabalho, foram levantados dados de produção de soja referentes à safra 2016/2017 com 40 empresas agrícolas localizadas na região noroeste do Rio Grande do Sul. Assim, esta safra pode ser considerada como a DMU analisada na modelagem DEA. Segundo a Fundação de Economia e Estatística, esta é a região de maior produção agrícola do estado do Rio Grande do Sul, com produções tipicamente de culturas como a soja, milho e o trigo. Além disso, de acordo com Dezordi (2014), a região, além de contribuir para o abastecimento da indústria nacional, colabora para a sustentabilidade da balança comercial brasileira através de uma importante participação no mercado de exportação da soja.

Estes produtores da amostra são importantes fontes a serem investigadas dentro do contexto do trabalho (que envolve as tensões intertemporais referentes a sustentabilidade), dado que, dos 25.125 hectares, 18.988 ha são utilizadas para o cultivo da soja, representando

cerca de 75,57% do total da área. Este fato demonstra um uso intensivo do solo para a produção desta cultura perante as demais atividades agrícolas, o que acaba tendo implicações significativas tanto econômicas quanto ambientais, devido aos problemas de erosão e à quantidade de produtos químicos lançados no meio ambiente.

A amostra também apresentou uma produtividade média de 63,25 sacas/ha, valor que pode ser considerado elevado quando comparado com a produtividade média do Rio Grande do Sul (56,00), Mato Grosso (54,55) e Paraná (62,02), que são os principais produtores de soja no País. Esta produtividade pode ser um indicador de que estes produtores de soja estão operando em um bom nível de eficiência técnica e, assim, torna-se interessante investigar, tendo em vista que, a partir das análises DEA, é possível verificar esta eficiência, bem como identificar produtores referência para aqueles considerados ineficientes.

Outro fato importante que credencia esta amostra é a possibilidade de obter um maior controle das diferentes variáveis envolvidas na atividade agrícola devido a sua proximidade espacial, como as variáveis ambientais, sendo o clima e o tipo de solo as duas mais importantes. Além disso, é possível obter um maior controle referente ao ambiente em que estes produtores de soja estão inseridos, dado que existe uma infraestrutura semelhante para estes produtores referentes a fatores como acesso à assistência técnica para a produção e acesso às diferentes inovações e tecnologias mecânicas, físicas e biológicas.

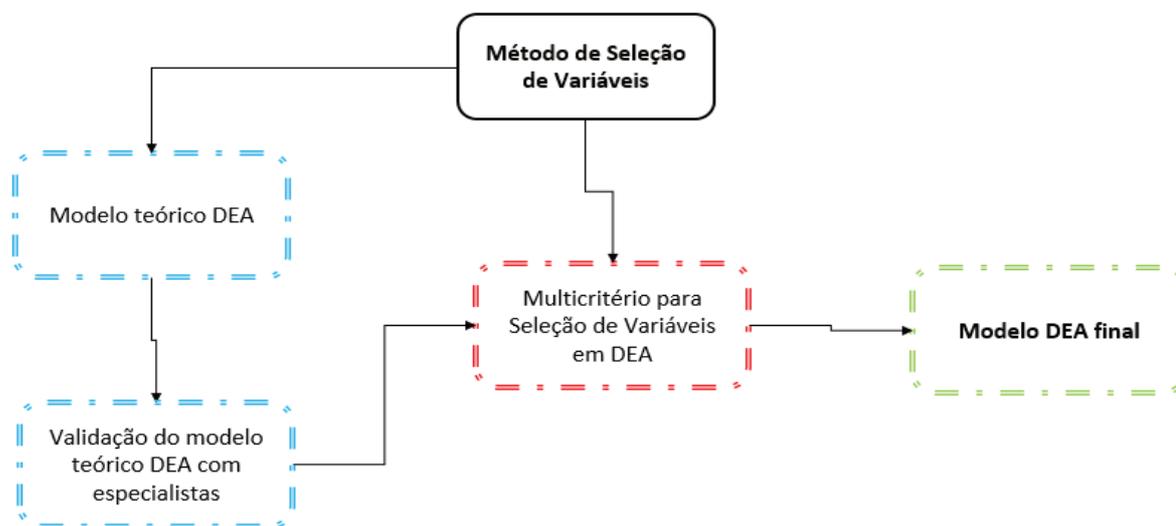
Neste sentido, verifica-se que quase a totalidade dos produtores da amostra demonstrou trabalhar com tecnologia de semente geneticamente modificada, bem como adotar ao menos duas das práticas conservacionistas investigadas neste trabalho no seu sistema de produção, o que demonstra uma homogeneidade nas práticas de gestão destes produtores e torna-se possível uma investigação desta amostra.

#### 4.5 DEFINIÇÃO DO MODELO ANALÍTICO

A definição dos *inputs* e *outputs* é considerada, por alguns autores, como Wagner e Shimshak (2007), como a etapa mais importante na modelagem, utilizando a análise envoltória de dados. Além disso, Cook, Tone e Zhu (2014) afirmam que é necessário dispensar todos os esforços para incluir o máximo número de variáveis possíveis que façam sentido prático para a investigação proposta. No entanto, os autores fazem um alerta destacando que quando se trata da utilização do DEA, não é possível ter completa certeza que todas as variáveis relevantes foram incluídas no modelo final.

Assim, esta seção apresenta os procedimentos realizados para a etapa de seleção das variáveis a serem utilizadas na modelagem DEA para este trabalho, de acordo com o Esquema 4.

Esquema 4 – Etapas descritas nesta seção para a seleção de variáveis do modelo DEA



Fonte: Elaborado pelo autor com base em Senra et al, (2007).

#### 4.5.1 Métodos de Seleção de Variáveis

Conforme observado por Ferreira e Gomes (2009), o DEA apresenta vantagens significativas que podem por si só explicar a sua escolha para a mensuração da eficiência. Dentre estas vantagens, é possível destacar o poder desta ferramenta de estabelecer metas e contribuições de melhoria para cada uma das DMUs consideradas ineficiente. Além disso, mais de uma empresa pode ser classificada como eficiente, formando uma fronteira da eficiência que serve como referência para as demais DMUs ineficientes. Por conseguinte, pode ser verificado quais as práticas gerenciais adotadas pelas empresas eficientes que podem fazer com que o escore das empresas ineficientes aumente.

No entanto, uma das principais fragilidades do DEA é a sua baixa capacidade de ordenação das unidades tomadoras de decisão, já que, quanto maior o número de variáveis com relação ao número de DMUs, menor é seu poder de discriminação, e isto ocorre pelo fato de existir uma tendência de muitas unidades analisadas ficarem com uma eficiência máxima e se localizarem na fronteira da eficiência. (SENRA ET AL., 2007; ÂNGULO-MEZA ET AL., 2007; MELLO ET AL., 2001).

De acordo com Senra et al (2007) na literatura sobre DEA, a grande maioria dos trabalhos publicados aborda uma metodologia de seleção de variáveis, segundo a opinião de especialistas, ou até mesmo de acordo com os dados disponíveis. Desta forma, existe a necessidade de uma maior discussão sobre esta problemática da seleção das variáveis utilizadas na modelagem, pois Thanassoulis (1996) afirma que o conjunto de variáveis selecionadas terá uma grande influência no resultado da avaliação da eficiência.

A ideia principal dos métodos de seleção de variáveis passa pelo pensamento de que nos modelos em que a problemática da ordenação se torna crítico, pode ser selecionado um número reduzido de *inputs* e *outputs* que representem de uma maneira adequada a relação causal e que não atribuam eficiência máxima a um número elevado de DMUs. Os métodos de seleção partem do pressuposto que, dado um modelo de “n” variáveis, existe um modelo reduzido, de “x” variáveis, capaz de manter a relação causal do modelo completo e, ao mesmo tempo, apresentar uma melhor capacidade de ordenação das DMUs, sendo “x” < “n”. (SENRA, NANCI E MEZA, 2005; SENRA, 2008).

De acordo com Senra (2009), é imprescindível compreender que os resultados alcançados através dos métodos de seleção serão compostos por algumas variáveis do modelo completo de “n” variáveis, e devem ser vistos como resultados otimizados deste modelo completo, dado que as “x” variáveis foram selecionadas levando em consideração os dados disponíveis de todas as “n” variáveis.

Ao utilizar alguma técnica de seleção, não se busca defender que a modelagem inicial com “n” variáveis esteja errada e que é necessário um novo arranjo das variáveis. Entretanto, procura-se apresentar um resultado otimizado, que seja capaz de manter uma relação causal e uma boa discriminação entre as DMUs considerando todas as variáveis originais, apresentando resultados representativos e com maior poder de análises. (ÂNGULO MEZA ET AL, 2007; SENRA, NANCI E MEZA, 2005). Além disso, Senra et al. (2007) explica que ter a possibilidade de escolha de diferentes variáveis não pode ser interpretado como uma fraqueza no DEA, do contrário, a variação destes *inputs* e *outputs* possibilita levar em conta uma dimensão diferente de um certo fenômeno, ou olhar para as DMUs com outra ótica.

Os métodos de seleção de variáveis devem ser instrumentos de auxílio à decisão que irão orientar a escolha final realizada pelo pesquisador e têm o objetivo de identificar quais dentre as variáveis propostas melhor descrevem o desempenho das unidades em avaliação. Sendo assim, é fundamental que exista uma etapa de análise prévia das possíveis variáveis feita juntamente com os tomadores da decisão, especialistas e analistas da área que poderão ou não utilizar o método como ferramenta. Só após esta etapa faz sentido pensar em métodos

de seleção. Além disso, em qualquer método utilizado, os tomadores da decisão devem verificar a sua coerência e analisar se nenhuma variável que considere importante para representar a realidade não ficou omitida. (ÂNGULO-MEZA ET AL., 2007; SENRA, 2007).

Para Rodrigues, De Aquino e Thomaz (2017), a seleção de variáveis é justificada toda vez que se têm um grande número de variáveis e um número limitado de DMUs. Assim, caso não seja desejável usar modelos avançados e nem seja possível aumentar o número das unidades de análises, uma das principais opções é limitar o número de variáveis que irão entrar no modelo.

Norman & Stoker (1991) propuseram um método de seleção de variáveis aliando a DEA com uma análise de correlação simples, criando um método interativo e, ao mesmo tempo, que identifica as variáveis importantes para o modelo e calcula medidas de ineficiências dos planos de operações observados. Este método foi remodelado por Lins & Moreira (1999) que propuseram diferentes variantes e o chamaram de IO-Stepwise. Já Soares de Mello et al (2002), baseados em Lins & Moreira (1999), desenvolveram o método multicritério para seleção de variáveis, e, com base neste método, foram selecionadas as variáveis do modelo DEA utilizado nesta pesquisa.

#### **4.5.2 Método Multicritério para Seleção de Variáveis**

O Multicritério destaca-se entre os métodos de seleção de variáveis por ter o poder de combinar uma boa relação causal e boa discriminação entre as DMUs. Além disso, é um método que tem uma grande participação do tomador da decisão, dado que é ele quem deve escolher o par inicial de *input* e *output* que obrigatoriamente farão parte do modelo, apresentando, assim, um custo de cálculo menor aos demais métodos. (SENRA E SOARES DE MELLO, 2004; SENRA ET AL., 2007, MELLO ET AL., 2001, SOARES DE MELLO ET AL, 2002).

A relação causal é medida através do ajuste à fronteira, que é medido pela eficiência média do conjunto de DMUs e, através da sua normalização, têm-se a variável SEF, que atinge o valor “1” para o maior escore de eficiência e “0” para o menor. Já a discriminação leva em conta o número de DMUs que se apresentaram eficientes e, quanto menor o número de DMUs eficientes, maior é o poder discriminatório do modelo. A normalização desta medida gera a variável SDIS, que atinge o valor “1” para o menor número de DMUs na fronteira de eficiência, e “0” para o maior número de DMUs eficientes (SOARES DE

MELLO ET AL, 2002; SENRA E MELLO, 2004; RODRIGUES, DE AQUINO E THOMAS, 2017)

Segundo Soares de Mello et al (2004), para selecionar a variável que apresenta um melhor desempenho e deve ser incluída no modelo, é realizada uma soma ponderada de SEF e SDIS com a restrição de que a soma dos pesos seja igual à unidade, e esta soma é o critério síntese conhecido por S, conforme Equação 23 abaixo.

$$S = \alpha SEF + (1 - \alpha)SDIS \quad (23)$$

Onde  $0 < \alpha < 1$ .

É selecionada para o modelo a variável que apresentar um maior valor de S e se o número dessas variáveis não exceder 1/5 das DMUs, repete todo o processo para que seja incorporada nova variável, do contrário, todas as variáveis que devem conter no modelo já estão selecionadas. O Quadro 6 apresenta os passos para a realização do método multicritério para seleção de variáveis. (SENRA ET AL., 2007; SENRA E MELLO, 2004; SOARES DE MELLO ET AL, 2004).

Quadro 6 – Etapas para aplicação do método multicritério para seleção de variáveis em DEA

(continua)

Etapas		Detalhes
Etapa 1	Escolha do par inicial	Nesta fase, é escolhido qual é o melhor par de <i>input</i> e <i>output</i> inicial de acordo com o conhecimento do tomador da decisão sobre o assunto estudado.
Etapa 2	Acrescentar uma variável ao par inicial	Nesta etapa, é acrescentada cada uma das variáveis a serem analisadas ao par de <i>input</i> e <i>output</i> inicial escolhido.
Etapa 3	Eficiência média	Calcular a eficiência média para cada variável acrescentada.
Etapa 4	DMUs eficientes	Contar o número de DMUs eficientes para cada variável acrescentada.
Etapa 5	Normalizar a eficiência média	Os valores obtidos das eficiências médias serão normalizados através de uma interpolação onde a maior eficiência encontrada dentre os grupos de variáveis analisados recebe o valor de “1” e o menor escore de eficiência média encontrado recebe o valor “0”. Assim, este valor normalizado é chamado de Sef.
Etapa 6	Normalizar as DMUs	O número de DMUs eficientes é normalizado através de uma interpolação onde o valor “1” é atribuído àquele grupo de variáveis analisadas que apresenta o menor número de DMUs na fronteira da eficiência, e o valor “0” é atribuído ao grupo que apresenta um maior número de DMUs eficientes. Assim, este valor normalizado é chamado de Sdis.

Etapas		Detalhes
Etapa 7	Determinar termo S	A partir das duas variáveis obtidas nas etapas anteriores (Sef e Sdis), faz-se a soma ponderada e é obtido o valor de S. Cabe ao tomador da decisão escolher o fator que julgar mais relevante e escolher o valor de a, no entanto, recomenda-se que seja atribuído o valor 0,5 para dar a mesma importância tanto para Sef quanto para Sdis.
Etapa 8	Escolher variável	A opção que apresentar um maior valor de S é considerada a opção que melhor concilia uma boa relação causal e uma boa ordenação do modelo e deverá ser a escolhida, lembrando sempre a importância da coerência da variável com o contexto da problemática estudada.
Etapa 9	Verificar o limite de variáveis	Verifica-se se o número de DMUs excede o quádruplo das variáveis ( <i>input</i> + <i>output</i> ), se afirmativo, encerra-se o processo de seleção das variáveis.

Fonte: Adaptado de Mello et al (2004).

#### 4.5.3 Validação do Modelo Teórico com Especialistas

A definição das variáveis partiu de uma lista de possíveis *inputs* e *outputs* do processo que se tem a intenção de analisar, no caso, a produção da soja. Apesar de que o modelo conceitual inicial não possa ser aplicado na íntegra, torna-se muito útil, pois, conforme Jain, Triantis e Liu (2011), serve como ponto inicial para a definição das variáveis a serem utilizadas. Com base nesta afirmação, a etapa de validação do modelo teórico com os especialistas teve como base os possíveis *inputs* e *outputs* que foram utilizados para análise da eficiência na produção da soja por diferentes trabalhos, conforme pode ser visto na sessão 2.3 deste trabalho.

Para esta etapa de seleção das variáveis, Ferreira e Gomes (2009) comentam que é preciso um conhecimento profundo da atividade em análise. No entanto, isto também pode acontecer mediante consultas de especialistas no setor, ramo ou atividade que se está analisando.

Sendo assim, foram realizadas entrevistas com especialistas do setor da agricultura a fim de validar as variáveis escolhidas para o modelo. Para esta etapa, os entrevistados foram escolhidos em função da experiência na atividade, bem como por seus conhecimentos teóricos, buscando visões complementares para a definição do modelo. Esta foi uma etapa crucial para o andamento do trabalho, pois também permitiu discutir a disponibilidade das informações e as estratégias para a etapa de coleta destes dados. O Quadro 7 traz um perfil dos entrevistados.

Quadro 7– Perfil dos entrevistados na etapa de validação das variáveis do modelo DEA

<b>Entrevistado A</b>	Agricultor com mais de 40 anos de experiência na área e dentre as culturas que trabalha estão o milho, trigo e a soja.
<b>Entrevistado B</b>	Engenheiro Agrônomo e sócio fundador da empresa Cooplantio, empresa que presta consultoria agrícola e é especializada na venda de insumos e presta assistência técnica aos produtores. Além disso, é palestrante em eventos do agronegócio gaúcho e nacional e produz a soja há mais de 30 anos.
<b>Entrevistado C</b>	Possui Graduação, Mestrado e Doutorado em Agronomia e atua na área de Mudança Climática e Agricultura, Ecofisiologia Agrícola e Oleicultura.
<b>Entrevistado D</b>	Graduado em Agronomia, possui Mestrado e Doutorado em Ciência do Solo e tem experiência na área de agronomia e ciência do solo, com ênfase em física e manejo e conservação do solo e da água, atuando, principalmente, nos temas relativos ao plantio direto, dinâmica da água e do solo e a estrutura do solo e os impactos nos sistemas de manejo na água do solo.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Cada variável listada no modelo teórico DEA foi discutida com os especialistas a fim de verificar quais delas estão mais alinhadas com o processo investigado e que fazem mais sentido dentro do contexto do público alvo. Inicialmente, as variáveis “entrada total de energia”, “energia renovável” e “energia não renovável” que fazem parte do modelo teórico, foram descartadas pelos especialistas pelo fato de não se ter conhecimento de produtores que trabalham com este tipo de insumos nas suas produções de soja.

O Quadro 8 apresenta as variáveis do modelo teórico validadas pelos especialistas sem a necessidade de alteração.

Quadro 8 – Variáveis do modelo teórico que não sofreram alteração

(continua)

<b>Variável</b>	<b>Unidade</b>	<b>Literatura</b>
Combustível	Litros	Nabavi-Peresaraei et al (2016); Mohammadi et al. (2013); Raucci et al (2015)
Sementes	Quilogramas	Nabavi-Peresaraei et al (2016); Mohammadi et al. (2013); Raucci et al (2015)
Área	Hectares	Costanheira e Freire (2013), Alvim e Stup (2014), Stuker (2003 - AGN 4); Campos, Coelho e Gomes (2012).
Total de soja produzida na safra de 2016/2017	Sacas	Mohammadi et al. (2013); Raucci et al (2015)

(conclusão)

Variável	Unidade	Literatura
Água para irrigação	Litros	Nabavi-Peresaraei et al (2016); Mohammadi et al. (2013)
Eletricidade utilizada	Quilowatt-hora	Mohammadi et al. (2013); Raucci et al. (2015); Campos, Coelho e Gomes (2012).

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quanto às variáveis “água para irrigação” (em litros) e “eletricidade” (em KWh), estas foram mantidas na coleta caso fosse possível acessar produtores que trabalham com irrigação em suas propriedades.

Com relação às demais variáveis, o Quadro 9 apresenta as definições de acordo com a literatura e as proposições e sugestões dos especialistas.

Quadro 9 – Variáveis adequadas conforme validação de especialistas.

(continua)

Variável (unidade)	Proposição	Literatura
Trabalho humano (horas)	Esta variável foi formulada com base nas quatro principais etapas da produção da soja, sendo elas o plantio, a pulverização, a colheita e o transporte. Para a sua definição, foram coletados o número de dias trabalhados em cada uma destas etapas e quantas horas, em média, um homem trabalha durante um dia no período de produção. Além disso, foram coletadas informações referentes a mão de obra utilizada para produção da soja, sendo ela fixa ou temporária.	Nabavi-Peresaraei et al (2016); Mohammadi et al. (2013) / Alvim e Stup (2014); Stuker (2003);
Fertilizantes (kg/hectare)	Nesta variável, foram sintetizadas cinco variáveis do modelo teórico, sendo elas o “nitrogênio”, “fosfato”, “potássio”, “adubo” e “calcário”. Isto se deu pelo fato de que todas estas variáveis agem como fertilizantes e podem ser coletadas em uma mesma unidade de medida.	Nabavi-Peresaraei et al (2016); Mohammadi et al. (2013); Raucci et al (2015); Campos, Coelho e Gomes (2012).
Agroquímicos (litros/hectare)	Nesta variável, foram sintetizados (através da quantidade total da utilizada) os quatro principais insumos que representam a ação dos agroquímicos, sendo de fácil acesso para o produtor rural a ser analisado. São eles: os herbicidas, inseticidas, fungicidas e dessecantes.	Nabavi-Peresaraei et al (2016); Raucci et al. (2015); Campos, Coelho e Gomes (2012).
Número de tratores (CV)	Para esta variável, foi verificado quantos tratores são utilizados para a produção da soja e qual a potência em CV. Assim, somou-se para obter uma potência total em CV que cada produtor utilizou.	Nabavi-Peresaraei et al (2016); Mohammadi et al. (2013) / Alvim e Stup (2014); Stuker (2003)

(conclusão)

<b>Variável (unidade)</b>	<b>Proposição</b>	<b>Literatura</b>
Caminhões (capacidade)	Para esta variável, foi verificado quantos caminhões foram utilizados para a produção da soja e qual a sua capacidade em toneladas. Assim, somou-se para obter uma capacidade total em toneladas que cada produtor utilizou para o transporte.	Nabavi-Peresarai et al (2016); Mohammadi et al. (2013) / Alvim e Stup (2014); Stuker (2003)
Colheitadeiras (pés de corte)	Para esta variável, foi verificado quantas colheitadeiras foram utilizadas para a colheita da soja e quantos "pés de corte" possuía cada uma delas. Assim, somou-se para obter uma o total de "pés de corte utilizados na colheita.	Nabavi-Peresarai et al (2016); Mohammadi et al. (2013) / Alvim e Stup (2014); Stuker (2003)
Plantadeiras (linhas)	Para esta variável foi verificado quantas plantadeiras foram utilizadas para realizar o plantio da soja e quantas "linhas" possuía cada uma delas. Assim somou-se para obter uma o total de "linhas" utilizadas no plantio.	Nabavi-Peresarai et al (2016); Mohammadi et al. (2013) / Alvim e Stup (2014); Stuker (2003)
Pulverizadores (metros e capacidade)	Para esta variável, foi verificado quantos pulverizadores foram utilizadas para realizar a pulverização,o da soja e quantos metros possuía cada um deles. Assim, somou-se para obter uma o total de metros utilizados na pulverização.	Nabavi-Peresarai et al (2016); Mohammadi et al. (2013) / Alvim e Stup (2014); Stuker (2003)
Índice pluviométrico médio (em mm)	Esta variável foi inclusa com o objetivo de controlar os níveis precipitação pluviométrica na produção da soja e foi definida através de uma média dos índices de chuvas nos meses que vão desde o plantio até a colheita da cultura da soja no RS, sendo de outubro de 2016 até maio de 2017, de acordo com o calendário agrícola. Inicialmente, buscou-se esta informação de acordo com cada produtor para realizar uma melhor mensuração. No entanto, poucos foram os que realizavam este tipo de controle em sua propriedade. Assim, aqueles que não apresentaram os dados, o índice foi mensurado pela média da localidade em que cada propriedade se encontra.	-----

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quanto ao maquinário utilizado na produção de 2016/2017, é importante ressaltar que, inicialmente, trabalhava-se com a ideia de coletar esta variável em número de hora/máquina utilizada na produção da soja. Não obstante, de acordo com os especialistas, este é um valor de difícil mensuração para os produtores. Assim, buscando trazer para o modelo a tecnologia utilizada no campo pelos produtores, esta variável desmembrou-se nas 5 outras variáveis demonstradas no Quadro 8 referentes ao maquinário.

A Tabela 6 apresenta um total de 13 variáveis do modelo DEA, selecionadas a partir da revisão da literatura, validação e discussão com os especialistas:

Tabela 6 – Variáveis do modelo DEA após validação

	<b>Nome</b>	<b>Unidade</b>	<b>Código</b>
<b>INPUTS</b>	Trabalho	Horas	1_TRAB_H
	Trator	CV	2_TRAT_CV
	Caminhão	TON	3_CAMI_TON
	Colheitadeira	Pés de corte	4_COLHEIT_PE
	Plantadeira	Linhas	5_PLANT_LINHAS
	Pulverizador	Metros e Litros	6_PULVER_M
	Combustível	Litros	7_COMBUST_L
	Fertilizantes	KG	8_FERTILIZ_KG
	Agroquímicos	Litros	9_AGROQ_L
	Sementes	KG	10_SEMENTES_KG
	Índice Pluviométrico	mm	11_PLUV_MM
	Área total de produção da soja	Hectares	12_AREA_HA
<b>OUTPUT</b>	Total de soja produzido	Sacas	OUT1_SOJA_SACAS

Fonte: Elaborada pelo autor.

#### 4.5.4 Modelo DEA analítico

O modelo DEA proposto após a validação dos especialistas ficou com um total de 13 variáveis, sendo 12 *inputs* e 1 *output*, apresentando, assim, um baixo poder de discriminação entre as DMU's eficientes, visto que foram um total de 40 unidades analisadas, dificultando, assim, a análise dos resultados. Com a impossibilidade de expansão do número de DMU's para chegar a uma discriminação razoável, optou-se por utilizar o método multicritério de seleção de variáveis para definição do modelo DEA ao qual foi desenvolvido este trabalho.

Conforme visto, a primeira etapa do método constitui na escolha do par *input/output* inicial e, buscando uma lógica para esta escolha, optou-se por selecionar o par que apresentou melhor eficiência média dentre as 40 DMUs analisadas, conforme o trabalho de Rodrigues, De Aquino e Thomaz (2017), que utilizou este critério. Através da Tabela 7, é possível observar que o par 12\_AREA\_HA x OUT1\_SOJA apresentaram a maior eficiência média, sendo 85,23%.

Tabela 7 – Escolha do par inicial

PAR ANALISADO	EFF Média	PAR ANALISADO	EFF Média
1_TRAB_H x OUT1_SOJA_SACAS	0,474869	7_COMBUST_L x OUT1_SOJA_SACAS	0,590952
2_TRAT_CV x OUT1_SOJA_SACAS	0,566500	8_FERTILIZ_KG x OUT1_SOJA_SACAS	0,627778
3_CAMI_TON x OUT1_SOJA_SACAS	0,697675	9_AGROQ_L x OUT1_SOJA_SACAS	0,624833
4_COLHEIT_PE x OUT1_SOJA_SACAS	0,606413	10_SEMENTES_KG x OUT1_SOJA_SACAS	0,668214
5_PLANT_LINHAS x OUT1_SOJA_SACAS	0,655759	11_PLUV_MM x OUT1_SOJA_SACAS	0,829526
6_PULVER_M x OUT1_SOJA_SACAS	0,790933	12_AREA_HA x OUT1_SOJA_SACAS	0,852364

Fonte: Elaborada pelo autor.

A partir do par inicial escolhido, dando sequência no método multicritério para seleção de variáveis, se acrescentou uma terceira variável e foi estimado o valor de S, através das variáveis Sef e Sdis, já comentadas anteriormente na sessão 4.5.2. No apêndice C podem ser encontradas duas tabelas como demonstração do procedimento realizado para a inclusão da terceira e da quarta variável ao modelo. O *input* 11\_PLUV\_MM, foi aquele que apresentou um maior valor de S e foi a terceira variável escolhida, já o *input* 7\_COMBUST\_L, foi a quarta variável incluída no modelo.

Neste trabalho, optou-se por demonstrar, como exemplo, o processo de inclusão apenas destas duas variáveis. Seguindo esta metodologia de seleção de variáveis, foram acrescentados mais 4 *inputs*, sendo um total de 8 variáveis (7 *inputs* e 1 *output*) para 40 DMUs, respeitando a proporcionalidade de 1/5 sugerida por Senra et al (2007) e Gonzalez-Araya (2003).

Analisando a coerência das variáveis selecionadas para o modelo, observa-se que foram descartadas aquelas relacionadas ao “maquinário”. Isto se explica pelo fato de que foi obtido um grande valor de “pesos zero” para estas variáveis, impactando minimamente no resultado da eficiência para que a DMU obtivesse um resultado máximo quando comparada às demais. Na modelagem do trabalho de Gomes et al. (2005), os resultados mostraram que 67%

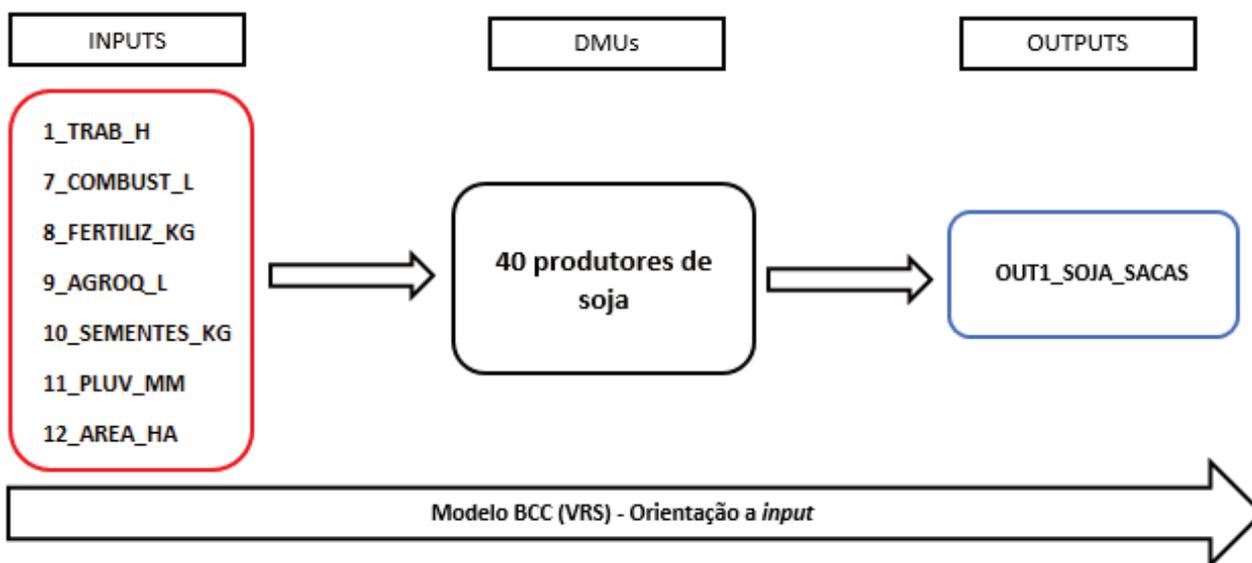
das DMUs obtiveram “pesos zeros” para a variável “uso de máquinas”, mostrando que a maioria dos agricultores emprega horas máquinas em excesso e esta variável “uso de máquinas” também foi desconsiderada para o cálculo da eficiência das DMUs e para a análise dos seus resultados.

Este problema pode ser minimizado com o emprego de alguns modelos adicionais, como aqueles que incorporem restrição aos pesos multiplicadores encontrados em Allen et al, (1997), ou o modelo de avaliação cruzada, conforme Doyle, Green (1995). Ademais, pode ser realizada uma análise da fronteira invertida, conforme Novaes 2002 e Leta et al 2005. No entanto, neste trabalho, os modelos adicionais não foram empregados, optando-se por seguir o método multicritério para a seleção de variáveis e apenas pontuar a sua ocorrência.

Além disso, se leva em conta o apontamento dos autores Senra et al. (2007), que destacam a importância de verificar a coerência do modelo e analisar se nenhuma variável que seja considerada importante para representar a realidade dentro do contexto estudado não fique omitida. Assim, dado que este trabalho busca investigar a relação da eficiência de produtores com diferentes práticas sustentáveis que têm ligação direta ao uso de insumos na produção da soja, torna-se imprescindível no modelo as variáveis relacionadas ao uso de fertilizantes e agroquímicos, por exemplo, que apresentam uma relação direta com o meio ambiente e a sustentabilidade. A variável que representa o uso de combustível pode amenizar a ausência das variáveis ligadas diretamente ao uso do maquinário, e, ainda, o nível de combustível utilizado demonstra coerência com o contexto analisado no trabalho.

Para a mensuração e análise da eficiência dos produtores de soja avaliados nesta pesquisa, optou-se pelo modelo DEA-BCC (VRS), pois, a partir dele, é possível comparar eficiências de escala, ou seja, um produtor não necessariamente precisa obter a melhor relação entre entradas e saídas, pois é considerada a escala de produção individualmente. Sendo assim, este modelo torna-se adequado quando as unidades analisadas são de tamanhos e estruturas diferentes. (MELLO ET AL., 2003). Quanto a sua orientação, optou-se por escolher uma orientação a *inputs*, dado que a redução de produtos prejudiciais ao meio ambiente está ligada diretamente com o contexto analisado neste trabalho. O Esquema 5 demonstra o modelo analítico utilizado para realizar a análise da eficiência neste trabalho.

Esquema 5 – Modelo analítico utilizado para a verificação da eficiência



Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.6 COLETA DE DADOS

Esta sessão apresenta os procedimentos da fase 3 do método de trabalho que corresponde à coleta de dados, sendo que para Yin (2005), é a etapa em que o pesquisador busca informações e dados que servirão de base para elucidar e levar a resposta da questão inicial do trabalho.

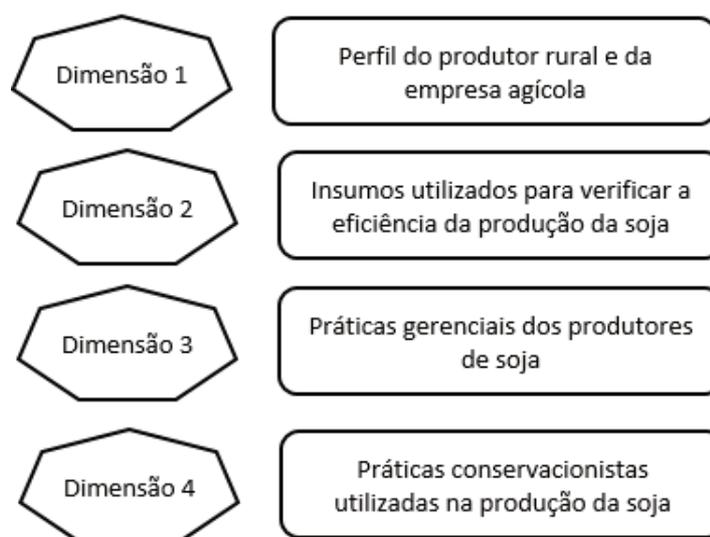
Esta pesquisa envolveu dados primários, através da aplicação do questionário contido no Apêndice A. Foram elaboradas questões fechadas que buscaram verificar o perfil de cada um dos produtores e das empresas analisadas e, também, coletar os dados necessários para a aplicação do modelo DEA, bem como identificar algumas práticas gerenciais realizadas pelos produtores de soja. Além disso, buscaram-se informações quanto às práticas conservacionistas utilizadas na produção da soja.

Este questionário foi desenvolvido com base na dissertação de Gianlupi (2008), que procurou analisar o desenvolvimento sustentável na produção da soja em Rondônia, e na dissertação de Silva (2016), que realizou uma análise da sustentabilidade e da competitividade da soja nos produtores do Oeste e do Sudoeste do Paraná. Além destas duas dissertações que serviram como base, o desenvolvimento do questionário utilizado nesta pesquisa também teve como referência a estrutura proposta pela *Fundação Solidaridad* em parceria com a Coopafi, que desenvolveram um guia de avaliação de sustentabilidade para a produção da soja. O

questionário aplicado nos produtores para a realização desta pesquisa foi dividido em 4 dimensões principais.

Quanto à Dimensão 1, foram abordadas questões referentes ao perfil do produtor rural, bem como a estrutura da sua empresa agrícola. Já na Dimensão 2, foram coletadas as variáveis que permitiram a modelagem DEA. A Dimensão 3 aborda algumas práticas gerenciais realizadas pelos produtores de soja, que foram extremamente importantes no momento de análise das DMUs, consideradas como *benchmarks*. Por fim, a Dimensão 4 abordou sobre as práticas conservacionistas e sustentáveis utilizadas pelos agricultores na produção da soja. A Figura 7 traz estas quatro dimensões principais em que o questionário foi dividido, que podem ser vistas detalhadamente no Apêndice A deste trabalho.

Figura 7 – Estrutura geral do questionário



Fonte: Elaborado pelo autor com base em Gianlupi (2008) e Silva (2016).

É importante ressaltar que já na etapa de validação do modelo também foi realizada a validação junto aos especialistas do questionário como um todo. Foi aplicado o questionário em dois produtores de soja e verificado os pontos que necessitavam de melhoria, seja na formulação das perguntas ou na maneira como elas estavam sendo abordadas aos agricultores. O perfil destes produtores já foi descrito na etapa 4.5.3, que trata da validação do modelo teórico com os especialistas. Nesta etapa, também foram mapeados alguns produtores chaves que poderiam participar da pesquisa, bem como as cooperativas e empresas que prestam assistência técnica diretamente aos produtores de soja da região que poderiam ter um potencial interesse em auxiliar na coleta de dados deste trabalho.

Após este mapeamento, foi realizado um contato inicial com três empresas do setor do agronegócio, sendo uma delas uma cooperativa de grande porte na região estudada e outras duas empresas que prestam consultoria e assistência técnica aos produtores de soja. Este contato foi importante para explicar os objetivos da pesquisa, bem como explicitar as necessidades para a etapa da coleta de dados. Além disso, foi apresentado o questionário que seria utilizado para realizar este levantamento junto aos produtores rurais.

Feito isso, o interesse em auxiliar na coleta veio de parte da cooperativa e de uma das empresas técnicas contatadas. Com relação à cooperativa, esta achou por bem de ela própria fazer um contato inicial com alguns produtores de soja cooperados, principalmente pelo fato de existir uma maior receptividade dos produtores quando é uma indicação da própria cooperativa.

Este contato por parte da cooperativa também buscou mapear aqueles agricultores que seus técnicos julgaram que seria interessante a aplicação do questionário, dado as características de suas produções de soja e o nível de organização e disponibilidade dos dados necessários. Além disso, foi levado em consideração a logística que deveria ser feita para chegar até estas propriedades. Após este levantamento inicial de parte da cooperativa, foi passado para o pesquisador uma lista com os cooperados que se disponibilizaram em participar da pesquisa, e, assim, foi entrado em contato para realizar um agendamento com estes agricultores para que efetivamente o questionário fosse aplicado.

Já com relação ao interesse da empresa que presta assistência para os produtores de soja da região, seja na forma de consultoria técnica e de gestão, ou no fornecimento de insumos, esta disponibilizou uma estrutura física nas suas instalações e, na medida em que produtores de soja chegavam da empresa, era verificada a disponibilidade e o interesse de responder o questionário. Lembrando que estes produtores eram selecionados pelos próprios funcionários que, por já conhecer o perfil da empresa agrícola de cada produtor, indicavam para que o questionário fosse aplicado. Além disso, esta empresa abriu a possibilidade de o pesquisador ir a campo juntamente com um dos engenheiros agrônomos que presta consultoria diretamente na propriedade agrícola, e, assim, realizar a aplicação do questionário.

Nesta etapa da coleta, foram entrevistados 13 produtores de soja indicados pela cooperativa e 17 produtores que foram contatados através da empresa que presta consultoria e assistência aos produtores da região, somando um total de 30 questionários aplicados. Quanto aos demais questionários, estes foram coletados através de um contato direto do pesquisador com mais 11 produtores rurais. No total, foram coletados 41 questionários referentes à safra de soja de 2016/2017, sendo que 1 dos produtores foi descartado na análise por apresentar

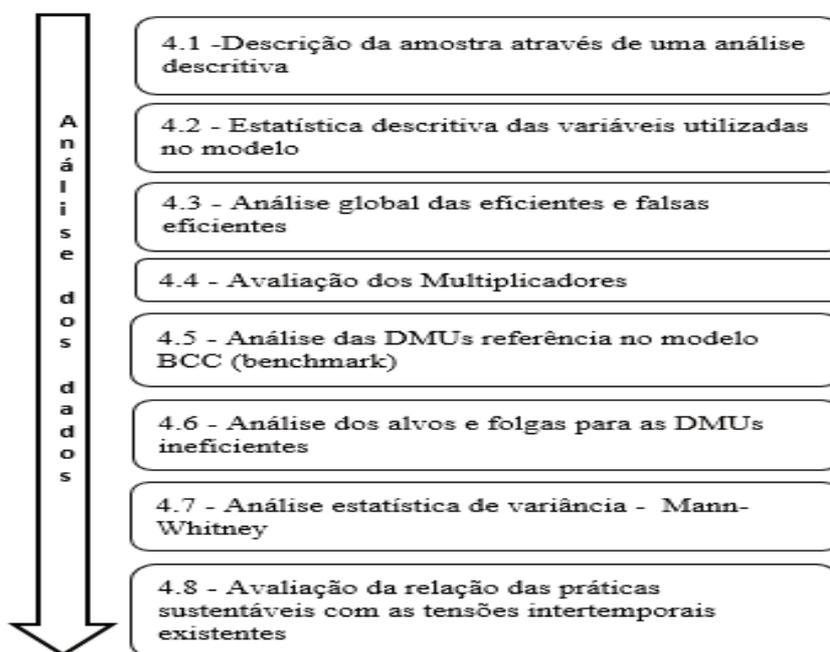
uma quantidade de produção de soja abaixo de 30 hectares, tendo a sua principal atividade agrícola a produção de leite.

Ao final da Fase 3, referente à coleta de dados, foram digitados todos os questionários em uma tabela em Excel para ser realizado os devidos tratamentos dos dados. No Apêndice B, também pode ser encontrado o termo de consentimento livre que foi assinado pelos agricultores que participaram da coleta nesta pesquisa.

#### 4.7 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Após o levantamento dos dados, foi iniciado o processo de análise e avaliação. Esta etapa está organizada de acordo com a Figura 8. Os dados referentes à análise do DEA foram obtidos através do *software* SIAD 3.0, desenvolvido por pesquisadores da Universidade Federal Fluminense.

Figura 8 – Etapas do processo de análise dos resultados



Fonte: elaborado pelo autor.

O procedimento inicial (4.1) para a análise dos dados foi o de realizar uma descrição geral da amostra. Nesta etapa, a amostra foi categorizada de acordo com diferentes características com o objetivo de enriquecer a análise e trazer o contexto dos produtores que se está avaliando. Foi feita uma avaliação dos produtores com relação a sua experiência e o nível de interação com a atividade da soja. Além disso, foi avaliada a intensidade do uso da

terra para a produção da soja por parte destes produtores. Também foi feita uma análise da mão de obra utilizada na produção e as características do sistema de produção em si, como o nível de tecnologia utilizada e o sistema de plantio e práticas conservacionistas utilizadas.

A segunda etapa (4.2) consiste em trazer uma descrição das variáveis analisadas com o objetivo de dar uma amplitude maior quanto ao nível de consumo, tamanho e produção do total desta amostra através de medidas de variabilidades como desvio padrão, máximos e mínimos.

Com relação à terceira etapa (4.3) a análise global das eficiências foi possível através do cálculo da eficiência, utilizando o modelo com retornos variáveis de escala (BCC) orientado a *input*, o que possibilita a verificação do escore de eficiência de cada uma das DMUs analisadas, o que permite verificar o escore médio das 40 DMUs e discorrer por diferentes motivos de ter se obtido uma média elevada de eficiência. Além disso, nesta etapa, também foram identificadas aquelas DMUs consideradas falsas eficientes, conforme indicado por Ari (1993) e Gomes et al. (2009) na sessão 4.2.2 deste trabalho.

Na etapa 4.4 são avaliados os multiplicadores e foram verificadas aquelas variáveis que mais impactaram para a definição do escore de eficiência de cada DMU. Em seguida, na etapa 4.5, foi feita uma avaliação das DMUs consideradas *benchmarks* do modelo, buscando identificar algumas práticas gerenciais utilizadas por estes produtores. Por fim, na última etapa de análise realizada através do modelo DEA (4.6), foram verificados os alvos e as folgas existentes para que as DMUs da amostra se tornem eficientes.

Na etapa 4.7, foi realizada uma análise estatística de variância através do teste Mann-Whitney e será mais bem discutida na próxima sessão. Já na última etapa (4.8), é feita uma análise para verificar a relação entre as práticas conservacionistas e as tensões intertemporais existentes em um contexto de sustentabilidade agrícola.

#### **4.7.1 Análise Estatística – Mann Whitney**

Nesta sessão, será apresentada a maneira como foram realizados os testes estatísticos utilizados nesta dissertação, sendo que foram aplicados testes de hipóteses a fim de verificar se existem indícios de que aqueles produtores que trabalham com práticas sustentáveis na sua produção de soja são significativamente mais eficientes dos que não utilizam destes métodos, e, assim, verificar se através das práticas conservacionistas pode ser uma maneira de conciliar bons retornos imediatos com benefícios futuros.

Primeiramente, foi realizada uma análise individual por produtor para verificar quais das quatro práticas sustentáveis analisadas neste trabalho foram adotadas pelas DMUs. Neste sentido, é importante trazer que, das quarenta propriedades, apenas dezoito delas trabalham com o Manejo Integrado de Pragas e vinte e duas fazem a rotação de culturas. Destaca-se que a prática de correção e conservação dos solos, bem como o sistema de plantio direto, foram utilizadas pelos quarenta produtores analisados. Logo, não apresentando variação, estas duas práticas foram desconsideradas desta análise estatística.

Após esta verificação, a partir dos escores de eficiência (que foram utilizados como variável dependente) encontrados para cada uma das DMUs através do modelo DEA-BCC orientado a *input*, foi realizada uma análise de variância para verificar se existe diferença significativa na média das eficiências daqueles produtores que fazem o manejo integrado de pragas com aqueles que optam por não realizar esta prática. Um segundo teste de variância foi realizado para verificar se existe diferença significativa entre as médias de eficiência dos produtores que adotam o sistema de rotação de culturas na sua produção com aqueles que não adotam.

Recomenda-se que, antes da aplicação da análise de variância, os dados devam ser submetidos aos testes de normalidade e homogeneidade. Assim, primeiramente, foi aplicado o teste de Shapiro Wilk a fim de verificar se os valores obtidos referentes à eficiência técnica são provenientes de uma distribuição normal e, com o objetivo de verificar se os valores das eficiências são homogêneos, foi realizado o teste de Levene, conforme indica Hair et al. (2005).

É importante frisar que, de acordo com Hair et al. (2005), tanto o teste de Shapiro Wilk quanto o teste de Levene servem para viabilizar ou não a utilização de testes de variâncias paramétricos, como uma ANOVA ou um teste-t. No entanto, dado a não normalidade encontrada nos dados (conforme será apresentado no capítulo 5.3 adiante) e a amostra apresentar um delineamento independente, para realizar uma análise de variância, Hair et al. (2005) recomenda a utilização do teste não-paramétrico Mann-Whitney. Logo, este teste foi utilizado para que seja possível inferir se existem diferenças significativas entre as médias das eficiências dos grupos que trabalham com as práticas sustentáveis nas suas produções de soja e aqueles que não utilizam estas práticas.

Através do teste de Mann-Whitney, os escores da amostra analisada serão ordenados do mais baixo ao mais alto para que o teste calcule quantas vezes uma condição é ordenada mais alta do que a outra. A partir desta ordenação, são conhecidos os postos que são adicionados separadamente à cada posição. Assim, se não existe diferença entre os grupos

analisados, os postos altos e baixos ocorrerão de maneira muito similar nos dois grupos e o somatório destes postos será parecido. No entanto, pelo fato de existir um número diferente de opções em cada uma das situações, encontra-se o posto médio. (HAIR ET AL., 2005).

Este teste não paramétrico (Mann-Whitney) também foi utilizado por Júnior et al. (2013), que verificaram o efeito das variáveis “tamanho” e “localização” na eficiência de usinas de cana-de-açúcar existentes no Brasil.

No Quadro 10, estão especificados os parâmetros de aceitação dos testes estatísticos realizados. Estes testes foram executados com o auxílio do software IBM SPSS Modeler (Statistical Package for the Social Sciences).

Quadro 10 – Testes estatísticos realizados e seus parâmetros de aceitação

	<b>Shapiro-Wilk</b>	<b>Levene</b>	<b>Análise de variância Mann-Whitney</b>
<b>Objetivo</b>	Verificar se os dados que se busca analisar são provenientes de uma distribuição normal	Verificar se os dados que se busca analisar são homogêneos	Verificar se existe diferença significativa entre os produtores fazem práticas sustentáveis e os que não utilizam estas práticas na produção da soja
<b>Hipóteses</b>	H0: Os dados são normais H1: Os dados não são normais	H0: Os dados são homogêneos H1: Os dados não são homogêneos	H0: Não existe diferença significativa entre as médias H1: Existe diferença significativa entre as médias
<b>Parâmetros de aceitação</b>	<i>Sign</i> > 0,05	<i>Sign</i> > 0,05	<i>p-value</i> < 0,05

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Hair et al. (2005).

No caso da utilização do teste não-paramétrico Mann-Whitney, se existirem diferenças significativas entre as médias daqueles produtores que utilizam cada uma das práticas sustentáveis analisadas, pode-se concluir que existem indícios de que estas práticas influenciam no escore de eficiência de cada uma das produções analisadas e, assim, é possível constatar se estas práticas conservacionistas são capazes de equilibrar os resultados de curto e longo prazo em uma produção da soja.

No entanto, para fazer uma afirmação de que efetivamente estas práticas impactam no escore de eficiência da produção da soja, seria necessário realizar um experimento e avaliar o comportamento destas eficiências ao longo do tempo, ou seja, realizar um acompanhamento em diferentes safras com agricultores que passaram a adotar estas práticas conservacionistas a partir de uma época específica e verificar o comportamento desta eficiência antes e depois do uso destas práticas. Esta opção se tornou inviável, dado a dificuldade de se obter valores

referentes a safras passadas com os produtores. Além disso, existe a opção de valer-se de modelos econométricos, o que possibilitaria apresentar resultados mais robustos que poderiam explicar com uma maior precisão e certeza se realmente são estas práticas que estão impactando na eficiência. No entanto, por hora, estes modelos não foram utilizados.

#### 4.7.1.1 Hipóteses Testadas

A partir dos escores de eficiências dos produtores que utilizam o Manejo Integrado de Pragas no seu sistema produtivo, buscou-se formular as hipóteses a serem testadas com o objetivo de rejeitar ou aceitar estatisticamente que existem evidências que a média da eficiência daqueles produtores que utilizam o MIP difere significativamente daqueles que não utilizam esta prática. Assim, foram testadas as seguintes hipóteses:

**H1a:** As medidas de eficiências dos produtores que trabalham com o MIP não diferem significativamente com aqueles que não aderiram esta prática.

**H1b:** As medidas de eficiências dos produtores que trabalham com o MIP diferem significativamente com aqueles que não aderiram esta prática.

A partir dos escores de eficiências dos produtores que utilizam a rotação de culturas no seu sistema produtivo, buscou-se formular as hipóteses a serem testadas com o objetivo de rejeitar ou aceitar estatisticamente que existem evidências que a média da eficiência daqueles produtores que fazem a rotação de culturas difere significativamente daqueles que não utilizam esta prática. Assim, foram testadas as seguintes hipóteses:

**H2a:** As medidas de eficiências dos produtores que fazem a rotação de culturas não diferem significativamente com aqueles que não aderiram esta prática.

**H2b:** As medidas de eficiência dos produtores que fazem a rotação de culturas diferem significativamente com aqueles que não aderiram a esta prática.

É importante lembrar que a prática de correção dos solos, bem como o sistema de plantio direto, foi utilizada pelos quarenta produtores analisados. Logo, não apresentando variação, estas duas práticas foram desconsideradas desta análise estatística.

## 5 RESULTADOS

Nesta sessão, serão apresentados os cálculos e resultados referentes à modelagem DEA. Sendo assim, discute-se a eficiência técnica global, pesos, *benchmark*, alvos e folgas. Também serão apresentados os resultados dos testes estatísticos utilizados nesta dissertação. Além disso, esta etapa será aberta com uma análise descritiva da amostra.

### 5.1 DESCRIÇÃO DA AMOSTRA

Nesta etapa, serão apresentadas as características gerais dos produtores de soja analisados, bem como de suas empresas agrícolas.

#### 5.1.1 Características Gerais Dos Produtores de Soja

Para este trabalho, foram obtidas informações de 40 produtores de soja e estes dados são referentes à safra de 2016/2017, compreendidos entre o mês de agosto do ano de 2016 até março do ano de 2017, de acordo com o calendário agrícola para o estado do Rio Grande do Sul.

Com relação ao perfil do produtor analisado, destaca-se o nível de experiência destes agricultores, visto que 50% (20) produzem soja há mais de 30 anos, sendo que apenas 2 produtores (DMU 15 e DMU 20) se mostraram os menos experientes, com 10 anos dedicados a esta atividade. Em média, o tempo de experiência dos produtores entrevistados é de 32,8 anos. Quanto ao nível de formação, é importante verificar que os proprietários de 25% (10) das DMUs analisadas possuem formação em agronomia, apontando que, além da prática, estes produtores detêm um conhecimento teórico importante no momento de produzir seu produto.

Além disso, foi verificado que a produção da soja é a principal atividade econômica de 85% dos produtores entrevistados, o que retrata a importância desta cultura não só para estas empresas agrícolas, mas como também para a sociedade e região que eles se encontram, dado que é uma região em que a economia gira em torno da produção da soja. Também é importante destacar que três produtores exercem a advocacia como principal atividade econômica (DMU 01, DMU 35 E DMU 39) e outros três também exercem a agricultura como principal atividade. No entanto, como principal atividade econômica destacam-se outras

culturas, como a DMU 9, que produz suínos, a DMU 15, que trabalha com gado e produção de leite, e a DMU 30, que tem como sua principal atividade econômica a produção de arroz.

### **5.1.2 Características das Empresas Agrícolas**

Nesta etapa, serão apresentadas as características gerais das empresas agrícolas analisadas.

#### **5.1.2.1 Intensidade do Uso da Terra para a Produção da Soja**

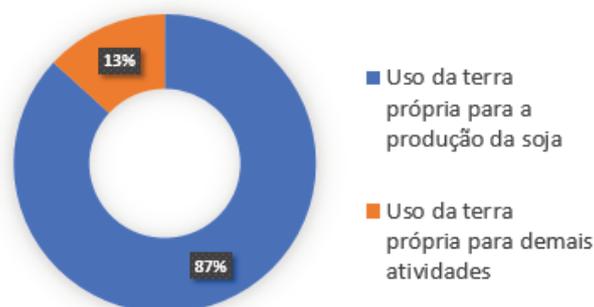
Dos 40 produtores, 39 possuem suas próprias terras para a produção da soja. Apenas o agricultor da DMU 23 não é proprietário da área, assim, esta DMU caracteriza-se por ser 100% arrendada para a produção da soja.

A média de tamanho das propriedades em que o entrevistado é de fato dono das terras ficou estabelecida em 533,33 hectares, com um mínimo de 32 hectares para a DMU 07 e o máximo de 5.000 para a DMU 30. Quanto a isto, é importante ressaltar que a DMU 07 arrenda mais 90 hectares para a produção da soja e a DMU 30, como já visto anteriormente, tem a sua principal atividade econômica no arroz, assim, produz soja em apenas 1300 dos 5000 hectares contidas na propriedade.

Realizando uma análise da área própria do agricultor utilizada somente para a cultura da soja, a média da amostra fica em torno de 388,65 hectares, o que pode ser considerado uma média elevada, levando em conta todas as demais culturas de verão disponíveis para serem cultivadas: a área de matas nativas, rios, e demais áreas necessárias para a infraestrutura da empresa agrícola.

O somatório da área própria total das propriedades analisadas é de 21.333 hectares, sendo que destas, 15.546 hectares são dedicados apenas à produção da soja, resultando 72,87% da área total. Retirando a DMU 30 desta análise por representar uma grande quantidade de hectares sem cultivar a soja por não ser a principal atividade econômica, esta relação fica ainda maior, subindo para 87,03% da área própria cultivada com a soja, conforme demonstra o Gráfico 4.

Gráfico 4 – Relação de “área própria total” vs “área própria com a soja” sem a DMU 30 na análise”

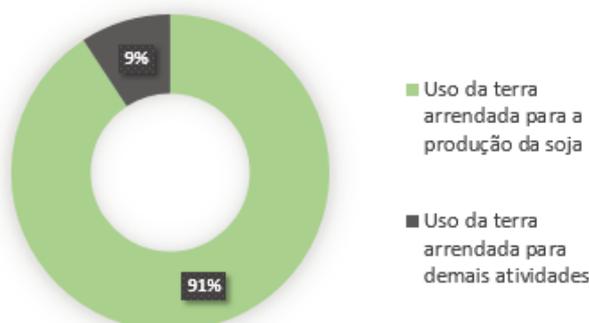


Fonte: Elaborado pelo autor.

Para a realização desta pesquisa, foi considerado o total de área de soja cultivada por DMU analisada. Desta forma, foi necessário incluir aquelas propriedades arrendadas pelos produtores rurais para desenvolverem suas atividades. O tamanho médio das propriedades arrendadas é de 164,86 hectares, sendo a DMU 06, com 10 hectares, a menor parte de terra arrendada, e a DMU 10, com 1100 hectares, a maior propriedade arrendada.

Pode se observar que em torno de 57,5% (23) dos agricultores analisados, além de produzir sua própria terra, arrendam mais uma parte de outra propriedade essencialmente para a produção da soja. Corroborando a esta informação, destaca-se que o somatório de área arrendada das propriedades analisadas é de 3.792 hectares, sendo que destas, 3.442 hectares são dedicados apenas à produção da soja, resultando em 90,77%, conforme o Gráfico 5. A DMU 10 é a única unidade analisada que produz soja utilizando uma área menor do que a arrendada, sendo que arrenda 1100 hectares e produz soja em apenas 750 hectares. Com relação às outras 22 DMUs que trabalham com o arrendamento, o índice de produção de soja por área arrendada é de 100%.

Gráfico 5 – Relação “área arrendada” vs “área destinada a cultura da soja”



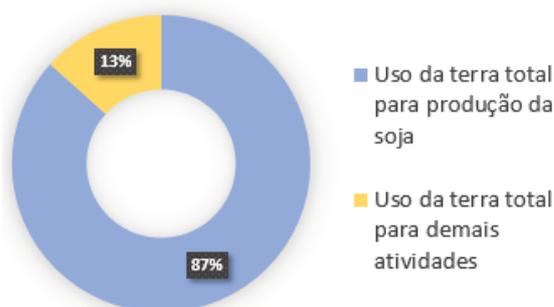
Fonte: Elaborado pelo autor.

Sendo assim, realizando uma análise geral sobre a área total (própria + arrendada) em que os agricultores da amostra cultivam a soja, verifica-se uma média de 474,70 hectares, tendo a DMU 04 como a menor unidade produtora de soja, cultivando 95 hectares, e a DMU 13 como a maior, produzindo 2.600 hectares de soja.

O somatório (área própria + área arrendada) da área das DMUs analisadas resulta em 25.125 hectares, sendo que destes, 75,57% (18.988 hectares) são utilizados apenas para a cultura da soja, o que pode ser considerado um índice alto, quando comparado com a diversidade de demais culturas de verão, áreas de matas, rios e áreas destinadas a infraestrutura da empresa agrícola.

Novamente, torna-se interessante retirar a DMU 30 desta análise por não ter a cultura da soja como principal atividade econômica e, assim, boa parte de sua propriedade (cerca de 3.700 hectares) é destinada exclusivamente ao cultivo do arroz. Com isto, observa-se que a relação “área total” vs “área total com a soja” é ainda maior, apresentando um resultado de 87,9%, conforme o Gráfico 6.

Gráfico 6 – Relação “área total” vs “área total com a soja”, sem a DMU 30 na análise



Fonte: Elaborado pelo autor.

O Quadro 11 tem o intuito de informar de uma maneira resumida a relação “área total analisada” vs “área total com a soja”.

Quadro 11 – Relação entre “área total analisada” vs “área total com a soja”

	Média (ha)	Total (ha)	%
Área total (própria + arrendada)	628,12	25125	75,57
Área total com a soja	474,7	18988	

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 5.1.2.2 Mão-de-obra

Quanto ao perfil da mão de obra, os resultados apontam que apenas 10% das propriedades contam com a mão de obra exclusivamente familiar, sendo que a DMU 04 (95 ha), DMU 17 (105 ha) e DMU 25 (110 ha) caracterizam-se por estar entre as menores áreas de produção de soja analisadas, fato que pode explicar a ausência de funcionários fixos ou temporários para a época da safra. Já a DMU 21, que também trabalha com mão de obra exclusivamente familiar, possui uma propriedade de 150 hectares para a produção da soja, no entanto, são 4 pessoas da família trabalhando.

Ainda com relação à mão de obra familiar, verifica-se que cerca de 75% das DMUs analisadas possuem ao menos duas pessoas da família envolvida diretamente com a produção da soja. Além disso, destacam-se os 10% (4) das propriedades que não contam com a mão de obra familiar para a realização da atividade, sendo elas a DMU 20, DMU 29, DMU 30 e DMU 35. Com relação às DMUs 20 e 29, a ausência de mão de obra familiar se explica pelo fato de seus proprietários optarem por se concentrar apenas na gestão de sua propriedade. Já com relação à DMU 30 e à DMU 35, a ausência de mão de obra familiar explica-se pelo fato de que a produção da soja não é a principal atividade econômica destes produtores, sendo a cultura do arroz para a DMU 30 e o exercício da advocacia para a DMU 35.

Os resultados também demonstraram que 67,5% das propriedades possuem funcionários fixos contratados, com uma média de 3 funcionários por DMU, sendo que 25% das DMUs possuem contrato de trabalho com apenas 1 funcionário. Para a amostra analisada, a soma de funcionários fixos contratados é de 126 pessoas. Neste sentido, destacam-se a DMU 13, DMU 30 e DMU 31, que apresentaram o maior número de funcionários fixos trabalhando na produção da soja, sendo 15, 16 e 18 pessoas respectivamente.

Com relação aos funcionários temporários contratados apenas para a época da safra da soja, foi possível verificar que 72,5% das propriedades utilizam desta prática com uma média de 1,75 funcionários por DMU. A soma de funcionários temporários para a mostra analisada é de 70 pessoas e neste sentido, destacam-se a DMU 13 e a DMU 31, que contrataram 10 e 7 funcionários temporários respectivamente para esta safra de 2016/2017. Além disso, os resultados apontam que 74,07% das DMUs que possuem funcionários fixos contratam ao menos mais um funcionário na época da safra.

### 5.1.2.3 Características Gerais do Sistema de Produção

Das 40 DMUs analisadas, apenas a DMU 13 e a DMU 30 não participam de associações de produtores e isto se explica pelo fato de que estas DMUs, além de produtoras, caracterizam-se por ser empresas cerealistas que, de acordo com a ACEBRA, empresas cerealistas se destacam por fornecer insumos, produzir sementes, recepcionar, tratar, armazenar e comercializar produtos de origem vegetais, atendendo às necessidades de produtores rurais, principalmente àqueles que não possuem uma estrutura adequada para armazenagem de suas safras.

Apenas 8 das 40 DMUs relataram trabalhar com irrigação na sua plantação, representando 10,7% de área total de soja plantada. Neste sentido, a relação das empresas agrícolas que trabalham com agricultura de precisão também foi relativamente baixa, sendo 9 empresas, representando apenas 8,5% do total da área cultivada com a soja. No entanto, 100% dos produtores afirmam receber assistência técnica diretamente relacionada à produção da soja. Além disso, 25% (10) recebe algum tipo de assistência para a gestão da sua propriedade rural e 22,5% (9) afirmam trocar experiências com outros produtores com o objetivo de conhecer novas técnicas de produção, de gestão e de diferentes práticas que estão sendo utilizadas e que podem melhorar a eficiência da produção da soja.

Quanto ao sistema de produção de soja utilizado, apenas a DMU 02 afirmou trabalhar com o sistema de produção convencional em parte da área de soja plantada (80 ha) e nenhuma delas trabalha com a soja orgânica. As demais DMUs (inclusive a DMU 02) indicaram trabalhar com a semente da soja geneticamente modificada em 100% da sua área. Neste sentido, é importante destacar que apenas cerca de 41,76% dos agricultores utilizaram a semente da soja conhecida como “RR intacta”, uma tecnologia que dá resistência aos principais tipos de lagartas da soja, tolerante a herbicidas e que, ao mesmo tempo, proporciona um maior potencial produtivo e redução na utilização de defensivos agrícolas.

Com relação à produtividade média em sacas de soja por hectare produzida na última safra (2016/2017), esta amostra de 40 DMUs apresentou um resultado de 63,25 sacas/ha, valor que representa 7,2 sacas/ha a mais do que a média de produtividade do Rio Grande do Sul (56,00) e do Brasil (56,03). Quando comparado a outros estados, como Mato Grosso (maior produtor de soja brasileiro) e Paraná (segundo maior produtor de soja brasileiro), esta produtividade representa respectivamente 8,7 e 1,23 sacas a mais por hectare de soja produzida, sendo que o Paraná, com média de 62,02 sacas/há, é o único estado Brasileiro que apresenta uma produtividade maior do que os EUA, que produz cerca de 58,35 sacas/ha.

Já nos últimos 5 anos de produção de soja, os agricultores apresentaram um resultado com cerca de 11,18 sacas por hectares a menos do que nesta safra de 2016/2017, e foi apontada a safra de 2011/2012 como a principal causa da baixa da média de soja colhida por hectare. A Tabela 8 traz um resumo desta discussão sobre a produtividade da amostra analisada.

Tabela 8 – Relação da produtividade média da amostra vs produtividade média de referência

<b>Local produzido</b>	<b>Produtividade (sacas/hectare)</b>	<b>Sacas a mais produzida por hectare</b>
<i>Amostra (5 anos)</i>	52,07	--
<i>Amostra (2016/2017)</i>	63,25	
EUA	58,35	4,9
Brasil	56,03	7,22
Mato Grosso	54,55	8,7
RS	56,00	7,25
Paraná	62,02	1,23

Fonte: Elaborada pelo autor.

#### 5.1.2.4 Descrição das Práticas Conservacionistas

Com relação às práticas conservacionistas relacionadas ao manejo do solo, destaca-se que 100% das DMUs apontou trabalhar com o Sistema Plantio Direto (SPD) no total de área plantada com a soja em suas propriedades. Já com relação ao sistema de rotação de culturas, a outra prática relacionada ao manejo do solo analisada, apenas 55% (22) das DMUs indicou utilizá-la no seu sistema de produção.

Destas 22 DMUs que utilizam esta prática de rotação de culturas, quinze (68,2%) delas rotam a produção da soja com a cultura do milho, sendo que a DMU 10 e a DMU 19 fazem essa rotação apenas com o milho. Além disso, destas 22 DMUs, dezoito (81,2%) realizam a rotação com a cultura do trigo, sendo que apenas a DMU 24 faz essa rotação apenas com o trigo. Também foram identificadas quinze (62,8%) DMUs que informaram outras culturas utilizadas para desenvolver o sistema de rotação, sendo de predominância a aveia branca e a aveia preta, além do nabo e do feijão.

Também é possível identificar que das 22 propriedades analisadas que praticam a rotação de culturas, 11 delas faz rotação com ao menos duas culturas além da soja, sendo que 8 DMUs fazem um ciclo de rotação com o milho, trigo e aveia.

Dos 18 produtores analisados que não fazem a rotação de culturas com a produção da soja, apenas 5 deles demonstraram não obter o conhecimento técnico suficiente para a implementação desta prática e 7 produtores alegaram que é uma prática que pode elevar o custo da produção. Neste sentido, a DMU 9 e a DMU 36 destacam a necessidade de um investimento para a produção de culturas como milho e trigo, tanto em maquinários, quanto na produção em si. Além desses fatores, 8 produtores afirmam que é uma técnica que exige um certo tempo para dominá-la e implementar na produção, e 8 produtores não veem a necessidade de se trabalhar com a rotação de culturas no momento.

Dentre outros motivos que fazem com que os produtores de soja analisados não trabalhem com o sistema de rotação de culturas, destaca-se a alta volatilidade dos preços, principalmente de culturas, como milho e trigo, e, de acordo com os produtores, estas culturas estão apresentando um baixo retorno financeiro ao longo dos anos.

Outra prática sustentável na produção da soja que apresentou um resultado de 100% de adesão foi a de conservação do solo, que, conforme visto na literatura, busca evitar erosão e manter a sua qualidade. Esta prática de conservação abrange o total de área plantada de acordo com a frequência com que o produtor realiza as correções.

Na amostra analisada, a média de anos necessários para que as correções sejam realizadas em 100% da área plantada é de 2,97. Cerca de 30% destas DMUs fazem esta correção de solo no total de área plantada de 2 em 2 anos, sendo que se destacam as DMUs 15, DMU 16, DMU 20 e DMU 29, que apontam realizar a correção do solo de ano em ano em toda a área plantada necessária de acordo com as análises. Em contrapartida, a DMU 21 demonstra realizar a correção do solo no total de área plantada apenas de cinco em cinco anos.

Por fim, analisando as DMUs que utilizam o Manejo Integrado de Pragas (MIP) na produção da soja, foi verificado que, das 40 propriedades avaliadas, 18 delas trabalham com o MIP, representando 45% do total da amostra.

Dos 22 produtores que não utilizam MIP, torna-se interessante analisar que 10 deles demonstraram não obter um conhecimento técnico suficiente para trabalhar com esta prática. Além disso, 9 produtores apontam que um dos motivos pelo qual não utiliza esta técnica é a elevação do custo da produção, pois, como por exemplo, conforme a DMU 05 e DMU 39 o produtor não domina esta técnica, logo, precisa pagar por qualquer assistência necessária, o

que eleva o seu custo de produção da soja. Dos produtores que não veem a necessidade da utilização do MIP em sua produção destacam-se 6.

Outros motivos que fazem com que os produtores não utilizem o Manejo Integrado de Pragas nas suas produções de soja podem ser vistos, sendo a necessidade de um tempo elevado tanto para a implementação quanto para o domínio da técnica, ou produtores que avaliam esta técnica como sendo muito arriscada pela grande diversidade de pragas e lagartas que podem vir a prejudicar a plantação, o que os leva a preferir utilizar insumos químicos diretamente, sem realizar o MIP, garantindo, assim, um resultado mais seguro e satisfatório, reduzindo o risco de perdas na produção.

## 5.2 RESULTADOS DO MODELO DEA

Neste capítulo, primeiramente serão apresentadas as estatísticas descritivas de cada variável considerada no modelo DEA. Logo após, serão apresentados os resultados dos cálculos da eficiência técnica global (CCR), eficiência técnica pura (BCC), eficiência de escala e rendimentos de escala dos 40 produtores de soja analisados, considerando a safra de soja do ano de 2016/2017. Além disso, serão identificadas as DMUs mais e menos eficientes de acordo com cada modelo e aquelas DMUs consideradas falsas eficientes. Posteriormente, será realizada uma avaliação das DMUs *benchmark* e seus respectivos escores de referência para cada uma das DMUs ineficientes.

Também será realizada uma discussão sobre a relação dos alvos e folgas das DMUs que apresentam um menor valor de eficiência quando analisadas sob o modelo com retornos variáveis de escala (BCC) e será apresentado o resultado das análises estatísticas realizadas.

### 5.2.1 Estatísticas Descritivas das Variáveis do Modelo

Com relação à amostra analisada, são apresentadas, na Tabela 11, as variáveis que foram empregadas no modelo de análise de eficiência juntamente com sua estatística descritiva. Essas variáveis refletem, de uma maneira geral, as características da produção de soja da amostra e, com isto, é possível perceber uma diferença de magnitude entre as empresas agrícolas estudadas.

Ainda com base na Tabela 9, observa-se que a dispersão dos dados em torno da média resulta em um alto desvio padrão, sendo para todas as variáveis um valor maior do que sua média. Com base nisto, é possível inferir que a distribuição dos dados referentes à produção

da soja não é normal, devido principalmente à diferença escalar da maioria dos produtores com relação a uma pequena quantidade que produz em escala maior do que os demais. Esta diferença fica clara analisando os mínimos e os máximos apresentados.

Tabela 9– Estatística descritiva das variáveis empregadas no modelo

<b>Variáveis</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio Padrão</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
1_TRAB_H	8418,15	11621,37	480,00	50700,00
7_COMBUST_L	23468,75	32713,95	3000,00	180000,00
8_FERTILIZ_KG	227499,75	269276,45	27500,00	1128900,00
9_AGROQ_L	16210,58	33572,98	585,00	176925,00
10_SEMENTES_KG	26318,45	32118,90	3520,00	156000,00
11_PLUV_MM	38439,85	60468,05	1396,00	191886,00
12_AREA_HA	474,70	561,66	95,00	2600,00
OUT1_SOJA_SACAS	30419,50	38065,32	5035,00	192400,00

Fonte: Elaborada pelo autor.

### 5.2.2 Análise da Eficiência

Na Tabela 12, estão relacionadas as 40 propriedades (DMUs) em que foi analisada a produção da soja na safra de 2016/2017. Nesta tabela, também se encontram os resultados da eficiência técnica pura (modelo BCC) referente a cada uma das DMUs analisadas.

É importante enfatizar que todos os valores de eficiência variam entre 0 e 1 e, quanto mais próximos de 1, mais eficiente será considerada a DMU. No entanto, quando o escore da eficiência apresenta um resultado menor que 1, ainda que minimamente abaixo de 1, pode-se assumir que existe uma folga na aplicação dos recursos desta unidade de análise e, portanto, esta é considerada ineficiente quando comparada às demais DMUs que obtiveram as melhores práticas e, por consequência, são consideradas eficientes. (FERREIRA e GOMES, 2009).

As DMUs destacadas em azul na Tabela 10 representam aquelas unidades que atingiram os menores escores relacionados à eficiência técnica pura (BCC), sendo

considerados aqueles valores inferiores a “0,90”, já as DMUs com escore 1,0000, são aquelas consideradas tecnicamente eficientes e estão destacadas na cor verde. Quanto aquelas DMUs destacadas na cor cinza, estas são identificadas como unidades eficientes por “*default*”, ou, falsamente eficientes, conforme será explicado mais adiante ainda nesta sessão. Destacam-se os resultados encontrados no modelo DEA-BCC, dado que serão os norteadores da discussão neste trabalho, conforme já tratado da sessão 4.5 deste trabalho

Tabela 10 – Eficiência dos produtores de soja analisados

<b>DMU</b>	<b>Eficiência DEA-BCC/<i>input</i></b>	<b>DMU</b>	<b>Eficiência DEA-BCC/<i>input</i></b>
<b>1</b>	1	<b>21</b>	0,931688
<b>2</b>	0,911134	<b>22</b>	0,892474
<b>3</b>	1	<b>23</b>	1
<b>4</b>	1	<b>24</b>	1
<b>5</b>	0,930228	<b>25</b>	1
<b>6</b>	1	<b>26</b>	0,886255
<b>7</b>	0,998063	<b>27</b>	0,939262
<b>8</b>	1	<b>28</b>	0,918221
<b>9</b>	0,918158	<b>29</b>	1
<b>10</b>	0,731934	<b>30</b>	0,863183
<b>11</b>	1	<b>31</b>	1
<b>12</b>	1	<b>32</b>	0,942045
<b>13</b>	1	<b>33</b>	0,940337
<b>14</b>	0,884781	<b>34</b>	0,811781
<b>15</b>	1	<b>35</b>	0,790585
<b>16</b>	0,99738	<b>36</b>	0,982782
<b>17</b>	1	<b>37</b>	0,824245
<b>18</b>	0,914863	<b>38</b>	0,943845
<b>19</b>	0,95455	<b>39</b>	0,870571
<b>20</b>	1	<b>40</b>	0,996985

Fonte: Elaborada pelo autor.

### 5.2.2.1 Análise Global das Eficiências

Com base nos resultados apresentados, é possível observar que, dos 40 produtores, 16 deles atingiram um escore de eficiência DEA – BCC de 1,0, ou seja, podem ser considerados como tecnicamente eficientes. A partir destes, foi criada a fronteira da eficiência, que serviu como referência para as demais DMUs. Na Tabela 11, é apresentado um sumário estatístico

do cálculo da eficiência no modelo DEA-BCC das empresas agrícolas que não atingiram o escore 1,0. Apesar de consideradas ineficientes, a média dos escores de eficiência para estas empresas estão próximas do resultado ideal para que alcancem resultados ainda mais satisfatórios.

Tabela 11 – Sumário estatístico da eficiência técnica (DEA-BCC) das DMUs ineficientes

Variável	DMUs eficientes	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Eficiência Técnica	16	0,907306	0,067884	0,731934	1

Fonte: Elaborada pelo autor.

A partir de uma análise do resultado global, ou seja, uma análise que considera a avaliação conjunta de todas as DMUs, verifica-se que o desvio padrão para os escores de eficiência é de 6,7%, e uma média das eficiências técnicas analisadas em torno de 90,73%.

Um ponto importante a se observar é que dentre estas 16 DMUs consideradas tecnicamente eficientes podem existir aquelas falsas eficientes. Sendo assim, foi realizada uma análise daquelas DMUs eficientes por “*default*”, conforme recomenda os trabalhos de Ali (1993) e Gomes et al. (2009).

É importante lembrar que quando analisadas as eficiências pelo modelo DEA-BCC, a DMU que apresenta o maior valor em cada *output*, independente do valor dos *inputs*, e a DMU que apresenta o menor valor em cada *input*, independente do valor dos *outputs*, são consideradas como DMUs eficientes, já que, nestas condições, não existem outras unidades as quais possam ser comparadas. (ALI, 1993; GOMES ET AL., 2009).

Sendo assim, a DMU 04 apresenta os menores valores para os *inputs* relacionados ao trabalho e a área, logo, quando rodado um modelo sem estas variáveis, esta unidade de análise apresentou um score de eficiência de 0,832747, confirmando ser uma unidade falsamente eficiente. Outra unidade considerada falsamente eficiente foi a propriedade 23, que apresentou o menor valor para a variável de entrada relacionada ao índice pluviométrico e, quando rodado um modelo sem este *input*, apresentou uma eficiência de 0,827436.

Seguindo uma análise neste sentido, destaca-se a DMU 06, que apresentou o menor valor da variável de entrada relacionada aos agroquímicos utilizados, e a DMU 25, que apresentou o menor valor de *inputs* para as variáveis relacionadas ao combustível, fertilizantes e a quantidade de semente utilizada na produção da soja e, quando analisada sem estas variáveis de entrada, apresentou um valor de 0,973994 para a eficiência técnica, confirmando ser uma unidade eficiente por “*default*”. Já com relação a variável de saída do modelo, a

DMU 13 foi a que apresentou o maior valor de sacas de soja colhida na safra de 2016/2017. Assim, pode-se considerar como uma unidade de análise falsamente eficiente.

A partir do resultado da verificação das DMUs eficientes por *default*, é constatado que 5 delas podem ser consideradas falsamente eficientes (DMU 04, DMU 23, DMU 06, DMU25 e DMU 13), conforme já relatado, o que significa, que destes 40 produtores analisados, apenas 11 são considerados tecnicamente eficientes.

Dado que a questão central deste trabalho é traçar um paralelo entre a relação da eficiência e práticas conservacionistas na produção da soja, para assim verificar se é possível obter resultados de curto prazo e longo prazo simultaneamente, após identificadas aquelas unidades tidas como falsas eficientes, foi possível verificar que das 11 DMUs restantes, ou seja, aquelas que foram consideradas efetivamente eficientes, nove delas revelaram trabalhar com o Manejo Integrado de Pragas no seu sistema de produção, o que pode ser considerado um resultado interessante, dado que, das 40 DMUs, apenas dezoito adotam esta prática, ou seja, pode-se afirmar que 50% das unidades que trabalham com o MIP foram unidades tecnicamente eficientes.

Realizando esta mesma análise para aquelas unidades que revelaram trabalhar com o Sistema de Rotação de Culturas, verifica-se que das 11 DMUs consideradas efetivamente eficientes, 10 delas utilizam a rotação no seu sistema produtivo, representando 45,45% das 22 DMUs que optam por esta prática no total de unidades analisadas.

Além disso, é importante destacar que apenas doze propriedades se mostraram trabalhar com as quatro práticas conservacionistas investigadas neste trabalho simultaneamente, sendo que destas, oito são consideradas tecnicamente eficientes. Neste sentido, é válido ressaltar que as práticas relacionadas à conservação dos solos e ao sistema de plantio direto foram adotadas pela totalidade dos 40 produtores. A Tabela 12 traz um resumo desta discussão.

Tabela 122 – DMUs eficientes que realizam as práticas conservacionistas na sua produção

		<b>Trabalham com MIP</b>	<b>Fazem Rotação de Culturas</b>	<b>Realizam a conservação dos solos</b>	<b>Trabalham com o SPD</b>
<b>Total de DMUs</b>	40	18	22	40	40
<b>DMUs eficientes</b>	11	9	10	11	11
<b>%</b>	27,5	50	45,45	---	---

Fonte: Elaborada pelo autor.

### 5.2.3 Avaliação dos Multiplicadores

Conforme já explanado na sessão 4.2 deste trabalho, que trata dos conceitos da modelagem DEA, as análises específicas dos pesos atribuídos às variáveis do modelo são importantes, pois são capazes de identificar aquelas que mais vezes foram desconsideradas para que uma determinada DMU obtivesse o valor máximo de eficiência possível quando comparada às demais unidades tomadoras de decisão.

Assim, analisando-se os resultados dos multiplicadores, apesar de apresentar uma eficiência técnica média considerada alta, é possível verificar que poucos produtores fazem um bom uso da quantidade de sementes aplicadas nas suas produções de soja, dado que apresentou um maior número de pesos zeros para o cálculo de eficiência das unidades analisadas. Ademais, verifica-se uma utilização em demasia das horas trabalhadas, visto que esta variável foi a segunda que mais apresentou pesos zeros no modelo. Também é possível constatar um mal-uso da quantidade dos agroquímicos utilizados, bem como um uso intensivo da terra para a produção da soja nesta safra de 2016/2017, revelando que ainda existem pontos a melhorar neste sentido, sendo que 60% dos produtores apresentaram pesos zeros para estas variáveis.

Por outro lado, destacam-se as variáveis relacionadas à quantidade de fertilizantes aplicados na produção e o índice de precipitação durante o período da safra, já que estas foram as variáveis que mais interferiram para a definição das medidas de eficiência, o que demonstra coerência uma escolha do modelo adotado.

### 5.2.3 Benchmarks

Com relação aos *benchmarks*, Ferreira e Gomes (2009) afirmam que, quanto mais vezes uma unidade produtiva eficiente é identificada como parceira de excelência para as DMUs ineficientes, maior é a sua importância entre estas unidades.

Neste sentido, destacam-se três propriedades eficientes que mais aparecem como referência para as unidades ineficientes, sendo que a DMU 20 pode ser considerada como a propriedade de maior referência na produção da soja, visto que aparece quinze vezes em posição de destaque perante as demais unidades de análise. Já a DMU 08 e a DMU 11, cada uma aparece como referência para treze unidades ineficientes. Diante do exposto, é possível concluir que um número significativo de DMUs ineficientes deve seguir as práticas gerenciais

e operacionais destas três unidades acima destacadas com o objetivo de elevar o seu escore de eficiência.

Sendo assim, a seguir, serão explanadas algumas características das práticas gerencias observadas destas três DMUs eficientes classificadas como referência para as unidades ineficientes. A análise da DMU 20 será realizada individualmente, dado que foi a DMU de maior destaque, e a DMU 08 e DMU 11 serão avaliadas em conjunto.

#### 5.2.3.1 Práticas Gerenciais da DMU 20

Com relação às principais características desta empresa agrícola, que pode ser considerada como a propriedade de maior referência entre as onze unidades eficientes, um dos pontos em que se difere da maioria das unidades avaliadas, inclusive das DMUs 08 e 11, é o fato de trabalhar apenas com área própria, não adotando a prática comum de arrendamento de áreas além das suas para produção da soja.

Além disso, esta unidade realiza a produção da soja em apenas 70% do total da área de sua propriedade, o que, quando comparada às outras unidades, pode ser considerada uma proporção relativamente baixa, conforme visto na sessão 5.2.1.1 deste trabalho. Outra característica importante de se analisar nesta DMU 20 é que esta unidade é gerenciada pela proprietária que se dedica exclusivamente na gestão de sua empresa agrícola, não trabalhando diretamente na operação do cultivo da soja. Neste sentido, destaca-se que além de receber assistência técnica para a produção da soja em si, ela também faz uso de uma assistência especializada na organização e no planejamento de toda a propriedade, bem como recebe um acompanhamento de especialistas em gestão agrícola do SEBRAE.

Com relação às características da produção da soja, a DMU 20 apresentou a terceira maior produtividade dentre as 40 empresas analisadas, sendo que, na safra de 2016/2017, foi possível alcançar a marca de 75 sacas de soja por hectare plantado. Outro ponto importante a destacar desta unidade é a utilização da semente geneticamente modificada conhecida como “RR intacta” em 100% da área plantada, sendo 190 hectares.

No quesito investimentos, estes são planejados com uma antecedência de 2 anos, e verifica-se que ao longo dos últimos 5 anos foram realizados investimentos em tecnologias e inovações mecânicas, químicas e biológicas. Além disso, também foram intensificados os investimentos relacionados à gestão da empresa agrícola, seja na forma de cursos e treinamentos ou na forma de seminários e encontros nacionais em que a proprietária participou relacionados à produção da soja.

A comercialização do produto na DMU 20 é feita apenas para a cooperativa associada, não tendo a necessidade de vender imediatamente a sua produção realizada na safra para pagamento de dívidas, por exemplo, existindo, assim, a possibilidade de armazenar o produto na cooperativa, exercendo a opção de adiar e aguardar os movimentos favoráveis do mercado da soja para efetivar uma melhor venda. Neste sentido, esta DMU demonstrou fazer uso da venda antecipada de uma certa proporção da sua safra de quantidade suficiente para cobrir boa parte dos custos da produção.

Com relação ao controle de custos nesta empresa, são realizadas práticas como um registro de todos os custos da produção da soja nas diferentes operações separadamente, sendo elas o plantio, pulverização, colheita e transporte. Também foi constatado que no início de cada safra é realizada uma previsão de custos e, ao término, é feita uma comparação entre o custo previsto e o realizado, a fim de identificar os diferentes objetivos para a safra seguinte. Estes controles são feitos basicamente através de planilhas eletrônicas.

Por fim, esta unidade analisada destaca-se por utilizar as quatro práticas sustentáveis investigadas neste trabalho, sendo elas a correção e conservação dos solos, o manejo integrado de pragas, o sistema plantio direto e o sistema de rotação de culturas.

#### 5.2.3.2 Práticas Gerenciais da DMU 08 e DMU 11

Com relação às principais características destas empresas agrícolas, diferentemente da DMU 20 analisada anteriormente, estas unidades indicaram produzir a soja tanto em área própria quanto em área arrendada, apresentando uma proporcionalidade de quase 100% na relação “área total” vs “área total com a soja”.

Outra característica interessante para analisar nestas empresas é que, diferentemente da maioria das unidades analisadas, estas não fazem uso da opção de contratar funcionários temporários para a época da safra e possuem uma mão de obra 50% familiar, utilizada tanto para a gestão quanto para produção em si. Esta característica torna-se importante no momento em que apresenta um resultado otimizado da variável “tempo total” necessário para a produção da soja no ano de 2016/2017, demonstrando um bom aproveitamento deste *input*.

Também foi possível verificar que, da mesma maneira que a DMU 20, a DMU 08 afirmou que, além de receber assistência técnica para a produção da soja em si, também faz uso de uma assistência especializada na organização, planejamento e gestão de toda a propriedade, o que pode afetar em questões relacionadas às práticas gerenciais utilizadas e às

tomadas de decisão, por exemplo. Diferentemente das demais *benchmark*, a DMU 11 não utiliza de assistência técnica destinada à gestão e à organização da sua propriedade.

Com relação às características da produção da soja, a DMU 08 apresentou a segunda maior produtividade dentre as 40 empresas analisadas, sendo que, na safra de 2016/2017, foi possível alcançar a marca de 76 sacas de soja por hectare plantado, uma a mais que a DMU 20. Já a DMU 11 também apresentou uma alta produtividade, chegando a um valor de 73 sacas por hectare.

Outro ponto importante a destacar destas unidades, que também é encontrado na DMU 20, é a utilização de sementes geneticamente modificadas conhecida como “RR intacta”. No caso da DMU 08, o uso desta semente foi observado em 100% da área plantada, sendo 277 hectares, já na DMU 11, o uso desta semente foi em cerca de 70%, sendo 400 hectares.

No quesito planejamento e investimentos das unidades analisadas nesta etapa (DMU 08 e DMU 11), estas demonstraram um planejamento de uma safra para a outra, ou ano a ano, e, além disso, verifica-se que ao longo dos últimos 5 anos também foram realizados investimentos em tecnologias e inovações mecânicas, químicas e biológicas, conforme aconteceu na DMU 20.

Com relação aos investimentos relacionados à gestão da empresa agrícola, estes foram observados apenas para a DMU 08, realizados principalmente na forma de participação de seminários e encontros nacionais e internacionais relacionados à produção da soja. Outro ponto que ganhou uma certa atenção nos últimos anos para as duas empresas foram os investimentos ligados à infraestrutura, sendo que o produtor da DMU 08 ampliou o seu local de armazenagem e abriu duas estradas com o objetivo de otimizar a logística dentro da sua propriedade. Por fim, o produtor da DMU 11 afirmou ter realizado investimentos a fim de aumentar a área de soja plantada.

Corroborando com a DMU 20, a comercialização do produto na DMU 08 é feita apenas para a cooperativa na qual o produtor está associado, não tendo a necessidade de vender imediatamente a sua produção realizada na safra para pagamento de dívidas, por exemplo, criando, assim, a possibilidade de armazenar o produto, exercendo a opção de adiar e esperar movimentos favoráveis do mercado da soja para efetivar a venda. Fato que não acontece com o produtor da DMU 11, que parte da venda precisa, muitas vezes, ser efetuada em condições de mercado desfavoráveis devido à necessidade de honrar seus compromissos financeiros.

Diferentemente da DMU 20, o produtor da DMU 08 possui local de armazenamento do produto na sua propriedade com capacidade de aproximadamente 500 toneladas,

característica que pode impactar nos custos relacionados ao gasto com combustível, por exemplo. Além disso, ambas as unidades analisadas (DMU 08 e DMU 11) também demonstraram fazer uso da venda antecipada de uma certa proporção da sua safra, o suficiente para cobrir boa parte dos custos da produção.

Com relação ao controle de custos, verificou-se que na DMU 08 não é realizado um registro dos custos da produção da soja nas diferentes operações. No entanto, estes controles estão mais relacionados ao *feeling* e à própria experiência do produtor, que passa dos 35 anos dedicados à cultura da soja. Já a DMU 11, conforme a DMU 20, afirmou realizar um registro dos custos da produção da soja nas diferentes operações (plantio, pulverização, colheita e transporte), e, conseqüentemente, realizar uma previsão destes custos. Além disto, esta empresa agrícola afirmou que ao final de cada safra é realizada uma comparação entre o custo previsto e o realizado, conforme ocorre na DMU 20.

Por fim, em acordo com a DMU 20, estas unidades analisadas destacam-se por utilizar no seu sistema produtivo as quatro práticas sustentáveis investigadas neste trabalho, sendo elas a correção e conservação dos solos, o manejo integrado de pragas, o sistema de plantio direto e o sistema de rotação de culturas.

O Quadro 12 traz uma compilação das informações mais importantes relacionadas às práticas gerenciais utilizadas por essas DMUs eficientes consideradas *benchmarks* para as demais unidades ineficientes.

Quadro 12 – Práticas gerenciais utilizadas pelas DMUs *benchmarks*

(continua)

<b>Práticas Gerenciais</b>	<b>DMUs Benchmarks</b>	<b>DMU 20</b>	<b>DMU 08</b>	<b>DMU 11</b>
Tamanho de área própria (em ha)		270	123	436
Tamanho da área arrendada (em ha)		0	154	140
Tamanho da área total destinada ao cultivo da soja (em ha)		190	277	576
Semente geneticamente modificada RR intacta (em % de área plantada)		100%	100%	70%
Produtividade na safra de 2016/2017 (sacas/ha)		75	76	73
Mão de obra familiar			X	X
Contrata funcionários temporários para a safra		X		
Dedicação do proprietário exclusivamente na gestão		X		
Assistência técnica para a produção da soja		X	X	X

(conclusão)

<b>Práticas Gerenciais</b>	<b>DMUs Benchmarks</b>	<b>DMU 20</b>	<b>DMU 08</b>	<b>DMU 11</b>
Assistência gerencial para a gestão da empresa agrícola		X	X	
Antecedência com que os investimentos são planejados (anos)		2	1	1
Investimentos em tecnologias e inovações mecânicas nos últimos 5 anos		X	X	X
Investimentos em tecnologias e inovações biológicas nos últimos 5 anos		X	X	X
Investimentos relacionados a gestão da empresa agrícola nos últimos 5 anos		X	X	
Investimentos em infraestrutura da empresa agrícola nos últimos 5 anos			X	X
Investimentos realizados para aumentar a área de soja plantada nos últimos 5 anos				X
Comercialização do produto apenas para a cooperativa em que está associado		X	X	
Possui o próprio local de armazenagem			X	
Exerce a opção aguardar movimentos favoráveis do mercado da soja para efetivar a venda		X	X	
Trabalha com venda antecipada suficiente para cobrir parte dos principais custos da produção		X	X	X
Realiza registros dos custos da produção da soja		X		X
Realiza uma previsão dos custos no início de cada safra		X		X
Realiza uma comparação dos custos projetados e realizados ao final de cada safra		X		X
Controle dos custos realizados através de planilhas eletrônicas		X		X
Realiza correção e conservação dos solos		X	X	X
Periodicidade em que realiza esta correção em 100% da área plantada (anos)		1	2	4
Utiliza o Manejo Integrados de Pragas na produção da soja		X	X	X
Trabalha com o Sistema Plantio Direto		X	X	X
Trabalha com o sistema de Rotação de Culturas		X	X	X

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 5.2.4 Alvos e Folgas

De acordo com Gomes et al. (2005), a avaliação de alvos e folgas pode ser considerada uma das mais importantes contribuições da aplicação do modelo DEA na

agricultura, pois permite informar ao produtor rural quais as suas principais fontes de ineficiências e, além disso, informa qual deve ser o caminho a trilhar para que a eficiência atinja patamares mais elevados.

Os alvos são os valores que os produtores devem buscar alcançar referentes a cada variável empregada no modelo e, para a sua estimativa, são considerados os escores das DMUs de referências (*benchmarks*) de cada unidade produtiva ineficiente. É importante destacar que para aquelas DMUs considerados tecnicamente eficientes não existe indicação para alteração no valor das variáveis, logo, são omitidas nesta avaliação. (FERREIRA e GOMES, 2009).

Assim, na Tabela 13, como “valor atual”, apresentado na segunda coluna, têm-se o somatório dos valores observados nas propriedades que apresentaram folgas em cada uma das variáveis. Já a terceira coluna demonstra os valores dos alvos a serem atingidos em cada uma das variáveis do modelo para que os produtores considerados ineficientes se tornem eficientes.

Vale destacar que será realizada uma análise de alvos e folgas “global”, ou seja, uma avaliação conjunta destas DMUs ineficientes, ou daqueles produtores que, mantendo o mesmo nível de produção, poderiam ter consumidos menos recurso no plantio da soja.

Tabela 13 – Relação dos alvos das DMUs ineficientes

Variáveis	Valor atual	Folga	Alvo	Ineficiência
Trabalho_H	129.841,71	28.803,68	101.038,03	-22,18%
Combustível_L	162.743,91	31.599,36	131.144,55	-19,00%
Fertilizantes_KG	3.067.101,66	473.173,31	2.593.928,35	-15,43%
Agroquímicos_L	62.459,78	16.865,71	45.594,07	-27,00%
Sementes_KG	462.161,47	36.685,90	425.475,57	-7,94%
Pluviométrico_MM	13.381,80	2.171,48	11.210,32	-16,23%
Área_HA	7.232,18	407,24	6.824,94	-5,64%
Soja_SACAS	10.707,00	1.398,66	12.105,66	13,06%

Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir de uma análise da coluna “ineficiência”, é possível verificar a proporção em que devam ser reduzidos cada um dos *inputs*, assim destaca-se principalmente a variável que representa o tempo de trabalho e o uso de agroquímicos.

Com relação ao tempo de trabalho, é possível identificar uma folga de 28.803,68 horas, indicando a necessidade de uma redução de 22,18% no total de horas utilizadas. Já os valores relacionados aos agroquímicos indicam uma má utilização deste insumo, dado que apresentou uma folga de 16.865,71 litros, apontando que o seu consumo deva ser reduzido em 27% para que os produtores considerados ineficientes atinjam a eficiência nas suas respectivas produções de soja. Assim, deste modo, deve ser feita a leitura dos demais resultados apresentados referentes a cada um dos *inputs* presentes no modelo.

Já com relação ao *output*, mesmo sendo um modelo DEA orientado a *input*, observa-se que dois produtores apresentaram a necessidade de um incremento de 1.398,66 sacas de soja a serem produzidas para se tornarem eficientes, o que significa um aumento na produção de 13,06%.

Além destas recomendações apresentadas na Tabela 15, os resultados desta avaliação demonstram uma ineficiência referente ao índice pluviométrico e, neste caso, é importante explicitar que o modelo DEA utilizado neste trabalho possibilita a redução de *inputs* que o agricultor não consegue controlar, como o nível de precipitação existente na sua produção. Assim, conforme visto na sessão 4.3 da metodologia, seriam mais indicados a utilização de modelos radiais que não permitissem alterações em variáveis deste tipo, conforme explica Gomes e Mangabeira (2010). No entanto, estes modelos não foram utilizados no desenvolvimento deste trabalho.

Nesta avaliação dos alvos, também é possível verificar que o índice pluviométrico é a variável limitante de melhores resultados na produção da soja destas DMUs ineficientes analisadas, visto que sua folga é zero em 15 das 24 propriedades ineficientes. A partir desta avaliação, também é possível constatar uma coerência entre modelagem e a ocorrência do fenômeno na vida real, sendo que acontecimentos naturais não estão sob o controle do produtor e, assim, podem ser considerados como os principais limitantes no que tange à agricultura.

A fim de realizar uma discussão sobre os alvos e folgas, aplicada a uma unidade da amostra analisada, toma-se como exemplo a DMU 32, que atingiu uma eficiência de 0,9420, sendo este um valor um pouco acima da média global. Além disso, teve como parâmetro de melhores práticas a DMU 08, anteriormente analisada e considerada neste trabalho como *benchmark*.

Para a safra de 2016/2017, a DMU 32 atingiu uma produção de 97.730 sacas de soja, utilizando uma quantidade de 36.796,26 horas trabalhadas, sendo que, de acordo com os resultados do DEA-BCC-*input*, a busca pelo resultado ótimo passa por uma redução de

19,77% para este *input*, significando que este produtor poderia ter alcançado o mesmo nível de produção, utilizando cerca de 7.271,84 horas trabalhadas a menos.

Explanando a discussão neste segmento, com a produção fixada em 97.730 sacas de soja, se esta DMU 32 fosse eficiente, dos 904.786,80 kg de fertilizantes aplicados na produção, cerca de 145.834,07 kg poderiam ter sido poupados, resultando em uma proporção de 16,12% a menos na utilização deste *input*. É verificada a necessidade de realizar uma pequena redução de 3,6% das sementes utilizadas resultando em cerca de 3.018,64 kg a menos.

Os resultados também indicam ao produtor a oportunidade de otimizar o uso da terra em 7,67% para a produção da soja. Além disso, alvos e folgas apontam que se esta unidade analisada se tornasse eficiente, dos 16.667,13 litros de agroquímicos utilizados, 7.065,32 litros poderiam ter sido evitados de ser lançados no meio ambiente, resultando em uma redução de 42,40% na utilização desta variável que está diretamente ligada a sustentabilidade na produção da soja. Quanto variável relacionada ao combustível utilizado na produção não apresentou folgas.

### 5.3 RESULTADOS ESTATÍSTICOS

A seguir, serão apresentados os resultados estatísticos que servem como referência para testar as hipóteses desenvolvidas na sessão 4.7.1.1 do método. É importante ressaltar que os dados utilizados como variável dependente na avaliação deste teste de variância são referentes ao escore de eficiência encontrado a partir da aplicação do modelo DEA-BCC com base nos valores das variáveis da safra de soja 2016/2017.

Lembra-se que para verificar a normalidade dos dados foi utilizado o teste Shapiro Wilk e para verificar a homogeneidade, utilizou-se o teste de Levene. Os resultados estão sintetizados na Tabela 14.

Tabela 14 – Testes de normalidade e homogeneidade dos dados.

Variável analisada	Teste Shapiro Wilk – Normalidade (Sign.)		Teste Levene - Homogeneidade (Sign.)	
	Parâmetro	Resultado	Parâmetro	Resultado
Escore de eficiência	Sign. $\geq 0,05$	Sign. = 0,000	Sign. $\geq 0,05$	Sign. = 0,369

Fonte: Elaborada pelo autor com base em dados da pesquisa e auxílio do SPSS

Ao analisar a Tabela 16, percebe-se que, quanto aos escores da eficiência técnica das produções de soja, o teste Shapiro Wilk apresenta um nível de significância inferior a 0,05 (*sign.* = 0,000). Logo, este resultado permite rejeitar a hipótese nula, significando que os dados não proveem de uma distribuição normal. Com relação ao teste de Levene, este apresenta um nível de significância superior a 0,05 (*sign.* = 0,369), o que sugere que se deva aceitar a hipótese nula, ou seja, os dados demonstram homogeneidade.

Além desta primeira análise do comportamento estatístico dos valores da amostra, foi realizada uma verificação com o objetivo de identificar quais DMUs optaram por trabalhar com o manejo integrado de pragas na safra de 2016/2017. Assim, foi constatado que, das quarenta propriedades analisadas, dezoito delas aderiram esta prática, apresentando, assim, uma eficiência média de 0,969896. Já a eficiência média das outras 22 DMUs que não fazem o manejo integrado de pragas é de 0,923509.

Com relação às empresas que trabalharam com o sistema de rotação de culturas no seu processo produtivo, foi constatado que das 40 DMUs analisadas, vinte e duas delas optaram por trabalhar com esta prática, apresentando uma média de 0,964254. Por outro lado, a eficiência das 18 empresas que não realizaram a rotação de culturas na safra de 2016/2017 é de 0,920097.

Assim, conforme a Tabela 15 a seguir, que traz um compilado destas informações, é possível perceber que os escores de eficiência dos produtores que fazem o manejo integrado de pragas são mais altos dos que não realizam esta prática, e, além disso, possuem uma variabilidade ligeiramente inferior. Já com relação à rotação de culturas, é possível verificar que os escores de eficiência daqueles que fazem rotação de culturas também são mais altos do que daqueles que não realizam esta prática, e, além disso, apresentam uma maior variabilidade, conforme demonstrado pelo desvio padrão. Os valores das medianas também são apresentados na tabela abaixo.

Tabela 155 – Médias da eficiência das propriedades que trabalharam com o MIP e Rotação

<b>Medida</b>	<b>Não faz MIP</b>	<b>Faz MIP</b>	<b>Trabalha com Rotação</b>	<b>Não trabalha com rotação</b>
N	22	18	22	18
Média da eficiência (BCC)	0,923509	0,969896	0,964254	0,920097
Desvio Padrão	0,06612	0,06537	0,07138	0,05914
Mediana	0,9242	1,00	1,00	0,9182

Fonte: Elaborada pelo autor.

Dada a não normalidade encontrada nos escores de eficiências, conforme verificado pelo resultado do teste Shapiro Wilk e a amostra apresentar um delineamento independente, optou-se por seguir a recomendação de Hair et al. (2005) e realizar a análise de variância utilizando o teste não-paramétrico equivalente ao Teste-t, ou seja, o teste Mann-Whitney. A Tabela 16 apresenta os resultados.

Tabela 16 – Resultados do teste Mann-Whitney

Mann-Whitney	Prática Conservacionista	
	MIP	Rotação
U	100,5	91,500
Z	-2,739	-2,992
Sign.	0,006	0,003

Fonte: Elaborada pelo autor através do software SPSS.

O teste de Mann-Whitney mostrou, conforme Tabela 18 acima (U=100,5 e Sign. = 0,006), que existem indícios de que as medidas dos escores de eficiências dos produtores que trabalham com o manejo integrado de pragas (MIP) e aqueles que não aderiram a esta prática diferem significativamente entre si. Desta forma, é possível **rejeitar** a hipótese **H1a (hipótese nula)** e, conseqüentemente, **aceitar** a hipótese **H1b**.

Diante do exposto, o teste de Mann-Whitney mostrou, conforme Tabela 18 acima (U=91,500 e Sign. = 0,003), que existem indícios de que as medidas dos escores de eficiências dos produtores que trabalham com o sistema de rotação de culturas e aqueles que não aderiram esta prática diferem significativamente entre si. Desta forma é possível **rejeitar** a hipótese **H1a (hipótese nula)**.

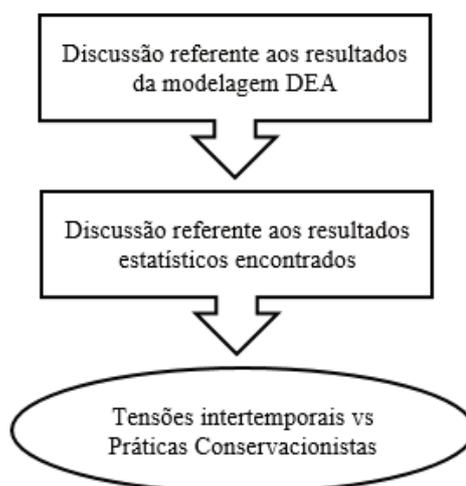
## 6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Posteriormente a apresentação dos resultados encontrados, considera-se pertinente que seja realizada uma discussão com o objetivo de traduzir estes achados e dar um maior significado dentro do contexto analisado nesta pesquisa.

Esta dissertação procurou avaliar se as práticas conservacionistas utilizadas na produção da soja podem amenizar as tensões intertemporais referentes à sustentabilidade ambiental na agricultura. Para isto, foi investigada a relação entre o escore de eficiência de 40 produções de soja referentes à safra de 2016/2017 e o uso destas práticas conservacionistas, sendo que, de acordo com diferentes estudos técnicos, tais práticas trazem benefícios aos produtores rurais, tanto econômicos quanto ambientais. Para isto, foram realizadas análises de variância a fim de verificar se existe indícios de que a adoção das práticas conservacionistas torna a produção da soja mais eficientes ou não impactam positivamente nestes escores e, assim, inferir se efetivamente é possível obter resultados de curto e longo prazo simultaneamente através da sua prática.

Para uma melhor organização e entendimento de como foi dividida esta sessão, primeiramente foram discutidos os resultados encontrados referentes ao modelo DEA, em segundo lugar, é apresentada uma discussão dos resultados da análise de variância e, por fim, é apresentada a relação existente entre as práticas conservacionistas e as tensões intertemporais referentes à sustentabilidade ambiental na produção da soja, respondendo, assim, a questão de pesquisa deste trabalho. A Figura 9 tem a função de demonstrar como está estruturado este capítulo.

Figura 9 – Estrutura da discussão dos resultados



Fonte: Elaborada pelo autor.

## 6.1 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DA MODELAGEM DEA

Nesta sessão, será realizada uma discussão dos principais resultados obtidos a partir da modelagem DEA.

### 6.1.1 Discussão Quanto à Eficiência Global

A partir de uma análise do resultado global, ou seja, uma análise que considera a avaliação conjunta de todas as DMUs, quanto aos resultados da eficiência técnica no modelo DEA-BCC daquelas DMUs ineficientes, foi encontrado um desvio padrão de 6,7%, sendo um valor relativamente baixo, o que pode refletir a homogeneidade dos métodos e práticas adotadas pelos produtores rurais da região em seus processos produtivos.

De fato, um comportamento semelhante era esperado desde as fases preliminares de validação da pesquisa com os especialistas, dado que, por exemplo, já era prevista uma adoção de quase 100% às práticas relacionadas à conservação do solo e ao plantio direto por parte dos produtores de soja, como de fato acabou se revelando no decorrer deste trabalho. Corroborando a isto, apesar de existir um leque diversificado de tecnologias, principalmente relacionadas aos insumos biológicos, os processos produtivos em si não costumam apresentar uma grande variação entre os produtores da região.

Além disso, é possível afirmar que, com uma eficiência média de 90,73%, os produtores ineficientes poderiam ter alcançado os mesmos níveis de produção (em sacas de soja) com uma utilização de aproximadamente 11% a menos de insumos do que foi utilizado na safra de soja do ano de 2016/2017.

Este valor médio da eficiência global foi considerado elevado, tendo como base o estudo dos autores Mohammadi et al (2013), que encontraram uma eficiência global na produção da soja de 81% para aqueles produtores ineficientes. Este nível de eficiência elevado pode ser atribuído a diferentes fatores, como a experiência dos produtores, que, para a amostra analisada, apresentou uma média de mais de 30 anos trabalhando e, principalmente, investindo na atividade da produção da soja. Corroborando a esta informação, conforme visto anteriormente na sessão 3.2 deste trabalho, a produção da soja no Brasil deu-se início na região próxima em que se encontram as propriedades analisadas, o que demonstra um amadurecimento e um desenvolvimento da atividade na região ao longo dos anos, o que pode impactar diretamente na qualidade dos solos utilizados para o cultivo.

Também é possível observar que 100% da amostra revelou receber assistência técnica diretamente relacionada à produção da soja, o que pode ser outra característica importante que faz com que estes produtores apresentem um elevado escore de eficiência global. Além disso, cada vez mais as informações chegam com facilidade ao produtor rural e a presença de diferentes instituições e empresas de extensão e auxílio técnico que é possível verificar na região simplifica o acesso a novos insumos e novas tecnologias aplicadas à produção da soja, tanto biológicas na forma de sementes, fertilizantes e defensivos, quanto mecânicas.

A fim de buscar explicações para uma eficiência média considerada relativamente elevada, torna-se importante novamente trazer para a discussão a produtividade média encontrada nestes produtores, que, quando comparada com os estados do Mato Grosso, Paraná e a própria média do Rio Grande do Sul, apresenta um valor de produtividade superior a estes estados, que, no Brasil, são os destaques na produção desta oleaginosa. Assim, essa produtividade elevada é capaz de nos apresentar indícios de um alto grau de eficiência destes produtores de soja.

Apesar de ser possível dissertar sobre alguns fatores que possam explicar esta média elevada da eficiência técnica encontrada na amostra, destaca-se que é imprescindível valer-se de modelos econométricos para este fim, o que permitiria apresentar resultados mais robustos que poderiam explicar com uma maior precisão os diferentes fatores que causam este escore médio elevado para a eficiência técnica. No entanto, estes modelos não foram utilizados neste trabalho, conforme verificado na sessão 4.3 da metodologia.

### **6.1.2 Discussão Quanto às *Benchmarks***

Conforme já explanado anteriormente, a partir da análise dos produtores considerados *benchmarks*, é possível identificar as DMUs que podem servir como exemplo a ser seguido pelas unidades ineficientes, e, assim, verificar uma relação entre as práticas gerenciais de uma empresa agrícola e uma produção de soja sustentável.

Dentre as principais práticas gerenciais capazes de impactar ambientalmente a produção da soja, é possível destacar a opção dos produtores pelo arrendamento de áreas além da sua própria terra para cultivar essa oleaginosa; a utilização da semente geneticamente modificada conhecida como “RR intacta”; os investimentos realizados em inovações mecânicas, químicas e biológicas, bem como os investimentos feitos a fim de melhorar a infraestrutura e a logística. Além disso, a utilização das práticas conservacionistas é

fundamental para que seja possível produzir alimento de uma maneira ambientalmente mais responsável.

A decisão dos produtores *benchmarks* por trabalhar com a semente “RR intacta” em uma grande proporção de área plantada torna-se importante pelo fato de ser a uma tecnologia que apresenta maior resistência aos principais tipos de lagartas da soja, impactando, assim, diretamente na variável relacionadas à quantidade de agroquímicos consumida, dado que a sua utilização na produção pode ser feita de uma maneira otimizada, ou seja, reduzindo a quantidade destes produtos lançadas no meio ambiente. Além disso, em se tratando da modelagem e da construção do índice de eficiência, esta opção interfere na variável que trata das horas trabalhadas por exigir uma quantidade menor de aplicação destes agroquímicos na plantação.

Com relação aos investimentos realizados em inovações mecânicas e os investimentos a fim de melhorar a infraestrutura e logística da propriedade, estes estão ligados principalmente a um melhor uso do combustível consumido na produção da soja e uma redução de gastos com manutenção, por exemplo. Já as inovações químicas e biológicas fazem relação a um uso otimizado tanto de agroquímicos quanto de fertilizantes, o que pode impactar positivamente quando se trata da busca por uma produção de soja sustentável.

Foi identificado que duas das propriedades consideradas *benchmarks* optaram por produzir a soja tanto em área própria quanto em área arrendada, apresentando uma proporção de quase 100% na relação “área total” vs “área total com a soja”. Assim, é importante destacar que, de acordo com as análises dos pesos, foi constatado um mal-uso da terra por uma parte significativa da amostra, o que demonstra um uso intensivo do solo para a produção da cultura da soja, enfatizando ainda mais da importância da busca por modelos produtivos da soja menos nocivos ao meio ambiente.

Neste sentido, com o objetivo de otimizar o uso da terra para a produção da soja, tem-se como referência a DMU 20, pois um dos motivos que possibilitou esta empresa a apresentar uma boa relação entre “área total” vs “área total cultivada com a soja”, é o fato de que esta DMU vem buscando, ao longo dos anos, uma excelência na prática da rotação de culturas. Esta técnica é aplicada tal como é recomendada por especialistas, respeitando as devidas proporções de culturas plantadas e realizando a rotação de uma maneira correta, o que indica uma razoável restrição no uso da terra para o plantio da soja, fazendo rotação com outras culturas como milho, trigo (inverno) e a aveia branca e preta. Este fenômeno não ocorreu na DMU 08 e DMU 11, que optaram por não plantar o milho safrinha no ciclo de rotação, por exemplo.

Com relação à conservação dos solos, foi identificado que são realizadas correções de solo de ano em ano para a DMU 20, a cada dois anos na DMU 08 e de quatro em quatro anos na DMU 11. Essas correções buscam cobrir toda a necessidade de área apontada pelos especialistas técnicos, fato que pode estar diretamente ligado à variável relacionada ao uso de fertilizantes, tendo em vista que, se realizadas as devidas correções periodicamente, evita-se a erosão e mantêm-se a qualidade dos solos, conseqüentemente, necessitando uma menor quantidade de insumos destinado a este fim.

Por fim, a utilização do manejo integrado de pragas, conforme visto anteriormente, é capaz de reduzir a quantidade de agroquímicos e número de horas empregadas na produção da soja. Com relação a outra prática de manejo de solo, o Sistema Plantio Direto é adotado em 100% da área plantada com a soja nas três propriedades.

Esta descrição do perfil dos produtores de soja considerados eficientes pode ser uma maneira interessante de identificar as principais práticas capazes de impulsionar aqueles ineficientes a atingir os melhores resultados possíveis, ou, a se tornarem tecnicamente eficientes e, ao mesmo tempo, ambientalmente responsáveis.

### **6.1.3 Discussão de Alvos e Folgas**

A partir das inferências possibilitadas através da análise do modelo DEA, principalmente no tocante aos alvos e folgas, o produtor rural pode verificar nas suas práticas de gestão quais delas estão interferindo no seu processo produtivo e identificar quais os gargalos que estão prejudicando seus resultados, tanto técnicos quanto ambientais e, assim, encontrar uma melhor lucidez no caminho até a promoção da sua eficiência.

Para ilustrar este pensamento, através dos resultados dos alvos e folgas do modelo utilizado para avaliar a eficiência dos produtores de soja, verifica-se que existe uma má utilização nas principais variáveis que podem impactar no meio ambiente. Neste sentido, é possível inferir a possibilidade de manter o nível de produção de soja atual, utilizando 16.865,71 L de agroquímicos a menos, o que significa uma redução de 27,00% do uso deste produto que pode ser considerado como um dos principais vilões quando se fala de sustentabilidade na agricultura. Além deste insumo, foi verificada a possibilidade de redução em 31.599,36 L no consumo de combustível, o que representa uma redução de 19% a menos do que foi consumido, bem como a redução de 15,43% nos fertilizantes aplicados no solo, significando 473.173,31 kg a menos deste produto apenas na safra da soja referente a 2016/2017.

Conforme já discutido ao longo deste trabalho, através de análises como esta, é possível identificar qual o nível que cada variável no processo deve chegar para se obter melhores resultados e, além disso, com base em práticas realizadas pelos seus *benchmarks*, cada produtor pode se espelhar e encontrar melhores formas de se tornar mais eficientes.

Também é importante enfatizar o fato de que pode existir a possibilidade de o produtor não alcançar os alvos que lhe são atribuídos, seja por não ser possível controlar alguma variável, ou por questões financeiras, por exemplo. Assim, conforme indica Gomes et al. (2005, e Gomes (2003), uma busca por alvos intermediários mais próximos a sua realidade e do seu contexto pode ser uma opção interessante ao produtor. Estes alvos são valores que podem ser perseguidos pelos produtores ao longo do tempo, sendo que, muitas vezes, são necessárias ações que podem demorar alguns anos para estarem em um nível ideal de resultados, como o uso de práticas de correção do solo, por exemplo. Ademais, estes resultados podem servir como indicadores aos produtores para investigar etapas específicas do seu processo de produção que podem ser ajustados e otimizados.

## 6.2 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS ESTATÍSTICOS

Este estudo buscou verificar se existem indícios que a eficiência dos produtores que adotaram as práticas conservacionistas no seu sistema de produção difere significativamente daqueles que optaram por não fazer uso dessas práticas. Para isso, a partir deste escore de eficiência gerado através do DEA, foi aplicada uma análise de variância através do teste Mann-Whitney a fim de avaliar como se comportam as eficiências daqueles produtores que adotam ou não estas práticas conservacionistas na sua produção. Por conseguinte, foram testadas as hipóteses dispostas no Quadro 13, já apresentadas na sessão 4.7.1.1 do método.

Conforme já explicado, esta análise de variância envolveu apenas as práticas de manejo integrado de pragas e a rotação de culturas, visto que a prática de correção de solo e plantio direto foi aderida por 100% da amostra, sendo impossível uma análise mais aprofundada a fim de verificar o comportamento do escore de eficiência das DMUs que optaram por estas duas práticas.

Quadro 13 – Hipóteses testadas através dos testes estatísticos

Prática analisada	Hipóteses testadas
Manejo Integrado de Pragas (MIP)	<b>H1a (rejeitada):</b> As medidas de eficiências dos produtores que trabalham com o MIP não diferem significativamente com aqueles que não aderiram esta prática.
	<b>H1b (aceita):</b> As medidas de eficiências dos produtores que trabalham com o MIP diferem significativamente com aqueles que não aderiram esta prática.
Rotação de culturas	<b>H2a (rejeitada):</b> As medidas de eficiências dos produtores que fazem a rotação de culturas não diferem significativamente com aqueles que não aderiram esta prática.
	<b>H2b (aceita):</b> As medidas de eficiência dos produtores que fazem a rotação de culturas diferem significativamente com aqueles que não aderiram a esta prática.

Fonte: Elaborado pelo autor

Com uma média em torno de 0,0463 maior do que aqueles que não utilizam o MIP, o teste de Mann-Whitney mostrou ( $U=100,5$  e  $Sign. = 0,006$ ) que existem indícios de que as medidas dos escores de eficiências dos produtores que trabalham com o manejo integrado de pragas (MIP) e aqueles que não aderiram a esta prática diferem significativamente entre si. Desta forma, **rejeita-se** a hipótese **H1a (hipótese nula)** e, conseqüentemente, **aceita-se** a hipótese **H1b**.

Este comportamento também foi observado com relação à prática de rotação de culturas, dado que, com uma média em torno de 0,0442 maior do que aqueles que não fizeram a rotação, o teste de Mann-Whitney mostrou ( $U=91,500$  e  $Sign. = 0,003$ ) que existem indícios de que as medidas dos escores de eficiências dos produtores que trabalham com o sistema de rotação de culturas e aqueles que não aderiram esta prática diferem significativamente entre si. Sendo assim, **rejeita-se** a hipótese **H2a (hipótese nula)** e, conseqüentemente, **aceita-se** a hipótese **H2b**.

A partir destes resultados, verifica-se o comportamento da eficiência destes produtores de soja mediante a utilização destas duas práticas conservacionistas. É possível inferir que aqueles produtores que fizeram uso da prática do MIP, bem como do Sistema de Rotação de culturas nas suas produções de soja, alcançaram uma eficiência significativamente mais elevada do que aqueles produtores que não fizeram uso destas práticas.

Com base nesta afirmação, é admissível sinalizar positivamente a questão de pesquisa que procurou saber se as práticas conservacionistas utilizadas na produção da soja são capazes de reduzir a tensão intertemporal existente na produção da soja referente à sustentabilidade,

sendo este o objetivo principal do presente trabalho. Esta discussão será melhor explanada na próxima sessão.

### 6.3 PRÁTICAS CONSERVACIONISTAS VS TENSÕES INTERTEMPORAIS

Conforme visto em sessões anteriores, profissionais e estudiosos concordam que para suprir as necessidades das futuras gerações a sociedade e as organizações devem alterar a forma como o tempo é visto e gerenciado. É preciso equilibrar simultaneamente os interesses tanto de curto quanto de longo prazo, e não apenas buscar resultados imediatos, como comumente ocorre nos indivíduos. Portanto, é preciso que as empresas procurem equalizar suas necessidades econômicas, sociais e ambientais no presente e no futuro. (GLADWIN ET AL, 1995; SLAWINSKI E BANSAL, 2015).

Para Hahn et al. (2015), é fundamental uma lente paradoxal que busque compreender como as tensões entre o curto e o longo prazo são geridas e, assim, adequar as organizações para trabalhar com as crescentes complexidades, gerenciando estas tensões existentes em torno da sustentabilidade. Buscar uma perspectiva justaposta das tensões intertemporais significa procurar soluções tanto de curto quanto de longo prazo para as mudanças econômicas e ambientais.

Foi verificado junto a diferentes trabalhos literários (DAWRA, 2013; FEHER E BEKE, 2013) e procedimentos técnicos (EMBRAPA, 2013, WADT, 2003) que as práticas conservacionistas têm a capacidade de tornar a produção da soja ambientalmente mais responsável ao longo do tempo e simultaneamente trazer bons retornos financeiros. Sendo assim, este trabalho procurou investigar se estas práticas conservacionistas utilizadas na produção da soja são capazes de reduzir a tensão intertemporal existente referente à sustentabilidade ambiental.

A partir dos resultados obtidos através do teste de hipóteses, foi possível observar que o escore de eficiência daqueles produtores que adotaram tanto a prática do MIP quanto de rotação de culturas foi significativamente maior do que aqueles que optaram por não realizar estas práticas na sua produção de soja. Slawinski e Bansal (2015) comentam que empresas que optam por adotar práticas com o objetivo de melhorar a sua eficiência (considerada como ação de curto prazo), e ao mesmo tempo estão focadas e preocupadas com benefícios a longo prazo, tendem a obter bons resultados imediatos.

Quanto à prática do manejo integrado de pragas, o seu uso pode ser considerado como um dos mais significativos exemplos em termos de impactos econômicos, ambientais e

sociais. A sua adoção tem o principal objetivo de evitar que uma enorme quantidade de produtos químicos seja lançada no meio ambiente. A partir deste benefício, é nítido que os impactos da sua adoção podem ter consequências ao longo do tempo, tornando a produção da soja ambientalmente mais responsável. (DAWRA, 2013; FEHER E BEKE, 2013).

Por outro lado, através da prática do manejo integrado de pragas também é possível obter bons resultados econômicos, dado que o MIP tem o poder de promover uma importante racionalização no volume de agroquímicos utilizados no controle de pragas, bem como um menor consumo de combustível, dado que será necessário um número reduzido de aplicação destes agroquímicos na lavoura e, por consequência, o número de horas trabalhadas também será minimizado. (DAWRA, 2013; FEHER E BEKE, 2013; HOFFMANN-CAMPO ET AL., 2000).

Com relação à adoção do sistema de rotação de culturas na produção da soja, Franchini et al. (2011) e Embrapa, (2013) afirmam que esta é uma prática capaz de reduzir os problemas ambientais de degradação do solo de ordem química, física e biológica, e, ainda, possibilitam a oportunidade na redução do custo da produção através da racionalização de insumos referentes principalmente ao uso dos fertilizantes e agroquímicos. O sistema de rotação de culturas também é capaz de proporcionar uma diversificação na renda do produtor, reduzindo, assim, os riscos mercadológicos e climáticos inerentes à produção agrícola.

Visto isso, pode-se inferir que a adoção das práticas conservacionistas é capaz de fornecer soluções tanto de curto quanto a longo prazo para as mudanças econômicas e ambientais que possam ocorrer. Incorporar o MIP e o sistema de rotação de culturas no processo produtivo é capaz de demonstrar que os produtores de soja tratam as mudanças climáticas como um problema complexo, que deve ser resolvido de uma maneira que possa impactar tanto os seus resultados internos através de uma melhora na sua eficiência técnica e, conseqüentemente, obter resultados satisfatórios a um curto prazo, como também atender às necessidades da sociedade referentes a uma melhor qualidade de vida desta e de futuras gerações.

Outro ponto importante a se discutir nesta etapa é que, ao considerar as práticas conservacionistas como ferramentas capazes de atenuar as tensões intertemporais existentes, entende-se que estas empresas agrícolas possuem uma visão diferenciada sobre os custos de curto prazo necessários para iniciar a implementação destes novos métodos de produção na sua lavoura, e isto acontece porque um dos objetivos de empresas que trabalham com estas práticas é o de buscar melhores resultados de um médio a longo prazo.

Neste sentido, Slawinski e Bansal (2012) comentam que as restrições dos recursos podem criar um *trade-off* entre lucros a curto prazo e resiliência a um longo prazo. Esta afirmação é capaz de ilustrar o que acontece na adoção da prática de rotação de culturas e plantio direto, por exemplo, que, de acordo com Giordano (2005), a implementação destas práticas nos sistemas produtivos deve ser considerada como um investimento na propriedade, visto que seus retornos poderão ser percebidos ao longo do tempo. Logo, são exigidos maiores recursos iniciais do que as tradicionais maneiras de produzir. No entanto, a um longo prazo, estes custos operacionais tendem a reduzir significativamente, promovendo uma maior flexibilidade e capacidade de resposta dessas empresas agrícolas a possíveis mudanças futuras, seja de caráter ambientais, mercadológicas ou a necessidade de adequação a normas legais, o que é muito presente na atividade agrícola.

A busca por uma maior resiliência organizacional através da adoção de práticas sustentáveis na produção de soja pode significar investimentos com efeitos de reduzir a rentabilidade a um curto espaço de tempo. Com relação a esta tensão intertemporal, foi possível observar que 10 dos 22 produtores que não adotaram o MIP na sua produção da soja julgaram não obter um conhecimento técnico suficiente, logo, afirmam que, para implementar esta prática no seu sistema produtivo, seria necessário um acompanhamento técnico com determinada frequência, o que incorre em um aumento significativo no custo da sua produção.

A partir desta opção escolhida pelos produtores, é possível concluir que, ao decidir por conquistar retornos de curto prazo, muitas vezes significa abrir mão de alcançar melhores resultados operacionais no futuro, como uma maior produtividade, ou melhores retornos ambientais.

Slawinski e Bansal (2012) dividiram as empresas de acordo com sua orientação temporal em empresas focalizadas e empresas integradas. As empresas focalizadas podem ser aquelas que buscam inovar através de tecnologias ou práticas que permitam melhorar a eficiência e a competitividade a fim de reduzir os gastos operacionais de curto prazo. Já as empresas integradas investem em diferentes práticas com o objetivo de mitigar as mudanças climáticas que podem ocorrer, e, além disso, colaboram para encontrar soluções que excedem o agora.

Fazendo uma análise neste sentido para avaliar o comportamento da DMU *benchmark* perante a esta classificação sugerida por Slawinski e Bansal (2012), a DMU 20 pode ser considerada como uma empresa integrada, pois, ao adotar as quatro práticas conservacionistas investigadas neste trabalho, contribui para mitigar os efeitos prejudiciais ao meio ambiente que uma produção irresponsável da soja pode causar. Corroborando a isto, destaca-se o fato

de que a prática de rotação de culturas tornou-se uma prioridade na empresa, dado que, ao longo dos anos, vem investindo e aplicando a rotação, respeitando as devidas proporções de quantidade de área plantada, bem como a diversificação de culturas necessárias, conforme recomendam os procedimentos técnicos. Além disso, esta empresa demonstrou preocupação para encontrar diferentes soluções para os problemas enfrentados através de interação e cooperação com demais empresas agrícolas, principalmente com a participação em seminários e encontros relacionados à produção da soja.

Ainda sobre as *Benchmarks* consideradas pelo modelo DEA, através da adoção das práticas conservacionistas, considera-se que estas empresas são capazes de gerir as tensões entre o curto e o longo prazo de maneira satisfatória, visto que apontaram ter feitos investimentos em inovações e tecnologias mecânicas, químicas e físicas para melhorar a produção da soja nos últimos 5 anos, e, ademais, apontaram fazer a correção de culturas, trabalhar com o MIP, fazer uso do plantio direto e realizar a rotação de culturas em seus processos produtivos, conquistando, assim, melhores escores de eficiência, logo, bons resultados de curto prazo.

A partir da discussão realizada nesta sessão, percebe-se que as práticas conservacionistas utilizadas na produção da soja podem sim servir como ferramenta para se obter um equilíbrio entre as decisões de curto e de longo prazo. Quanto ao curto prazo, existem indícios de que estas práticas podem impactar na eficiência técnica das produções analisadas neste trabalho, sendo possível, através da análise de alvos e folgas possibilitada pela DEA, de obter significativas reduções nos insumos utilizados, gerando ganhos imediatos ao produtor. Quanto ao longo prazo, verifica-se os diferentes benefícios ambientais que podem ser conquistados através da utilização destas práticas na produção da soja, e, além disso, também é possível aumentar a produtividade e reduzir os custos operacionais.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho buscou realizar uma análise aprofundada da relação entre as práticas conservacionistas utilizadas na produção da soja e as tensões intertemporais referentes à sustentabilidade inerentes à atividade agrícola. A pressão existente sobre os agricultores com relação a quase ser uma obrigatoriedade apresentar bons resultados de curto prazo, pode acabar por induzir o produtor rural a ignorar algumas práticas conservacionistas importantes no cultivo da soja. O produtor considera que a adoção de tais práticas no sistema de plantio pode acabar por elevar o custo, reduzir a margem de lucro, e, por consequência, reduzir também seus resultados econômicos de curto prazo.

Por outro lado, é do saber geral que existe uma necessidade de incrementar a produção de alimentos com um mínimo impacto ambiental e, se possível, reduzir os efeitos negativos causados ao meio ambiente através da prática agrícola. Deste modo, é imprescindível pensar na sustentabilidade das organizações levando em conta o aspecto temporal e, por se tratar de um processo de cultivo de monocultura, um dos principais desafios dos produtores de soja pode ser exatamente a conciliação entre bons desempenhos econômicos de curto prazo, com bons desempenhos ambientais e econômicos a longo prazo, pensando nas gerações futuras.

De fato, os benefícios de algumas práticas conservacionistas, como o sistema de rotação de culturas, podem ser efetivamente percebidos em uma distância temporal de 3 a 5 anos, e, além disso, a sua adoção, em muitos casos, esbarra na necessidade de investimentos em novas tecnologias, tanto mecânicas quanto químicas e biológicas para um melhor preparo da terra, ou até mesmo na necessidade de um acompanhamento técnico ao longo dos anos. Sendo assim, é importante que o produtor rural esteja ciente de que deverá abrir mão de alguns ganhos monetários instantâneos em busca de ganhos maiores ao longo do tempo, visto que estes ganhos podem ser tanto de ordem ambiental quanto de ordem financeiro.

De acordo com Bansal e Desjardine (2014), empresas sustentáveis são aquelas que têm a capacidade de gerenciar os *trade-off* entre os retornos de curto ou de longo prazo nas suas decisões estratégicas. Sendo assim, para que as empresas produtoras de soja busquem uma sustentabilidade ao longo do tempo, entende-se que um dos caminhos é exatamente decidir estrategicamente por adotar as práticas conservacionistas no seu sistema produtivo.

Por observar essa tensão entre as decisões de curto e de longo prazo que os produtores de soja frequentemente se deparam, bem como os diferentes benefícios, tanto ambientais quanto financeiros que podem ser obtidos através da adoção de algumas práticas conservacionistas no sistema de produção da soja, este estudo teve como objetivo principal o

de verificar se estas práticas são capazes de reduzir a tensão intertemporal existente referente à sustentabilidade.

Para que fosse possível atingir este objetivo e assim responder à questão de pesquisa do trabalho, foram coletados dados primários referentes aos insumos utilizados para a produção da safra de soja do ano 2016/2017, bem como algumas informações sobre práticas gerenciais e ambientais adotadas por 40 produtores de soja.

O uso da Análise Envoltória de Dados (DEA) como ferramenta para verificação do índice de eficiência destes produtores de soja foi de importância crucial para o trabalho, sendo que seus resultados serviram como base para responder à questão de pesquisa. Pode-se afirmar isto pelo fato de que, a partir dos achados da modelagem DEA, foi realizada uma análise de variância a fim de verificar o comportamento dos escores de eficiência dos produtores de soja analisados mediante a adoção de práticas conservacionistas no seu sistema de produção.

Partiu-se de um princípio de que, caso a eficiência média daqueles produtores de soja que utilizaram determinadas práticas conservacionistas fosse significativamente maior do que aqueles que optaram por não adotar estas práticas em seu processo produtivo, seria possível sinalizar positivamente quanto à questão de pesquisa do trabalho.

Neste sentido, foi verificado que, das quatro práticas investigadas, duas delas foram adotadas por todos os produtores, logo, a análise de variância foi aplicada apenas para a prática de Manejo Integrado de Pragas e ao Sistema de Rotação de Culturas. Com um resultado do teste Mann-Whitney de ( $U=100,5$  e  $Sign. = 0,006$ ) para o MIP e de ( $U=91,500$  e  $Sign. = 0,003$ ) para a rotação de culturas, foi possível rejeitar as hipóteses nulas testadas. Logo, verifica-se que as medidas de eficiências dos produtores que trabalham tanto com o MIP como com a rotação de culturas, diferem significativamente com aqueles que não aderiram estas práticas. Estes resultados permitiram atingir o objetivo específico “c”, que consiste em avaliar o comportamento da eficiência técnica mediante a adoção de práticas conservacionistas no sistema de produção da soja.

Deste modo, conclui-se que, através do uso das práticas conservacionistas testadas (MIP e Rotação de Culturas), é possível reduzir as tensões entre decisões de curto e longo prazo, dado que o produtor, a partir dos resultados deste trabalho, tem fortes indícios de que, além de resultados econômicos e ambientais obtidos a um longo prazo através destas práticas, pode aumentar significativamente o seu nível de eficiência técnica, o que implica em manter os mesmos níveis de produção, reduzindo os insumos utilizados para a produção da soja, minimizando, assim, os impactos ambientais e maximizando os resultados econômicos de

curto prazo. Deste modo, é respondida à questão de pesquisa e atingido o objetivo geral deste trabalho.

Quanto aos demais objetivos específicos do trabalho, estes foram atingidos essencialmente através dos resultados obtidos da modelagem DEA. A partir do objetivo “a”, que consiste em verificar o nível de eficiência técnica em que os produtores de soja analisados estão trabalhando, foi possível apurar que mesmo aqueles agricultores que não atingiram a eficiência técnica demonstraram um nível que pode ser considerado alto de eficiência técnica média (90,73%) quando comparados a outros trabalhos como o de Mohammadi et al (2013), que verificou uma eficiência técnica média de 81%. Este resultado permite concluir que mantendo o nível de produção de soja atual, poderia ser reduzido aproximadamente 10% do consumo de insumos utilizados para a produção da safra de soja referente a 2016/2017.

Com relação ao objetivo específico “b”, este também foi possível atingir através dos resultados da modelagem DEA e foram identificadas três empresas agrícolas estudadas que foram consideradas como referência para as demais e, através de uma análise mais aprofundada no perfil de cada uma delas, foi possível pontuar algumas práticas gerenciais que podem servir como base para aqueles produtores que pretendem buscar níveis maiores de eficiência, sendo que, corroborando aos achados do trabalho, estes produtores fizeram uso de todas as práticas sustentáveis investigadas, sendo a correção e manutenção da qualidade dos solos, manejo integrado de pragas, sistema plantio direto e rotação de culturas. Além disso, foi possível verificar um uso intensivo em sementes do tipo “RR-intacta”, conforme visto nos capítulos de discussão dos resultados.

Sob o ponto de vista teórico, entende-se que o presente trabalho apresenta algumas contribuições para a teoria que aborda as tensões intertemporais em um contexto de sustentabilidade. Slawinski e Bansal (2015) afirmam que ainda há muito no que avançar em busca de compreender como as empresas amenizam estes conflitos temporais e a sustentabilidade e enfatizam a necessidade de pesquisas em diferentes contextos.

Assim, esta pesquisa pode servir para proporcionar avanços no conhecimento científico sobre o tema e contribuir com a discussão no momento em que seus resultados oferecem *insights* de que as tensões intertemporais existentes na produção da soja podem ser reduzidas através do uso de práticas conservacionistas no seu sistema de produção. Além disso, a teoria foi discutida em um contexto diferente do que é visto em trabalhos anteriores, suprimindo, assim, uma necessidade apontada por Slawinski e Bansal (2015) e Smith e Lwis (2011).

O trabalho também busca contribuir para a discussão de práticas conservacionistas na produção da soja, no momento que verifica o comportamento dos escores de eficiência obtidos através da técnica DEA, mediante a utilização do Manejo Integrado de Pragas e Sistema de Rotação de Culturas. Esta contribuição se justifica porque a abordagem da metodologia DEA na cultura da soja buscando explicações referentes à sustentabilidade ambiental pode ser considerada rara, sendo encontrado apenas o trabalho de Mohammadi et al (2013) a partir da pesquisa nas bases de dados executadas.

Do ponto de vista prático, este trabalho é capaz de apresentar diferentes contribuições e, neste sentido, ressalta-se que seus resultados podem servir como base ao produtor rural no momento de decidir entre a adoção ou não de práticas conservacionistas na produção da soja, de modo que, conforme discutido ao longo do trabalho, há indícios de que as práticas conservacionistas, como o MIP e a Rotação de Culturas, podem impactar positivamente na eficiência técnica em uma produção de soja.

Com relação às contribuições práticas obtidas através da análise envoltória de dados, é possível destacar principalmente a análise de *benchmark* realizada, sendo que, apesar de não ser abordado nesta dissertação, cada um dos produtores ineficientes possui aqueles produtores referência, e, existindo uma cooperação entre estas empresas agrícolas, é possível verificar práticas de gestão ou de manejo daquele produtor eficiente que podem trazer melhores resultados tanto econômicos quanto ambientais para aqueles produtores que buscam a eficiência.

Outra contribuição prática importante, senão a mais importante obtida através do DEA, é análise de alvos e folgas. Através dela, é possível que o produtor verifique as suas fontes de ineficiências e, além disso, indica os alvos em que cada DMU deve alcançar para que a sua produção se torne eficiente. Os alvos podem servir como indicadores onde podem ser encontrados problemas no processo produtivo e, assim, é permitido ao agricultor trabalhar de maneira mais objetiva a fim de mitigar suas folgas. Caso não seja possível alcançar estes alvos em um curto prazo, é possível traçar uma estratégia e, assim, aos poucos, ir mitigando as fontes de ineficiências encontradas na produção.

No entanto, apesar destas contribuições citadas, como todo estudo, este também apresenta algumas limitações. Conforme já explicado na sessão 4.7.1 do capítulo do método, para fazer uma afirmação de que efetivamente estas práticas impactam no escore de eficiência da produção da soja, seria recomendado realizar um experimento e avaliar o comportamento destas eficiências ao longo do tempo, ou seja, realizar um acompanhamento em diferentes safras com agricultores que passaram a adotar estas práticas conservacionistas a partir de uma

época específica e verificar o comportamento desta eficiência antes e depois do uso destas práticas. Contudo, esta opção se tornou inviável, dado a dificuldade de se obter as quantidades de insumos utilizadas em safras passadas, visto que são raros os agricultores que mantêm um histórico deste tipo de controle. Além disso, existe a opção de valer-se de modelos econométricos, o que possibilitaria apresentar resultados mais robustos que poderiam explicar com uma maior precisão e certeza se realmente são estas práticas que estão impactando na eficiência. No entanto, por hora estes modelos não foram utilizados nesta pesquisa.

Outra limitação que pode ser observada é em relação ao número de DMUs que foram analisadas. Pelo fato de se ter trabalhado com dados primários e a coleta ter sido realizada *in loco*, muitas vezes, indo na própria fazenda dos agricultores no interior do estado, tornou-se inviável o acesso a um número maior de produtores de soja. Esta limitação implicou na redução das variáveis do modelo inicial, que foram retiradas do modelo analítico a partir do método de seleção de variáveis multicritério por não dar um maior poder de discriminação entre as DMUs eficientes, mais bem explanado em detalhes na sessão 4.5.2 do capítulo do método.

Outra limitação a ser considerada é que o modelo DEA definido pode ser passível de questionamentos, mesmo apesar de ser considerado robusto por ter sido definido com base na literatura e validado por especialistas. Neste sentido, Cook, Tone e Zhu (2014) afirmam que, em estudos realizados com base em DEA, não é possível ter certeza de que todas as variáveis relevantes e que representam efetivamente o fenômeno na prática foram incluídos no modelo, no entanto, os autores afirmam que deve ser feito todos os esforços para incluir as variáveis que fazem um sentido prático ao contexto que se está estudando.

Com base nestas limitações acima descritas, é possível verificar oportunidades para novas pesquisas no tocante a investigar se as práticas conservacionistas apresentam o mesmo comportamento em outras culturas, e, ademais, recomenda-se que para pesquisas futuras sejam avaliadas também as práticas de correção do solo e sistema plantio direto, bem como demais práticas sustentáveis que podem variar de região a região do país e, assim, contribuir para o avanço da teoria. Além disso, para pesquisas futuras, é possível que sejam investigados quais fatores internos e externos à empresa que podem afetar na eficiência dos produtores de soja por meio de modelos econométricos. Estes fatores podem ser tanto práticas de gestão como mercadológicas, por exemplo, bem como referentes à tomada de decisão do produtor rural.

Além disso, recomenda-se que esta pesquisa possa ser replicada em outros contextos sociais e em diferentes regiões produtoras de soja do país, e, se possível, com um número maior de DMUs para, assim, poder incluir mais variáveis ao modelo.

## REFERÊNCIAS

- AINSWORTH, Elizabeth A. et al. Accelerating yield potential in soybean: potential targets for biotechnological improvement. **Plant, cell & environment**, v. 35, n. 1, p. 38-52, 2012.
- ALI, Agha Iqbal. Streamlined computation for data envelopment analysis. **European journal of operational research**, v. 64, n. 1, p. 61-67, 1993.
- ALLEN, Robert et al. Weights restrictions and value judgements in data envelopment analysis: evolution, development and future directions. **Annals of operations research**, v. 73, p. 13-34, 1997.
- AMADO, Telmo JC et al. Projeto Aquarius-Cotrijal: pólo de agricultura de precisão. **Revista Plantio Direto**, v. 91, n. 1, p. 39-47, 2006.
- ANDRIOPOULOS, Constantine; LEWIS, Marianne W. Exploitation-exploration tensions and organizational ambidexterity: Managing paradoxes of innovation. **Organization Science**, v. 20, n. 4, p. 696-717, 2009.
- ANGULO-MEZA, L. et al. Seleção de variáveis em DEA aplicada a uma análise do mercado de energia elétrica. **Investigação Operacional**, v. 27, n. 1, p. 21-36, 2007.
- ASSAD, Eduardo Delgado; MARTINS, Susian Christian; PINTO, H. P. Sustentabilidade no agronegócio brasileiro. **Embrapa Informática Agropecuária-Livro científico (ALICE)**, 2012.
- BANKER, Rajiv D.; CHARNES, Abraham; COOPER, William Wager. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. **Management science**, v. 30, n. 9, p. 1078-1092, 1984.
- BANSAL, Pratima; DESJARDINE, Mark R. Business sustainability: It is about time. **Strategic Organization**, v. 12, n. 1, p. 70-78, 2014
- BASU, Kunal; PALAZZO, Guido. Corporate social responsibility: A process model of sensemaking. **Academy of management review**, v. 33, n. 1, p. 122-136, 2008.
- BERNARDI, AC de C. et al. Correção do solo e adubação no sistema de plantio direto nos cerrados. **Embrapa Solos-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2003.
- BOMBARDI, Larissa Mies. Intoxicação e morte por agrotóxicos no Brasil: a nova versão do capitalismo oligopolizado. **Núcleo de Estudos, Pesquisas e Projetos de Reforma Agrária**-Disponível em: <[www.fct.unesp.br](http://www.fct.unesp.br)>. Acesso em: 27 fev. 2017. v. 30, 2011.
- BRUNTLAND, G. H. World Commission on Environment and Development (WCED, 1987): Our common future. 1987.
- BUTTEL, Frederick H. et al. The social bases of agrarian environmentalism: A comparative analysis of New York and Michigan farm operators. **Rural Sociology**, v. 46, n. 3, p. 391, 1981.

BUYSSE, Kristel; VERBEKE, Alain. Proactive environmental strategies: A stakeholder management perspective. **Strategic management journal**, v. 24, n. 5, p. 453-470, 2003.

CAMPO, H. B. C.; FERREIRA, C. S. B.; MOSCARDI, F. F. **Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga**. 1. ed. **Distrito Federal- DF: Embrapa soja**, 2012.

CAMPOS, Samuel Alex Coelho; COELHO, Alexandre Bragança; GOMES, Adriano Provezano. Influência das condições ambientais e ação antrópica sobre a eficiência produtiva agropecuária em Minas Gerais. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 50, n. 3, p. 563-576, 2012.

CASTANHEIRA, Érica Geraldês; FREIRE, Fausto. Greenhouse gas assessment of soybean production: implications of land use change and different cultivation systems. **Journal of Cleaner Production**, v. 54, p. 49-60, 2013.

CATI. Comissão Técnica de Conservação do Solo. ISSN 2236 – 028X; n. 81, abril de 2014. **Boas Práticas em Conservação do Solo e da Água**. Coordenado por Mário Ivo Drugowich. Campinas/SP: CATI, 2014. 38p.

CERQUEIRA SILVEIRA, Dreid de et al. Relação umidade versus resistência à penetração para um Argissolo Amarelo distrocoeso no recôncavo da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 3, 2010.

CERQUEIRA SILVEIRA, Dreid de et al. Relação umidade versus resistência à penetração para um Argissolo Amarelo distrocoeso no recôncavo da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 3, 2010.

CHALOOB, Ibrahim Z.; RAMLI, Razamin; NAWAWI, Mohd Kamal Mohd. Using simulation and data envelopment analysis to evaluate Iraqi regions in producing strategic crops. In: **AIP Conference Proceedings**. AIP, 2014. p. 525-529.

CLAUDINO, Edison Sotolani; TALAMINI, Edson. Análise do ciclo de vida (ACV) aplicada ao agronegócio: uma revisão de literatura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande**. Vol. 17, n. 1 (2012), p.[77]-85, 2012.

COELLI, Timothy J. et al. **An introduction to efficiency and productivity analysis**. Springer Science & Business Media, 2005.

CONAB. Companhia Nacional de abastecimento. Compêndio de Estudos Conab. ISSN 2448-3710; v. 1, 2016. **A produtividade da soja: análises e perspectivas**. Brasília: Conab, 2016. Disponível em: < [https://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17\\_08\\_02\\_14\\_27\\_28\\_10\\_compendio\\_de\\_estudos\\_conab\\_a\\_produtividade\\_da\\_soja\\_-\\_analise\\_e\\_perspectivas\\_-\\_volume\\_10\\_2017.pdf](https://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_08_02_14_27_28_10_compendio_de_estudos_conab_a_produtividade_da_soja_-_analise_e_perspectivas_-_volume_10_2017.pdf)>. Acesso em: 17 nov. 2017.

CONAB. Companhia Nacional de abastecimento. Compêndio de Estudos Conab. ISSN 2318-6852. **Acompanhamento da safra brasileira grãos**. v. 5. Safra 2017/18 - Terceiro levantamento, Brasília, p. 1-130, dezembro 2017. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/18\\_01\\_11\\_14\\_14\\_35\\_dezembro.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/18_01_11_14_14_35_dezembro.pdf)>. Acesso em: 17 nov. 2017.

COOK, W. D.; TONE, K.; ZHU, J. Data envelopment analysis: Prior to choosing a model. **Omega (United Kingdom)**, v. 44, p. 1–4, 2014.

COOPER, William W.; SEIFORD, Lawrence M.; ZHU, Joe (Ed.). **Handbook on data envelopment analysis**. Springer Science & Business Media, 2011.

CORRÊA-FERREIRA, B. S. et al. Práticas de manejo de pragas utilizadas na soja e seu impacto sobre a cultura. **Embrapa Soja. Circular Técnica**, 2010.

CRUZ, J. C. et al. Avaliação de sistemas de produção de milho na região de Sete Lagoas, MG. **Embrapa Milho e Sorgo-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2009.

CRUZ, J. C. et al. Avaliação de sistemas de produção de milho na região de Sete Lagoas, MG. **Embrapa Milho e Sorgo-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2009.

DA COSTA, Marco Antônio F.; DA COSTA, Maria de Fátima Barrozo. **Metodologia da pesquisa: conceitos e técnicas**. Interciência, 2001.

DALY, Herman E. Economics in a full world. **Scientific american**, v. 293, n. 3, p. 100-107, 2005.

DAWRA, S. Poor but Spritied in Karimnagar. 2013.

DE CASTRO SENRA, Luis Felipe Aragão. Modelo DEA de Eficiência Financeira. **XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, 2008.

DE FIGUEIREDO FERREIRA, Fernanda; NEUMANN, Pedro Selvino; HOFFMANN, Ronaldo. Análise da matriz energética e econômica das culturas de arroz, soja e trigo em sistemas de produção tecnificados no Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 44, n. 2, p. 380-385, 2014.

DE FREITAS BARBOSA, Wesley et al. Eficiência técnica da agropecuária nas microrregiões brasileiras e seus determinantes. **Ciência Rural**, v. 43, n. 11, p. 2115-2121, 2013.

DE KOEIJER, T. J. et al. Assessment of the quality of farmers' environmental management and its effects on resource use efficiency: a Dutch case study. **Agricultural Systems**, v. 78, n. 1, p. 85-103, 2003.

DE MELLO, João Carlos CB Soares et al. Evaluating the performance of calculus classes using operational research tools. **European Journal of Engineering Education**, v. 27, n. 2, p. 209-218, 2002.

DEZORDI, Jairton. O potencial do agronegócio no Noroeste/RS. **Agrolink**, [S.l.], 22 julho 2014. Disponível em: < [https://www.agrolink.com.br/noticias/o-pwwwotencial-do-agronegocio-no-noroeste-rs\\_200595.html](https://www.agrolink.com.br/noticias/o-pwwwotencial-do-agronegocio-no-noroeste-rs_200595.html)>. Acesso em: 12 dez. 2017.

DIAS, W. P. et al. XXX Reunião de pesquisa de soja da região Central do Brasil 2008. **Resumos. Rio Verde: Embrapa Soja**, p. 137-139, 2008.

DONG, Fengxia; MITCHELL, Paul D.; COLQUHOUN, Jed. Measuring farm sustainability using data envelope analysis with principal components: The case of Wisconsin cranberry. **Journal of environmental management**, v. 147, p. 175-183, 2015.

DOYLE, John R.; GREEN, Rodney H. Cross-Evaluation In Dea: Improving Discrimination Among Dmus. **INFOR: Information Systems and Operational Research**, v. 33, n. 3, p. 205-222, 1995.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Soja. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. ISSN 2176 – 2902; n. 16, outubro de 2013. **Tecnologias de Produção de Soja – Região Central do Brasil 2014**. 1 ed. Londrina, PR: Embrapa Soja, 2013, 265p.

FEHER, Istvan; BEKE, Judit. The rationale of sustainable agriculture. **Iustum Aequum Salutare**, v. 9, p. 73, 2013.

FERREIRA, Carlos Magri. Procedimentos de sustentabilidade no sistema de produção de grãos. **Área de Informação da Sede-Texto para Discussão (ALICE)**, 2008.

FERREIRA, CARLOS MAURICIO DE CARVALHO FERREIRA. **Introdução à análise envoltória de dados: teoria, modelos e aplicações**. UFV, 2009.

FIDELIS, Rodrigo Ribeiro et al. Alguns aspectos do plantio direto para a cultura da soja. **Bioscience Journal**, v. 19, n. 1, 2003.

FLAMMER, Caroline; BANSAL, Pratima. Does a long-term orientation create value? Evidence from a regression discontinuity. **Strategic Management Journal**, v. 38, n. 9, p. 1827-1847, 2017.

FRANCHINI, Julio Cezar et al. Importância da rotação de culturas para a produção agrícola sustentável no Paraná. **Londrina: Embrapa Soja**, 2011.

FREDERICK, Shane; LOEWENSTEIN, George; O'DONOGHUE, Ted. Time discounting and time preference: A critical review. **Journal of economic literature**, v. 40, n. 2, p. 351-401, 2002.

GELB, David S.; STRAWSER, Joyce A. Corporate social responsibility and financial disclosures: An alternative explanation for increased disclosure. **Journal of Business Ethics**, v. 33, n. 1, p. 1-13, 2001.

GIANLUPPI, Luciana Dal Forno. Desenvolvimento sustentável e sojicultura em Roraima: trajetórias antagônicas ou conciliáveis?. 2008.

GIANLUPPI, V. et al. Cultivo de soja no cerrado de Roraima. **Sistema de Produção**, Boa Vista: Embrapa Roraima, 2009.

GIL, Antônio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. **São Paulo**, v. 5, n. 61, p. 16-17, 2002.

GILSA, Charles von. Avaliação longitudinal da eficiência e fator total de produtividade em uma empresa petroquímica a partir da análise envoltória de dados (DEA) e do índice de Malmquist. 2012.

GLADWIN, Thomas N.; KENNELLY, James J.; KRAUSE, Tara-Shelomith. Shifting paradigms for sustainable development: Implications for management theory and research. **Academy of management Review**, v. 20, n. 4, p. 874-907, 1995.

GLIESSMAN, S. R. Agroecology: Ecological processes in sustainable agriculture. Ann Arbor Press, Chelsea, MI. **Agroecology: Ecological processes in sustainable agriculture**. Ann Arbor Press, Chelsea, MI., p. -, 1998.

GOMES, Eliane Gonçalves et al. Análise de envoltória de dados para avaliação de eficiência e caracterização de tipologias em agricultura: um estudo de caso. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 43, n. 4, p. 607-631, 2005.

GOMES, Eliane Gonçalves et al. Estudo da sustentabilidade agrícola em município amazônico com análise envoltória de dados. **Pesquisa Operacional**, v. 29, n. 1, p. 23-42, 2009.

GOMES, Eliane Gonçalves; DE CARVALHO MANGABEIRA, João Alfredo. Uso de análise de envoltória de dados em agricultura: o caso de Holambra. **Engevista**, v. 6, n. 1, 2010.

GONZALEZ-ARAYA, M. C. Projeções não radiais em regiões fortemente eficientes da fronteira DEA—algoritmos e aplicações. **Rio de Janeiro**, 2003.

GRAHAM, John R.; HARVEY, Campbell R.; RAJGOPAL, Shiva. The economic implications of corporate financial reporting. **Journal of accounting and economics**, v. 40, n. 1-3, p. 3-73, 2005.

HAHN, Tobias et al. Tensions in corporate sustainability: Towards an integrative framework. **Journal of Business Ethics**, v. 127, n. 2, p. 297-316, 2015.

HAIR, Joseph et al. **Fundamentos de métodos de pesquisa em administração**. Bookman Companhia Ed, 2005.

HIRAKURI, Marcelo Hiroshi; LAZZAROTTO, Joelsio José. O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro. **Documentos Embrapa, Londrina**, n. 349, 2014.

HOANG, Viet-Ngu; ALAUDDIN, Mohammad. Input-orientated data envelopment analysis framework for measuring and decomposing economic, environmental and ecological efficiency: an application to OECD agriculture. **Environmental and Resource Economics**, v. 51, n. 3, p. 431-452, 2012.

HOFFMAN, Andrew J.; BAZERMAN, Max H. Changing practice on sustainability: Understanding and overcoming the organizational and psychological barriers to action. **Organizations and the sustainability mosaic. Crafting long-term ecological and societal solutions**, p. 84-105, 2007.

HOFFMANN-CAMPO, Clara Beatriz et al. **Pragas da soja no Brasil e seu manejo integrado**. Londrina: Embrapa Soja, 2000.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. ISBN 978-1-107-05807-1. **Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1132 p.

JAIN, Sanjay; TRIANTIS, Konstantinos P.; LIU, Shiyong. Manufacturing performance measurement and target setting: A data envelopment analysis approach. **European Journal of Operational Research**, v. 214, n. 3, p. 616-626, 2011.

JUNIOR<sup>1</sup>, Alexandre Pereira Salgado et al. Análise envoltória de dados (DEA) para avaliação da eficiência operacional de usinas de cana-de-açúcar. **P&D em Engenharia de Produção** (2013).

KAMALI, Farahnaz Pashaei et al. Identifying sustainability issues for soymeal and beef production chains. **Journal of agricultural and environmental ethics**, v. 27, n. 6, p. 949-965, 2014.

KHOSHROO, Alireza et al. A non-parametric Data Envelopment Analysis approach for improving energy efficiency of grape production. **Energy**, v. 63, p. 189-194, 2013.

LAKATOS, Eva Maria; DE ANDRADE MARCONI, Marina. **Metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 1991.

LAVERTY, Kevin J. Economic “short-termism”: The debate, the unresolved issues, and the implications for management practice and research. **Academy of Management Review**, v. 21, n. 3, p. 825-860, 1996.

LAVERTY, Kevin J. Managerial myopia or systemic short-termism? The importance of managerial systems in valuing the long term. **Management Decision**, v. 42, n. 8, p. 949-962, 2004.

LETA, Fabiana Rodrigues et al. Métodos de melhora de ordenação em DEA aplicados à avaliação estática de tornos mecânicos. **Investigação Operacional**, v. 25, n. 2, p. 229-242, 2005.

LINS, M. P. E.; MOREIRA, M. C. B. Método IO stepwise para seleção de variáveis em modelos de análise envoltória de dados. **Pesquisa Operacional**, v. 19, n. 1, p. 39-50, 1999.

LINS, Marcos Pereira Estellita; MEZA, Lídia Angulo. Análise envoltória de dados e perspectivas de integração no ambiente de apoio à decisão. **Rio de Janeiro: Coppe/UFRJ**, 2000.

LOPES, Alessandra Lomelino Campos. **Cultivo e manejo da soja: Ênfase no sistema de plantio convencional**. Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais: CETEC, Outubro de 2013.

MARCH, James G. Exploration and exploitation in organizational learning. **Organization science**, v. 2, n. 1, p. 71-87, 1991.

MARCUS, Alfred. **Strategic foresight: A new look at scenarios**. Springer, 2016.

MARIANO, Enzo B.; ALMEIDA, Mariana R.; REBELATTO, Daisy AN. Princípios Básicos para uma proposta de ensino sobre análise por envoltória de dados. **Anais do XXXIV COBENGE. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo**, 2006.

MASUDA, Kiyotaka. Measuring eco-efficiency of wheat production in Japan: a combined application of life cycle assessment and data envelopment analysis. **Journal of Cleaner Production**, v. 126, p. 373-381, 2016.

MASUYAMA, Hironori et al. Relationship between the degree of endoscopic atrophy of the gastric mucosa and carcinogenic risk. **Digestion**, v. 91, n. 1, p. 30-36, 2015.

MCCANN, Elizabeth et al. Environmental awareness, economic orientation, and farming practices: a comparison of organic and conventional farmers. **Environmental management**, v. 21, n. 5, p. 747-758, 1997.

MELLO, JCC et al. Seleção de variáveis para utilização de análise envoltória de dados como ferramenta multicritério: uma aplicação em educação. **Revista Pesquisa Naval**, p. 55-66, 2001.

MIRZA, Faisal Mehmood et al. Determinants of technical efficiency of wheat farms in Pakistan. **Pak. J. Agri. Sci**, v. 52, n. 2, p. 565-570, 2015.

MOHAMMADI, Ali et al. Potential greenhouse gas emission reductions in soybean farming: a combined use of life cycle assessment and data envelopment analysis. **Journal of Cleaner Production**, v. 54, p. 89-100, 2013.

MORANDI, M. I. W. M.; CAMARGO, L. F. R. Revisão sistemática da literatura. Des. Sci. **Res. método Pesqui. para avanço da ciência e Tecnol**, 2015.

MOSAKOWSKI, Elaine; EARLEY, P. Christopher. A selective review of time assumptions in strategy research. **Academy of management review**, v. 25, n. 4, p. 796-812, 2000.

MURTHY, D. Sreenivasa et al. Technical Efficiency and its Determinants in Tomato Production in Karnataka, India: Data Envelopment Analysis (DEA) Approach. **Agricultural Economics Research Review**, v. 22, n. 2, 2009.

NABAVI-PELESARAEI, Ashkan et al. Applying optimization techniques to improve of energy efficiency and GHG (greenhouse gas) emissions of wheat production. **Energy**, v. 103, p. 672-678, 2016.

NARVER, John C.; SLATER, Stanley F.; MACLACHLAN, Douglas L. Responsive and proactive market orientation and new product success. **Journal of product innovation management**, v. 21, n. 5, p. 334-347, 2004.

NOBRE, C.A. 2004. Mudanças climáticas globais.

NORMAN, Michael; STOKER, Barry. **Data envelopment analysis: the assessment of performance**. John Wiley & Sons, Inc., 1991.

NOVAES, L. F. L. Envoltória sob dupla ótica aplicada na avaliação imobiliária em ambiente do sistema de informação geográfica. **Rio de Janeiro**, 2002.

O'REILLY III, Charles A.; TUSHMAN, Michael L. Ambidexterity as a dynamic capability: Resolving the innovator's dilemma. **Research in organizational behavior**, v. 28, p. 185-206, 2008.

O'DONOGHUE, Ted; RABIN, Matthew. Doing it now or later. **American Economic Review**, v. 89, n. 1, p. 103-124, 1999.

OLIVEIRA, FA de et al. Fertilidade do solo e nutrição da soja. **Londrina: Embrapa Soja, Circular Técnica**, v. 50, 2007.

ORTIZ-DE-MANDOJANA, Natalia; BANSAL, Pratima. The long-term benefits of organizational resilience through sustainable business practices. **Strategic Management Journal**, v. 37, n. 8, p. 1615-1631, 2016.

PANG, Jiaxing et al. Measuring eco-efficiency of agriculture in China. **Sustainability**, v. 8, n. 4, p. 398, 2016.

PETERSON, Tarla Rai. Telling the farmers' story: Competing responses to soil conservation rhetoric. **Quarterly Journal of Speech**, v. 77, n. 3, p. 289-308, 1991.

RAUCCI, Guilherme Silva et al. Greenhouse gas assessment of Brazilian soybean production: a case study of Mato Grosso State. **Journal of Cleaner Production**, v. 96, p. 418-425, 2015.

RICHARDS, Donald G. Contradictions of the 'new Green Revolution': a view from South America's southern cone. **Globalizations**, v. 7, n. 4, p. 563-576, 2010.

RICHARDS, Donald G. Contradictions of the 'new Green Revolution': a view from South America's southern cone. **Globalizations**, v. 7, n. 4, p. 563-576, 2010.

RODRIGUES, Marcus Vinícius Sousa; DE AQUINO, Marisete Dantas; THOMAZ, Antônio Clécio Fontelles. Selection of variables in data envelopment analysis of the raw water charging instrument's efficiency in the public supply sector in Cearas basins through computational tool SIAD (Integrated System for Decision Support). **adsortiva de diuron em carvão ativado• Codigestão anaeróbia de resíduos orgânicos• Revisão crítica da literatura sobre aplicação da avaliação de Ciclo de Vida ao tratamento de esgotos**, p. 5, 2017.

SCHOUTEN, Greetje; BITZER, Verena. The emergence of Southern standards in agricultural value chains: A new trend in sustainability governance?. **Ecological Economics**, v. 120, p. 175-184, 2015.

SENRA, L. F. A. C.; SOARES DE MELLO, J. C. C. B. Uso de Técnicas de Seleção de Variáveis em DEA para analisar o Setor Elétrico. **Relatório de Pesquisa em Engenharia de Produção**, v. 4, n. 4, 2004.

SENRA, L. F.; NANCI, L. C.; MEZA, L. Revisão dos métodos totais de seleção de variáveis em DEA. **Anais do XXXVII SBPO-Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional**, p. 398-405, 2005.

SENRA, Luis Felipe Aragão de Castro et al. Estudo sobre métodos de seleção de variáveis em DEA. **Pesquisa Operacional**, v. 27, n. 2, p. 191-207, 2007.

SHRIVASTAVA, Paul; KENNELLY, James J. Sustainability and place-based enterprise. **Organization & Environment**, v. 26, n. 1, p. 83-101, 2013.

SILVA, Carlos Rogério Rodrigues da et al. **Análise da sustentabilidade e da competitividade da soja dos produtores do Oeste e Sudoeste do Paraná**. 2016.

SLAWINSKI, Natalie; BANSAL, Pratima. A matter of time: The temporal perspectives of organizational responses to climate change. **Organization Studies**, v. 33, n. 11, p. 1537-1563, 2012.

SLAWINSKI, Natalie; BANSAL, Pratima. Short on time: Intertemporal tensions in business sustainability. **Organization Science**, v. 26, n. 2, p. 531-549, 2015.

SMITH, Wendy K.; LEWIS, Marianne W. Toward a theory of paradox: A dynamic equilibrium model of organizing. **Academy of management Review**, v. 36, n. 2, p. 381-403, 2011.

SOUDER, David; SHAVER, J. Myles. Constraints and incentives for making long horizon corporate investments. **Strategic Management Journal**, v. 31, n. 12, p. 1316-1336, 2010.

SOUZA-FILHO, MF de et al. Diversity and seasonality of fruit flies (Diptera: Tephritidae and Lonchaeidae) and their parasitoids (Hymenoptera: Braconidae and Figitidae) in orchards of guava, loquat and peach. **Brazilian Journal of Biology**, v. 69, n. 1, p. 31-40, 2009.

SPENDOLINI, MICHAEL J. The benchmarking book. São Paulo: Makron Books, 1992. 207p

TERANO, Rika et al. Factors influencing intention to adopt sustainable agriculture practices among paddy farmers in Kada, Malaysia. **Asian Journal of Agricultural Research**, v. 9, n. 5, p. 268-275, 2015.

THANASSOULIS, E. (1996). Assessing the efficiency of schools with pupils of diferente ability using Data Envelopment Analysis. **Journal of the Operational Research Society**, 47(1), 84-97.

TOMA, L. et al. Environmental efficiency of alternative dairy systems: a productive efficiency approach. **Journal of dairy science**, v. 96, n. 11, p. 7014-7031, 2013.

UNEP- United Nations Environment Programme (2013). **Green Economy and Trade – Trends, Challenges and Opportunities**.

USDA- Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (2015). **Boletim Oferta e Demanda** - 2015.

VAN PASSEL, Steven et al. Measuring farm sustainability and explaining differences in sustainable efficiency. **Ecological economics**, v. 62, n. 1, p. 149-161, 2007.

WADT, Paulo Guilherme Salvador. Práticas de conservação do solo e recuperação de áreas degradadas. **Embrapa Acre-Documentos (INFOTECA-E)**, 2003.

WAGNER, J. M.; SHIMSHAK, D. G. Stepwise selection of variables in data envelopment analysis: Procedures and managerial perspectives. **European Journal of Operational Research**, v. 180, p. 57–67, 2007.

WANG, Taiyuan; BANSAL, Pratima. Social responsibility in new ventures: profiting from a long-term orientation. **Strategic Management Journal**, v. 33, n. 10, p. 1135-1153, 2012.

WHITEMAN, Gail; WALKER, Brian; PEREGO, Paolo. Planetary boundaries: Ecological foundations for corporate sustainability. **Journal of Management Studies**, v. 50, n. 2, p. 307-336, 2013.

## APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO

### I. Primeira etapa: Informações gerais do produtor e da propriedade.

#### A) Perfil do produtor rural.

A1) Nome do produtor (opcional):

A2) Tempo de experiência na produção da soja:

A3) A produção de soja é a principal atividade econômica?

#### B) Localização da propriedade.

B1) Município:

B2) Localização:

B3) Possui georreferenciamento?                      Coordenadas (opcional):

#### C) A empresa agrícola.

C1) Proprietário da terra? ( ) Sim                      ( ) Não

C1a) Tamanho total da propriedade: \_\_\_\_\_ ha.

C1b) Área própria cultivada com soja: \_\_\_\_\_ ha.

C2) Arrendatário? ( ) Sim                      ( ) Não

C2a) Tamanho da área arrendada: \_\_\_\_\_ ha.

C2b) Tamanho da área arrendada com soja: \_\_\_\_\_ ha.

C2c) Área total cultivada com a soja (própria + arrendada): \_\_\_\_\_ ha.

C3) Quem realiza as atividades de produção da soja:

C3a) Realizado pela família: \_\_\_\_\_ pessoas.

C3b) Possui funcionários fixos: \_\_\_\_\_ funcionários.

C3c) Contrata funcionários temporários para a safra: \_\_\_\_\_ funcionários.

C4) Participa de associações de produtores? ( ) Sim                      ( ) Não

C5) Trabalha com agricultura de precisão? ( ) Sim                      ( ) Não

C6) Você recebe assistência técnica? ( ) Sim                      ( ) Não

C6a) Tipo de assistência:

C6a1 - ( ) Assistência técnica auxilia apenas na produção da soja.

C6a2 - ( ) Assistência técnica auxilia na organização e planejamento de toda a propriedade.

C6a3 - ( ) Troca de experiências com outros produtores para conhecer novas técnicas e tecnologias que estão sendo adotadas na produção da soja.

C6b) Fonte da assistência:

C6b1 - ( ) Assistência técnica do banco.

C6b2 - ( ) Assistência técnica da EMATER.

- C6b3 - ( ) Assistência técnica da cooperativa.  
 C6b4 - ( ) Assistência técnica de empresas de consultoria especializada.  
 C6b5 - ( ) Assistência técnica particular.  
 C6b6 - ( ) Assistência técnica de fornecedores.  
 C6b7 - ( ) Outros, especificar:

#### **D) Produção da soja.**

**D1) Qual seu sistema de produção:**

D1a) Soja convencional: \_\_\_\_\_ ha.

D1b) Soja transgênico:

D1b1) RR \_\_\_\_\_ ha.

D1b2) RR Intacta \_\_\_\_\_ ha.

D1c) Soja orgânico: \_\_\_\_\_ ha.

**D2) Produtividade da última safra:** \_\_\_\_\_ sacas/ha.

**D3) Produtividade média dos últimos 5 anos:** \_\_\_\_\_ sacas/ha.

**D4) Área de soja irrigada:** ( ) Sim ( ) Não \_\_\_\_\_ ha

**D5) Tecnologia de irrigação utilizada:**

D5a - ( ) Aspersão.

D5b - ( ) Gotejamento.

D5c - ( ) Superficial.

**D6) Lavoura protegida com seguro?** \_\_\_\_\_ há/%.

## **II. Insumos utilizados para verificar o índice da eficiência da produção da soja.**

1) Trabalho Humano (h/homem por ha):

Plantio: \_\_\_\_\_ Dias \_\_\_\_\_ Horas. Total: \_\_\_\_\_.

Pulverização: \_\_\_\_\_ Dias \_\_\_\_\_ Horas. Total: \_\_\_\_\_.

Colheita: \_\_\_\_\_ Dias \_\_\_\_\_ Horas Total: \_\_\_\_\_.

Transporte: \_\_\_\_\_ Dias \_\_\_\_\_ Horas Total: \_\_\_\_\_.

Total da safra para a soja: \_\_\_\_\_ h/homem.

2) Maquinário (h/máquina):

Número de tratores: \_\_\_\_\_. CV: \_\_\_\_\_.

Número de caminhões: \_\_\_\_\_. Capacidade: \_\_\_\_\_.

Número de colheitadeiras: \_\_\_\_\_. Pé de corte: \_\_\_\_\_.

Número de plantadeiras: \_\_\_\_\_. Linhas: \_\_\_\_\_.

Pulverizadores: \_\_\_\_\_ Tamanho: \_\_\_\_ m. Capacidade \_\_\_\_\_.

3) Combustível (L): \_\_\_\_\_ L.

4) Insumos Químicos:

Fertilizantes (kg/ha): \_\_\_\_\_

Agroquímicos (L/ha): \_\_\_\_\_

Herbicidas: \_\_\_\_\_ (L/ha).

Inseticidas: \_\_\_\_\_ (L/ha).

Fungicidas: \_\_\_\_\_ (L/há).

5) Insumos Biológicos (KG): \_\_\_\_\_

Calcário: (  ) Sim (  ) Não Período: \_\_\_\_\_

Sementes:

Própria: \_\_\_\_\_ Kg total da produção.

Comprada: \_\_\_\_\_ Kg total da produção.

6) Água para irrigação (Litros) – quando utilizado. \_\_\_\_\_.

7) Eletricidade (kw/h ou R\$) – quando utilizado. \_\_\_\_\_.

8) Índice Pluviométrico médio na propriedade (mm): \_\_\_\_\_.

9) Área com soja (Ha): \_\_\_\_\_.

10) Soja produzida (sacas): \_\_\_\_\_.

### **III) Segunda etapa: questões referentes às práticas gerenciais dos produtores de soja.**

#### **E) Planejamento e investimento.**

**E1)** Com que frequência você realiza correções do solo em pelo menos parte de área com a soja? \_\_\_\_\_ anos E1b - (  ) Nunca faz.

**E2)** Aproximadamente, que proporção de área plantada com a soja recebeu correções dos solos no período acima? \_\_\_\_\_ %

**E3)** Que tipo de investimentos foram realizados para melhorar a produção da soja nos últimos 5 anos?

E3a - (  ) Investimentos em tecnologias e inovações mecânicas (máquinas e equipamentos), exemplificar.

E3b - (  ) Investimentos em tecnologias e inovações químicas e biológicas (fertilizantes, defensivos, sementes, etc.), exemplificar.

E3c - (  ) Investimentos no transporte e logística, exemplificar.

E3d - ( ) Investimentos no processamento da produção da soja (manejo, por exemplo), exemplificar.

E3e - ( ) Investimentos em infraestrutura (acesso à energia, telefone e internet e armazenamento de dados), exemplificar.

E3f - ( ) Investimentos na gestão da empresa agrícola (cursos e treinamentos).

E3g - ( ) Investimentos para aumentar a área de soja plantada (compra ou arrendamento por exemplo).

E3h - ( ) Outros, exemplificar.

**E4)** Com que antecedência são planejados os investimentos em sua propriedade? \_\_\_\_\_ anos.

**E5)** Que tipo de investimentos estão sendo planejados para melhorar a produção da soja nos próximos 5 anos?

E4a - ( ) Investimentos em tecnologias e inovações mecânicas (máquinas e equipamentos), exemplificar.

E4b - ( ) Investimentos em tecnologias e inovações químicas e biológicas (fertilizantes, defensivos e sementes), exemplificar.

E4c - ( ) Investimentos no transporte e logística, exemplificar.

E4d - ( ) Investimentos no processamento da produção da soja (manejo por exemplo), exemplificar.

E4e - ( ) Investimentos em infraestrutura (acesso à energia, telefone e internet e armazenamento de dados), exemplificar.

E4f - ( ) Investimentos na gestão da empresa agrícola (cursos e treinamentos).

E4g - ( ) Investimentos para aumentar a área de soja plantada (compra ou arrendamento, por exemplo).

E4h - ( ) Outros, exemplificar.

**E6)** Quais as **três principais dificuldades** encontradas no processo de adoção de novas tecnologias ou técnicas de produção?

E6a - ( ) Falta de recursos financeiros.

E6b - ( ) Dificuldade de acesso a créditos e financiamentos.

E6c - ( ) Aversão ao risco.

E6d - ( ) Baixa rentabilidade percebida pelo produtor com a adoção de novas tecnologias.

E6e - ( ) Dificuldade com o uso de novas tecnologias (equipamentos eletrônicos).

E6f - ( ) Falta de fornecedores para novas tecnologias.

E6g - ( ) Necessidade de um maior conhecimento técnico.

- E6h - ( ) Falta de mão de obra especializada.
- E6i - ( ) Dificuldade para obter informações.
- E6j - ( ) Baixa infraestrutura (acesso à energia, telefone e internet).
- E6k - ( ) Deficiência Hídrica.
- E6l - ( ) Outras, especificar.

**F) Comercialização da soja.**

**F1)** No momento de comercializar a produção da soja, que mecanismos são utilizados a fim de maximizar as chances de uma ótima negociação?

- F1a - ( ) Venda apenas para a cooperativa a qual está associado.
- F1b - ( ) Venda da produção é destinada para o pagamento de dívidas e para cobrir os custos da produção da soja.
- F1c - ( ) Parte da produção comercializada é destinada a investimentos necessários na propriedade e a manutenção das máquinas.
- F1d - ( ) Armazena a produção da safra para aguardar um melhor momento para comercializar.
- F1e - ( ) Possui local de armazenamento na propriedade com capacidade de: \_\_\_\_\_ sacas / ou ton.
- F1f - ( ) Armazena parte da produção na cooperativa e aguarda melhor momento para realizar a comercialização: \_\_\_\_\_ sacas / ou ton.
- F1g - ( ) Utiliza instrumento de proteção contra a variação de preços como a venda antecipada da soja (mercado futuro): \_\_\_\_\_ % da produção.

**G) Controle de custos da produção da soja.**

**G1)** Com relação ao controle de custos da produção da soja:

- G1a - ( ) É realizado um registro dos custos da produção da soja (plantio, pulverização, colheita e transporte).
- G1b - ( ) No início de cada safra é realizada uma previsão de custos que terá com a produção da soja.
- G1c - ( ) Ao final de cada safra é realizada uma comparação entre o custo previsto e o realizado durante a safra.
- G1d - ( ) Existem momentos durante a safra em que é feito um controle dos custos obtidos.

**G2)** Como são realizados os registros dos principais custos relacionados a produção da soja? (Gasto obtido em cada operação, consumo de combustíveis e manutenção das máquinas utilizadas e o custo relacionado aos insumos utilizados na produção da soja).

G2a - ( ) Anotações em caderneta/caderno.

G2b - ( ) Planilhas eletrônicas.

G2c - ( ) Sistema próprio da propriedade.

G2d - ( ) Assistência contratada para realizar este controle.

G2e - ( ) Outros, detalhar.

### **H) Preocupações ambientais.**

**H1)** A propriedade possui um plano de conservação do solo para evitar a erosão e manter a sua qualidade? ( ) Sim ( ) Não

Se Sim:

H1a – Aproximadamente em que percentual de área plantada: \_\_\_\_\_ %/ha.

Se não ou parcial, porque:

H1b1 - ( ) Não possui informações técnicas suficientes.

H1b2 - ( ) Custo elevado de implementação.

H1b3 - ( ) O produtor não vê a necessidade de um plano de conservação do solo no momento.

H1b4 - ( ) Não possui assistência técnica capacitada para a utilização desta prática.

H1b5 - ( ) Outros, detalhar.

**H2)** É utilizado o sistema de manejo integrado de pragas (MIP) na produção da soja?

( ) Sim ( ) Não

Se Sim:

H2a – Aproximadamente em que percentual de área plantada: \_\_\_\_\_ %/ha

Se não ou parcial, porque:

H2b1 - ( ) Não possui informações técnicas suficientes.

H2b2 - ( ) Custo elevado de implementação.

H2b3 - ( ) O produtor não vê a necessidade de MIP no momento.

H2b4 - ( ) Não possui assistência técnica capacitada para a utilização desta prática.

H2b5 - ( ) Outros, detalhar.

**H3)** Com relação ao manejo do solo, trabalha com o Sistema Plantio Direto (SPD)?

( ) Sim ( ) Não

Se sim, realiza SPD:

H3a) Aproximadamente em que percentual da área plantada? \_\_\_\_\_ %.

Se não ou parcial, porque:

H3b1 - ( ) Não possui informações técnicas suficientes.

H3b2 - ( ) Custo elevado de implementação.

H3b3 - (     ) É uma técnica que exige muito tempo para dominá-la e implementar na produção.

H3b4 - (     ) O produtor não vê a necessidade de implementar o SPD no momento.

H3b5 - (     ) Não possui assistência técnica capacitada para a utilização desta prática.

H3b6 - (     ) O produtor tem aversão a mudanças do seu sistema tradicional de produção da soja.

H3b7 - (     ) Outros, detalhar.

**H4)** Com relação ao manejo do solo, trabalha com o sistema de rotação de culturas?

(     ) Sim     (     ) Não

H4a) Se sim:

H4a1 – Aproximadamente em que percentual de área plantada: \_\_\_\_\_ %/ha

H4a2 - (     ) Rotação com o milho – safrinha.

H4a3 - (     ) Rotação com o trigo – Inverno.

H4a4 - (     ) Rotação com outras culturas: \_\_\_\_\_.

Se não:

H4b1 - (     ) Não possui informações técnicas suficientes.

H4b2 - (     ) Custo elevado de implementação.

H4b3 - (     ) É uma técnica que exige muito tempo para dominá-la e implementar na produção.

H4b4 - (     ) O produtor não vê a necessidade de implementar a rotação de culturas no momento.

H4b5 - (     ) Não possui assistência técnica capacitada para a utilização desta prática.

H4b6 - (     ) O produtor tem aversão a mudanças do seu sistema tradicional de produção da soja.

H4b7 - (     ) Outros, detalhar.

**H5)** Existe um programa de gerenciamento de resíduos na sua propriedade?

(     ) Sim     (     ) Não     (     ) Parcial

H5a) Se sim:

H5a1 - (     ) Possui local adequado para o descarte de embalagens de agroquímicos utilizados na produção.

H5a2 - (     ) Possui local adequado para o descarte de resíduos com um sistema de separação de lixo orgânico, seco, reciclável e metais.

H5a3 - (     ) Possui procedimento e estrutura adequada para conter possível derramamento de produtos prejudiciais ao meio ambiente.

H5a4 - (        ) Realiza reciclagem de resíduos utilizados na produção da soja. Exemplificar.

H5a5 - (        ) Realiza a devolução em locais adequados ou fornecedores materiais prejudiciais ao meio ambiente como bateria, pneus, óleo queimado ou óleo diesel sujo.

H5a6 - (        ) Outros, detalhar.

H5b) Se não ou parcial, porque:

H5b1 - (        ) É desnecessário um gerenciamento específico para os resíduos da propriedade.

H5b2 - (        ) Realiza a queima de resíduos e embalagens de produtos químicos.

H5b3 - (        ) Custo elevado para implementação destas práticas.

H5b4 - (        ) Não há locais adequados para descarte na região.

H5b5 - (        ) Falta de informação sobre o destino final de determinados resíduos.

H5b6 - (        ) Outros, detalhar.

**H6)** A propriedade possui algum programa de ações a fim de contribuir com a redução da emissão de GEE? (    ) Sim        (    ) Não        (    ) Parcial

H6a) Se sim:

H6a1 - (        ) Trabalha com o SPD.

H6a2 - (        ) Trabalha com o MIP

H6a3 - (        ) Recupera área degradada.

H6a4 - (        ) Trabalha com o reflorestamento.

H6a5 - (        ) Mantêm a biodiversidade.

H6a6 - (        ) Preserva a mata nativa.

H6a7 - (        ) Utiliza adubos orgânicos.

H6a8 - (        ) Outros, detalhar.

H6b) Se não ou parcial, porque:

H6b1 - (        ) Não possui informações sobre este tipo de controle.

H6b2 - (        ) Custo elevado de implementação.

H6b3 - (        ) O produtor não vê a necessidade de controlar a emissão dos GEE no momento.

H6b4 - (        ) Não possui assistência técnica capacitada para auxiliar em ações desta natureza.

H6b5 - (        ) Outros, detalhar.

**H7)** Você utiliza alguma técnica para melhorar a qualidade da água existente em sua propriedade? (    ) Sim        (    ) Não        (    ) Parcial

H7a) Se sim:

H7a1 - (        ) Faz a conservação da quantidade e da qualidade da água existente na propriedade.

H7a2 - (        ) Preserva as nascentes existentes na propriedade.

H7a3 - (        ) Existe um local apropriado para abastecimento de pulverizadores.

H7a4 - (        ) Possui estrutura adequada com um sistema de contenção em caso de vazamentos ou derrames de produtos prejudiciais ao meio ambiente.

H7a5 - (        ) são registradas as condições de tempo (velocidade e direção do vento) durante a pulverização.

H7a6 - (        ) Outros, detalhar.

H7b) Se não ou parcial, porque:

H7b1 - (        ) Não possui informações sobre este tipo de controle.

H7b2 - (        ) Custo elevado de implementação.

H7b3 - (        ) O produtor não vê a necessidade de utilizar técnicas para melhorar a qualidade da água existente em sua propriedade.

H7b4 - (        ) Não possui assistência técnica capacitada para auxiliar em ações desta natureza.

H7b5 - (        ) Outros, detalhar.

#### **IV) Questão de fechamento.**

**II)** Você gostaria de comentar algo sobre a produção da soja e a sua propriedade que não tenhamos abordado e que julgue importante?

## APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO

Prezado (a) participante:

Sou aluno do curso de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Administração na Universidade do Vale do Rio dos Sinos. Estou realizando uma pesquisa sob orientação do professor doutor Iuri Gavronski, que tem como objetivo de verificar se as práticas conservacionistas utilizadas na produção da soja são capazes de reduzir as tensões intertemporais referentes a sustentabilidade na agricultura.

Sua participação é importante para esta pesquisa. Sua tarefa consiste em conversar comigo para falar das práticas de gestão de sua empresa agrícola. Caso você permita, esta entrevista será gravada e terá a duração máxima de uma hora.

Sua identidade será mantida no mais rigoroso sigilo. Qualquer informação que possibilite a sua identificação na publicação dos resultados deste trabalho será omitida. Ainda assim, saliento que a sua participação nesse estudo é voluntária, e que você tem absoluta liberdade de declinar deste convite ou de desistir de continuar em qualquer momento.

Sua contribuição para a pesquisa será de extrema valia e você poderá ter acesso aos resultados finais, caso seja de seu interesse. Caso queira esclarecer quaisquer dúvidas relativas à pesquisa, fique à vontade para entrar em contato pelo telefone (51) XXXX-XXXX ou via e-mail, [gedielsonop@gmail.com](mailto:gedielsonop@gmail.com), caso preferir.

Atenciosamente.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do entrevistador.

\_\_\_\_\_  
Local e data

**Consinto em participar deste estudo e declaro ter recebido uma cópia deste termo de consentimento.**

\_\_\_\_\_  
Assinatura do entrevistado.

\_\_\_\_\_  
Local e data

## APÊNDICE C – TABELAS DE DEMONSTRAÇÃO DA APLICAÇÃO DO MÉTODO MULTICRITÉRIO PARA SELEÇÃO DE VARIÁVEIS EM DEA

Exemplo de inclusão da terceira variável ao modelo a partir dos resultados do método multicritério para seleção de variáveis em DEA.

Grupo de Variáveis analisadas	1_TRAB_H	2_TRATOR_CV	3_CAMI_TON	4_COLHEIT_PE	5_PLANT_LINHAS	6_PULV_METROS	7_COMBU_ST_L	8_FERTILIZ_KG	9_AGROQ_L	10_SEMENTES_KG	11_PLUV_MM
	12_AREA_HA	12_AREA_HA	12_AREA_HA	12_AREA_HA	12_AREA_HA	12_AREA_HA	12_AREA_HA	12_AREA_HA	12_AREA_HA	12_AREA_HA	12_AREA_HA
	OUT1_SACAS	OUT1_SACAS	OUT1_SACAS	OUT1_SACAS	OUT1_SACAS	OUT1_SACAS	OUT1_SACAS	OUT1_SACAS	OUT1_SACAS	OUT1_SACAS	OUT1_SACAS
<b>MÉDIA</b>	0,8576	0,8676	0,8943	0,8731	0,902896	0,9143	0,8807	0,8635	0,8722	0,8697	0,90730
<b>Sef</b>	0	0,202011	0,738295	0,312769	0,911550	1,140320	0,466183	0,118642	0,293426	0,243316	1
<b>DMUs Eff</b>	5	6	12	6	13	14	10	6	7	8	9
<b>Sdis</b>	1	0,888889	0,222222	0,888889	0,111111	0,000000	0,444444	0,888889	0,777778	0,666667	0,555556
<b>S</b>	0,5	0,545450	0,480259	0,600829	0,511331	0,570160	0,455314	0,503765	0,535602	0,454991	<b>0,777778</b>

Elaborado pelo autor

Exemplo de inclusão da quarta variável ao modelo a partir dos resultados do método multicritério para seleção de variáveis em DEA.

Grupo de variáveis analisadas	1_TRAB_H	2_TRATOR_CV	3_CAMINHAO_TON	4_COLHEIT_PE	5_PLANT_LINHAS	6_PULV_METROS	7_COMBU_ST_L	8_FERTILIZ_KG	9_AGROQ_L	10_SEMENTES_KG
	11_PLUV_MM	11_PLUV_MM	11_PLUV_MM	11_PLUV_MM	11_PLUV_M	11_PLUV_MM	11_PLUV_MM	11_PLUV_MM	11_PLUV_MM	11_PLUV_MM
	12_AREA_HA	12_AREA_HA	12_AREA_HA	12_AREA_HA	12_AREA_HA	12_AREA_HA	12_AREA_HA	12_AREA_HA	12_AREA_HA	12_AREA_HA
	OUT1_SACAS	OUT1_SACAS	OUT1_SACAS	OUT1_SACAS	OUT1_SACAS	OUT1_SACAS	OUT1_SACAS	OUT1_SACAS	OUT1_SACAS	OUT1_SACAS
<b>MÉDIA</b>	0,9084	0,9236	0,9313	0,9223	0,9398	0,9415	0,9274	0,9186	0,9177	0,9169
<b>Sef</b>	0	0,457968	0,692617	0,420154	0,948150	1,000000	0,573365	0,309319	0,281404	0,257418
<b>DMUs eff</b>	9	14	16	12	17	18	13	11	11	12
<b>Sdis</b>	1	0,444444	0,222222	0,666667	0,111111	0,000000	0,555556	0,777778	0,777778	0,666667
<b>S</b>	0,5	0,451206	0,457420	0,543410	0,529631	0,500000	<b>0,564460</b>	0,543548	0,529591	0,462042

Elaborado pelo Autor.