

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS E ENGENHARIA DE TUPÃ
Programa de Pós-Graduação em Agronegócio e Desenvolvimento.

VINICIUS PALÁCIO

**UMA ABORDAGEM MULTICRITÉRIO PARA AVALIAR OS FATORES
CONDICIONANTES DAS OPORTUNIDADES DE INOVAÇÃO NA ATIVIDADE
AGRÍCOLA NO SETOR SUCROENERGÉTICO BRASILEIRO**

TUPÃ - SP
2025

VINICIUS PALÁCIO

**UMA ABORDAGEM MULTICRITÉRIO PARA AVALIAR OS FATORES
CONDICIONANTES DAS OPORTUNIDADES DE INOVAÇÃO NA ATIVIDADE
AGRÍCOLA NO SETOR SUCROENERGÉTICO BRASILEIRO**

Tese de doutoramento apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Agronegócio e Desenvolvimento da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências e Engenharia de Tupã.

Área de concentração: Agronegócio e Desenvolvimento.

Linha de pesquisa: Desenvolvimento e Meio ambientes.

Orientador: Prof. Dr. Wagner Luiz Lourenzani

Coorientador: Prof. Dr. Eduardo Guilherme Satolo

Coorientador: Prof. Dr. Rosley Anholon

TUPÃ - SP

2025

P153a Palacio, Vinicius
 UMA ABORDAGEM MULTICRITÉRIO PARA
 AVALIAR OS FATORES CONDICIONANTES DAS
 OPORTUNIDADES DE INOVAÇÃO NA ATIVIDADE
 AGRÍCOLA NO SETOR SUCROENERGÉTICO
 BRASILEIRO / Vinicius Palacio. -- Tupã, 2025
 233 p.

 Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista
 (UNESP), Faculdade de Ciências e Engenharia, Tupã
 Orientador: Wagner Luis Lourenzani
 Coorientador: Eduardo Guilherme Satolo

1. Cana-de-açúcar. 2. Produtividade. 3. Inovação. 4.
Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Dados
Sistema de inovação. 5. Fuzzy. 6.opsis Class. I. Título.
fornecidos pelo autor(a).

Impacto potencial desta pesquisa

Embora o setor sucroenergético brasileiro tenha evoluído com base em um sistema produtivo moderno e tecnificado, a literatura evidencia que sua produtividade agrícola tem enfrentado limites estruturais e conjunturais que resultam em períodos de estagnação. Esses gargalos representam, na verdade, oportunidades estratégicas de inovação, cuja compreensão depende da identificação dos fatores condicionantes que impulsionam ou inibem seu avanço. Os resultados desta tese oferecem subsídios objetivos para orientar políticas públicas, programas de fomento e decisões estratégicas de empresas, ao hierarquizar os fatores mais relevantes para cada oportunidade de inovação. No campo acadêmico, o estudo fortalece a aplicação do marco teórico do Sistema Setorial de Inovação e abre novas agendas de investigação sobre como dimensões organizacionais, tecnológicas, políticas e externas moldam processos inovativos na agricultura. Assim, a pesquisa contribui para direcionar esforços, atualizar práticas e apoiar o desenvolvimento contínuo do setor sucroenergético brasileiro.

Potential impact of this research

Although the Brazilian sugar-energy sector has evolved on the basis of a modern and technologically intensive production system, the literature shows that its agricultural productivity has faced structural and conjunctural constraints that have resulted in periods of stagnation. These bottlenecks, in fact, represent strategic opportunities for innovation, whose understanding depends on identifying the conditioning factors that either drive or inhibit their advancement. The findings of this thesis provide objective insights to guide public policies, incentive programs, and strategic decisions within companies, by hierarchizing the most relevant factors for each innovation opportunity. In the academic sphere, the study strengthens the application of the Sectoral Innovation System framework and opens new avenues for research on how organizational, technological, political, and external dimensions shape innovative processes in agriculture. Thus, this research contributes to directing efforts, updating practices, and supporting the continuous development of the Brazilian sugar-energy sector.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Tupã




CERTIFICADO DE APROVAÇÃO


TÍTULO DA TESE: Uma abordagem multicritério para avaliar os fatores condicionantes das oportunidades de inovação na atividade agrícola no setor sucroenergético brasileiro

AUTOR: VINICIUS PALÁCIO
 ORIENTADOR: WAGNER LUIZ LOURENZANI
 COORIENTADOR: EDUARDO GUILHERME SATOLO
 COORIENTADOR: ROSLEY ANHOLON


Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em Ciências, pela Comissão Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 **WAGNER LUIZ LOURENZANI**
 Data: 04/12/2025 14:10:16-0300
 Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


Prof. Dr. WAGNER LUIZ LOURENZANI (Participação Virtual)
 Departamento de Gestão, Desenvolvimento e Tecnologia / UNESP / Câmpus de Tupã - FCE

Documento assinado digitalmente
 **ALEXANDRE TADEU SIMON**
 Data: 04/12/2025 15:57:57-0300
 Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


Prof. Dr. ALEXANDRE TADEU SIMON (Participação Virtual)
 Logística e Gestão da Cadeia de Suprimentos / Universidade Metodista de Piracicaba - UNIMEP - Piracicaba/SP

Documento assinado digitalmente
 **GILBERTO MILLER DEVOS GANGA**
 Data: 04/12/2025 18:37:07-0300
 Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. GILBERTO MILLER DEVOS GANGA (Participação Virtual)
 Departamento de Engenharia de Produção / Universidade Federal de São Carlos - UFSCAR - São Carlos/SP

Documento assinado digitalmente
 **OMAR JORGE SABBAG**
 Data: 05/12/2025 08:08:51-0300
 Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. OMAR JORGE SABBAG (Participação Virtual)
 Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio-Economia / UNESP / Câmpus de Ilha Solteira - FEIS

Documento assinado digitalmente
 **GESSUIR PIGATTO**
 Data: 05/12/2025 14:19:44-0300
 Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof(a). Dr(a). GESSUIR PIGATTO (Participação Virtual)
 Departamento de Gestão, Desenvolvimento e Tecnologia / UNESP / Câmpus de Tupã - FCE



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Tupã



Tupã, 04 de dezembro de 2025.

Dedico aos meus pais, Leandro Scassola Palacio e Elisabete Teruel, meus maiores incentivadores.

AGRADECIMENTOS

Dedico este trabalho, primeiramente, a Deus, que sempre me protegeu, fortaleceu e guiou meus passos ao longo desta jornada, concedendo serenidade nos momentos difíceis e sabedoria nas decisões tomadas.

Aos meus pais, Leandro Scassola Palacio e Elisabete Teruel, meus maiores incentivadores, pelo amor incondicional, pelo apoio constante e pela confiança depositada em minha trajetória acadêmica e profissional.

Ao meu irmão e melhor amigo, Gustavo Palacio, pelo companheirismo, incentivo e presença nos momentos mais desafiadores desta caminhada.

E, de forma especial, ao meu orientador, Professor Dr. Wagner Luis Lourenzani, pelo suporte técnico e científico, pela confiança, pela orientação precisa e pela disponibilidade ao longo de todo o desenvolvimento desta tese, contribuindo de maneira decisiva para a concretização deste trabalho.

It's not over until i win.

(Les brown, 2017)

PALÁCIO, Vinicius. **Uma abordagem multicritério para avaliar os fatores condicionantes das oportunidades de inovação na atividade agrícola no setor sucroenergético brasileiro.** 2025. 233 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Ciências e Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Tupã, 2026.

RESUMO

O setor sucroenergético, em sua dimensão agrícola, enfrenta uma necessidade de transformação para superar a estagnação produtiva observada nos últimos anos e reposicionar sua competitividade no cenário global. Contudo, verificou-se que as oportunidades de inovação permanecem pouco exploradas, sobretudo no que diz respeito aos seus fatores condicionantes e à hierarquização das prioridades associadas. Diante dessa lacuna, esta tese tem como objetivo avaliar a influência dos fatores condicionantes sobre as oportunidades de inovação na atividade agrícola do setor sucroenergético brasileiro. Para alcançar tal objetivo, e mantendo o alinhamento com o viés inovador da proposta, todas as etapas da pesquisa foram fundamentadas na abordagem do Sistema Setorial de Inovação (SSI), que se mostrou determinante para a interpretação dos resultados. Metodologicamente, empregou-se um arcabouço robusto, composto por uma revisão sistemática da literatura (PRISMA), cuja síntese foi estruturada por meio de análise de conteúdo, complementada pelo conhecimento empírico de especialistas obtido via *survey*. Na etapa subsequente, os dados foram avaliados pela ferramenta matemática de Análise de Decisão Multicritérios – *Fuzzy Topsis-Class*, permitindo uma classificação precisa das prioridades de inovação. Os achados revelam quatro oportunidades centrais de inovação e indicam que fatores organizacionais e tecnológicos constituem os principais impulsionadores de sua concretização. Em contraste, fatores políticos e externos despontam como os maiores inibidores. Essa constatação evidencia que, embora o setor possua um histórico significativo de avanços tecnológicos, ainda esbarra em desafios institucionais, regulatórios e de difusão de conhecimento que restringem o progresso inovativo na base agrícola. De forma geral, os resultados corroboram que a inovação no setor canavieiro não se sustenta apenas na criação de novas tecnologias, mas depende, sobretudo, da articulação entre atores, redes e políticas públicas — premissas centrais do SSI. Assim, os achados desta tese podem contribuir para direcionar esforços em diferentes camadas do setor sucroenergético, atualizando agendas e superando proposições já ultrapassadas, além de oferecer subsídios concretos para estratégias de inovação mais efetivas.

Palavras-chave: Cana-de-açúcar; Produtividade; Inovação; Sistema de Inovação; *Fuzzy Topsis-Class*, Análise Multicritério.

PALÁCIO, Vinicius. **A multi-criteria approach to assessing the factors conditioning innovation opportunities in agricultural activity in the Brazilian sugar-energy sector.** 2025. 233 p. Thesis (Doctorate in Science) – São Paulo State University (UNESP), School of Sciences and Engineering, Tupa, 2026.

ABSTRACT

The sugar-energy sector, particularly in its agricultural dimension, need for transformation to overcome the productive stagnation observed in recent years and to reposition its competitiveness in the global landscape. However, it was observed that innovation opportunities remain largely underexplored, especially with regard to their conditioning factors and the prioritization of these factors. Addressing this gap, this thesis aims to evaluate the influence of conditioning factors on innovation opportunities within the agricultural activities of the Brazilian sugar-energy sector. To achieve this objective, and in alignment with the innovative approach proposed, all stages of the research were grounded in the Sectoral Innovation System (SIS) framework, which proved essential for interpreting the results. Methodologically, the study employed a robust structure, consisting of a systematic literature review (PRISMA), whose synthesis was organized through content analysis and complemented by the empirical knowledge of specialists gathered through a survey. In the subsequent phase, the data were assessed using the Multicriteria Decision Analysis method – Fuzzy Topsis-Class, enabling a precise ranking of innovation priorities. The findings reveal four central innovation opportunities and indicate that organizational and technological factors are the main drivers of their realization. In contrast, political and external factors emerge as the most significant inhibitors. This evidence demonstrates that, although the sector has a substantial history of technological advancement, it continues to face institutional, regulatory, and knowledge-diffusion challenges that hinder innovative progress in its agricultural base. Overall, the results confirm that innovation in the sugarcane sector does not rely solely on the development of new technologies, but depends fundamentally on the articulation among actors, networks, and public policies—core premises of the SIS framework. Thus, the insights generated by this thesis can contribute to directing efforts across different layers of the sugar-energy sector, updating outdated agendas, and offering concrete inputs for more effective innovation strategies.

Keywords: Sugarcane; Productivity; Innovation; Innovation System; Fuzzy Topics Class.

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1 – Produtividade média (toneladas colhidas/hectare) do Brasil, São Paulo e demais estados brasileiros entre 2003 e 2023.....</i>	<i>3</i>
<i>Figura 2 – Estrutura da tese.....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 3 – Área colhida do Brasil e estado de São Paulo entre 2003 e 2023 (x 1000).....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 4 – Produtividade geral no Brasil e média ponderada da cana-de-açúcar entre 2003 e 2023.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 5 – Fluxo do Sistema Setorial de Inovação no modelo de produção de cana-de-açúcar nacional.....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 6 – Resumo dos métodos, objetivos e resultados esperados da pesquisa.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 7 – Perfil dos especialistas – Setor de atuação.....</i>	<i>77</i>
<i>Figura 8 – Perfil dos especialistas – Cargos.....</i>	<i>78</i>
<i>Figura 9 – Perfil dos especialistas – tempo de experiência.....</i>	<i>78</i>
<i>Figura 10 – Impacto da O.I.1 sobre a produtividade de cana-de-açúcar no Brasil.....</i>	<i>79</i>
<i>Figura 11 – Intensidade dos fatores para a O.I. 1.....</i>	<i>80</i>
<i>Figura 12 – Impacto da O.I.2 sobre a produtividade de cana-de-açúcar no Brasil.....</i>	<i>81</i>
<i>Figura 13 – Intensidade dos fatores para a O.I. 2.....</i>	<i>82</i>
<i>Figura 14 – Impacto da O.I.3 sobre a produtividade de cana-de-açúcar no Brasil.....</i>	<i>83</i>
<i>Figura 15 – Intensidade dos fatores para a O.I.3.....</i>	<i>84</i>
<i>Figura 16 – Impacto da O.I.4 sobre a produtividade de cana-de-açúcar no Brasil.....</i>	<i>86</i>
<i>Figura 17 – Intensidade dos fatores para a O.I.4.....</i>	<i>87</i>

LISTA DE QUADROS

<i>Quadro 1 – Estrutura metodológica da pesquisa.....</i>	7
<i>Quadro 2 – Mudança na estrutura de sistema de inovação na bibliográfica.....</i>	26
<i>Quadro 3 – Modelo PRISMA (Primeira Fase) a ser realizado para cada uma das oportunidades de inovação .</i>	35
<i>Quadro 4 – Modelo Elo e Kingas (2008) (Segunda e terceira Fase) a ser realizado para cada uma das oportunidades de inovação.....</i>	39
<i>Quadro 5 – Categorização dos especialistas, capacidade de inferência por tempo de atuação</i>	58
<i>Quadro 6 – Apresentação das linhas para acesso ao crédito do plano PAISS Agrícola.....</i>	59
<i>Quadro 7 – Revisão Sistemática pelo método PRISMA para OII.</i>	59
<i>Quadro 8 – Análise de Conteúdo da O.I. Novas variedades de cana-de-açúcar.....</i>	59
<i>Quadro 9 – Resultado da Análise de conteúdo – Variáveis e seus conjuntos SSI.....</i>	59
<i>Quadro 10 – Revisão Sistemática pelo método PRISMA O.I. 2.</i>	63
<i>Quadro 11 – Análise de Conteúdo da O.I. Tecnologias embarcadas em máquinas agrícolas.</i>	64
<i>Quadro 12 – Resultado da Análise de conteúdo O.I. 2 – Variáveis e seus conjuntos SSI.</i>	64
<i>Quadro 13 – Revisão Sistemática pelo método PRISMA O.I. 3.</i>	68
<i>Quadro 14 – Análise de Conteúdo da O.I. Tecnologias embarcadas em máquinas agrícolas... ..</i>	69
<i>Quadro 15 – Resultado da Análise de conteúdo O.I. 3 – Variáveis e seus conjuntos SSI.</i>	70
<i>Quadro 16 – Revisão Sistemática pelo método PRISMA O.I. 4.</i>	72
<i>Quadro 17 – Análise de Conteúdo da O.I. 4.</i>	73
<i>Quadro 18 – Resultado da Análise de conteúdo O.I. 4 – Variáveis e seus conjuntos SSI.</i>	75
<i>Quadro 19 – Diretrizes estratégicas para aceleração da inovação agrícola na cana-de-açúcar.....</i>	107

LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 1 – Análise Fuzzy Triangular dos dados a serem avaliados</i>	7
<i>Tabela 2 – Relacionamento artigo e fator condicionante O.I.-1.....</i>	61
<i>Tabela 3 – Fatores e suas aparições nos trabalhos O.I.1</i>	Erro! Indicador não definido.
<i>Tabela 4 – Relacionamento artigo e fator condicionante O.I.-2.....</i>	66
<i>Tabela 5 – Fatores e suas aparições nos trabalhos O.I.2.....</i>	67
<i>Tabela 6 – Relacionamento artigo e fator condicionante O.I.-3.....</i>	70
<i>Tabela 7 – Fatores e suas aparições nos trabalhos O.I.3</i>	71
<i>Tabela 8 – Relacionamento artigo e fator condicionante O.I.-4.....</i>	75
<i>Tabela 9 – Fatores e suas aparições nos trabalhos O.I.3</i>	76
<i>Tabela 10 – Associação das respostas e conversão em números fuzzy.....</i>	91
<i>Tabela 11 – Classes e expectativas para análise de distâncias</i>	91
<i>Tabela 12 – Análise de distâncias das oportunidades de inovação sobre a produtividade agrícola da cana-de-açúcar.....</i>	92
<i>Tabela 13 – Análise de distâncias dos fatores condicionantes da O.I.1</i>	94
<i>Tabela 14 – Análise de distâncias dos fatores condicionantes da O.I.2</i>	98
<i>Tabela 15 – Análise de distâncias dos fatores condicionantes da O.I.3</i>	101
<i>Tabela 16 – Análise de distâncias dos fatores condicionantes da O.I.4</i>	103

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DA LITERATURA	9
2.1. EVOLUÇÃO DO SETOR SUCROENERGÉTICO	9
2.2. SISTEMA SETORIAL DE INOVAÇÃO (SSI)	22
3. MATERIAIS E MÉTODOS	32
3.1 REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA	33
3.2 ANÁLISE DE CONTEÚDO	36
3.3 SURVEY	40
3.3.1 Questionário de pesquisa.....	41
3.3.2 Comitê de Ética em Pesquisa (CEP)	42
3.3.3 Seleção dos especialistas.....	44
3.3.4 Perfil dos Especialistas.....	46
3.4 FUZZY TOPSIS-CLASS	48
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
4.1 AS OPORTUNIDADES DE INOVAÇÃO (OI) PARA A PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR NO BRASIL.....	53
4.2 FATORES CONDICIONANTES (FC) DAS OPORTUNIDADES DE INOVAÇÃO: IDENTIFICAÇÃO E CATEGORIZAÇÃO	57
4.2.1 FC do desenvolvimento de novas variedades de cana-de-açúcar	57
4.2.2 FC do desenvolvimento de máquinas e telemetria para agricultura de precisão	62
4.2.3 FC do desenvolvimento de sistemas integrados de manejo.....	67
4.2.4 FC do desenvolvimento e distribuição de mudas e biotecnologia.....	71
4.3 AVALIAÇÃO DOS FATORES CONDICIONANTES DAS OPORTUNIDADES DE INOVAÇÃO: UMA ABORDAGEM MULTICRITÉRIO	76
4.3.1 Survey: análise dos especialistas	76
4.3.2 Análise Fuzzy Topsis Class (FTC)	90

4.3.3 Fuzzy topsys class para as oportunidades de inovação (O.I).....	91
4.3.4 Fuzzy topsys class para os fatores condicionantes da O.I. 1	94
4.3.5 Fuzzy topsys class para os fatores condicionantes da O.I. 2	97
4.3.6 Fuzzy topsys class para os fatores condicionantes da O.I. 3	101
4.3.7 Fuzzy topsys class para os fatores condicionantes da O.I. 4	103
4.4 ESTRATÉGIAS E AÇÕES RECOMENDADAS.....	105
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	110
REFERÊNCIAS	113
ANEXO.....	130
ANEXO A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....	130
ANEXO B – FORMULÁRIO SURVEY	136
ANEXO C – RESULTADOS REVISÃO SISTEMÁTICA O.I. 1	143
ANEXO D – RESULTADOS REVISÃO SISTEMÁTICA O.I. 2	145
ANEXO E – RESULTADOS REVISÃO SISTEMÁTICA O.I. 3	147
ANEXO F – RESULTADOS REVISÃO SISTEMÁTICA O.I. 4.....	148
ANEXO G – DADOS FUZZY TOPSIS-CLASS – Oportunidade de Inovação.....	150
ANEXO H – DADOS FUZZY TOPSIS-CLASS – Oportunidade de Inovação 1	159
ANEXO I – DADOS FUZZY TOPSIS-CLASS – Oportunidade de Inovação 2	175
ANEXO J – DADOS FUZZY TOPSIS-CLASS – Oportunidade de Inovação 3	188
ANEXO K – DADOS FUZZY TOPSIS-CLASS – Oportunidade de Inovação 4.....	201
APÊNDICE	214
APÊNDICE A – TERMO DE ACEITE DO COMITÊ DE ÉTICA	214

1. INTRODUÇÃO

A inovação consolidou-se como um dos pilares centrais do desenvolvimento econômico contemporâneo, atuando como força motriz da competitividade e da transformação estrutural das economias no século XXI. Países e setores capazes de articular sistemas de inovação dinâmicos — baseados em pesquisa, difusão tecnológica e capacidade institucional — apresentam maiores ganhos de produtividade e maior resiliência a mudanças econômicas e tecnológicas (Archibugi; Filippetti, 2011; Fagerberg; Srholec, 2017). Além de seu impacto econômico direto, a inovação está profundamente associada às agendas globais de sustentabilidade, contribuindo para a transição para sistemas produtivos mais limpos, para a redução de emissões e para o uso mais eficiente dos recursos naturais. Nesse sentido, inovação, competitividade e sustentabilidade emergem como dimensões interdependentes, estruturando o desenvolvimento no século XXI (Melo; Dutta, 2020).

A inovação também ocupa papel central na mitigação de desafios globais, especialmente aqueles relacionados à segurança alimentar, mudanças climáticas e degradação ambiental. A literatura contemporânea evidencia que tecnologias emergentes como agricultura digital, sistemas de monitoramento climático, biotecnologia e modelos produtivos resilientes, são essenciais para garantir produção suficiente diante de cenários de instabilidade climática e aumento populacional (Foley et al., 2011; Durán-Sandoval, 2023). Essas tecnologias possibilitam reduzir perdas, aumentar a eficiência do uso de água e nutrientes, melhorar a resiliência das culturas agrícolas e diminuir a pressão sobre ecossistemas sensíveis (Searchinger et al., 2019). Ou seja, a inovação se consolida como elemento estruturante das estratégias globais voltadas à sustentabilidade, permitindo que sistemas agrícolas e energéticos se adaptem de forma mais eficiente às pressões ambientais e socioeconômicas.

No Brasil, dentre todos os setores, o agronegócio consolidou-se como o principal motor da economia nacional nas últimas décadas, sendo responsável por significativa participação no PIB, protagonismo nas exportações e forte geração de empregos diretos e indiretos. A competitividade deste decorre não apenas de condições naturais favoráveis, mas sobretudo de investimentos contínuos em ciência, tecnologia e sistemas de pesquisa agrícola coordenados por instituições como a EMBRAPA, universidades e centros privados de inovação (Contini et al., 2020; Gasques et al., 2021). Esse ecossistema tecnológico tem permitido ao Brasil se destacar mundialmente em produtividade agrícola, eficiência no uso de recursos e inovação orientada à sustentabilidade.

A manutenção e ampliação desses resultados, contudo, dependem de inovação contínua na atividade agrícola, especialmente diante do avanço das mudanças climáticas, da elevação dos custos de produção e da necessidade de atender à crescente demanda mundial por alimentos e energia renovável. É concreto e presente afirmar que a produtividade agrícola depende cada vez mais da adoção de tecnologias de manejo avançadas, genética modernizada, mecanização inteligente, digitalização e sistemas integrados de apoio à decisão. Sem renovação tecnológica constante, a eficiência produtiva tende a diminuir, evidenciando que inovação deixou de ser vantagem competitiva para se tornar condição necessária à sobrevivência do setor (Lobell et al., 2011; Antle; Capalbo, 2020; Assad; Pinto, 2022).

Nesse contexto, a inovação agrícola apresenta-se como multidimensional, envolvendo inovações tecnológicas (como agricultura de precisão, biotecnologia, sensores e máquinas inteligentes), inovações de processo (incluindo melhorias operacionais, reorganização logística e uso eficiente de insumos) e inovações organizacionais (como gestão integrada, plataformas digitais e novos arranjos produtivos) (OECD, 2018; Biggs; Just; Lutfi, 2021). A combinação dessas dimensões é determinante para ganhos sustentáveis de produtividade, particularmente em sistemas agrícolas complexos como o brasileiro.

Nesse contexto, o setor sucroenergético brasileiro destaca-se como um dos complexos agroindustriais mais importantes do mundo – maior produtor mundial de cana-de-açúcar (FAO, 2023), maior produtor de açúcar (USDA, 2023) e o segundo maior produtor de etanol (RFA, 2023) –, integrando de forma eficiente a produção de cana-de-açúcar, açúcar, etanol, bioeletricidade e outros coprodutos industriais.

Nas últimas décadas, o setor consolidou sua relevância ao combinar alto nível tecnológico, grande capacidade de processamento e flexibilidade industrial, posicionando o Brasil como referência em integração biomassa–energia e sustentabilidade produtiva (Mead; Mahoney, 2011; Scheidl et al., 2015). A elevada eficiência do etanol de cana-de-açúcar, reconhecido internacionalmente por sua baixa pegada de carbono e pela contribuição significativa à mitigação de emissões, reforça o papel estratégico do país na transição energética global (Seabra et al., 2011; Carvalho et al., 2021).

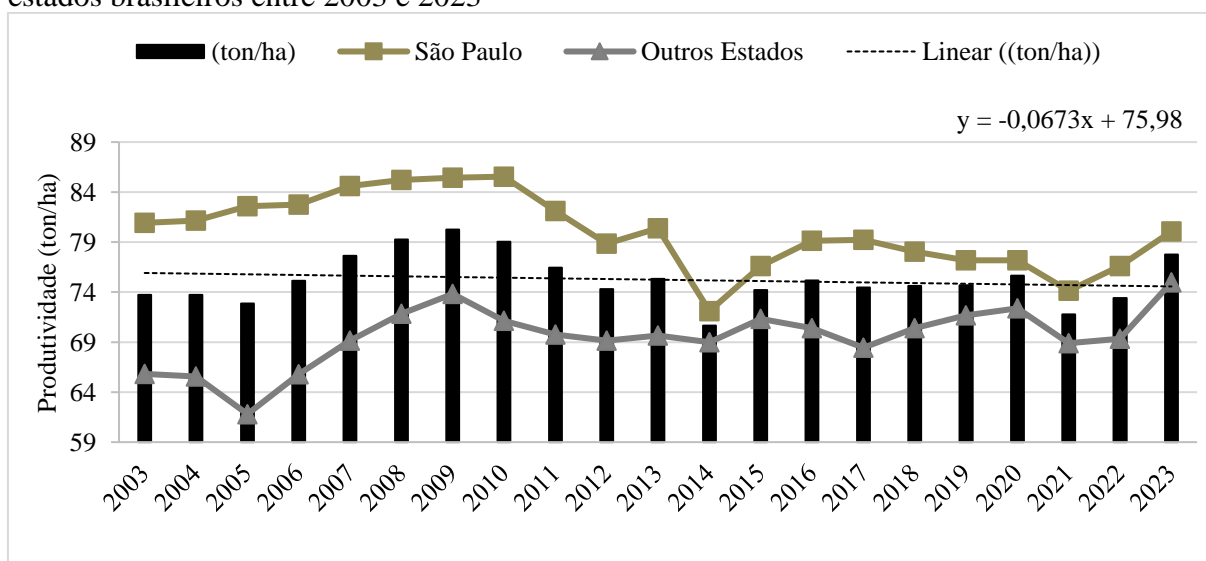
No período entre 2003 (surgimento do motor bicombustível) e 2023, tanto a área colhida, quanto a produção de cana-de-açúcar, mais que duplicou no país (IBGE, 2023). De toda a expansão nacional canavieira ocorrida durante esse período, a maior parte dela (55%) ocorreu no estado de São Paulo, considerado líder nacional do setor sucroenergético (IBGE, 2023). Essa dinâmica, porém, não ocorreu de forma homogênea em todo o território paulista, concentrando-se mais fortemente na região centro-oeste do estado (Kodama; Lourenzani,

2021). O processo de expansão foi estimulado principalmente por políticas públicas, que atuaram com incentivos para investimentos em infraestrutura, construção e ampliação de usinas, além de aporte à produção e exportação dos produtos (Castro, 2020; Granco et al., 2017).

Indubitavelmente, essa dinâmica evidenciou possibilidades de crescimento econômico advindo do setor, com geração de emprego e renda, bem como a geração de benefícios líquidos positivos às regiões (Bacchi; Caldarelli, 2015; Satolo; Bacchi, 2009). Por outro lado, diversos debates científicos têm sido relacionados à sustentabilidade da produção de bioenergia, com destaque para os impactos ambiental, social e para a produção de alimentos e segurança alimentar (Castro, 2020; Caldarelli; Gilio, 2018; Camara; Caldarelli, 2016; Gilio; Moraes, 2016; Loarie *et al.*, 2011; Goldemberg *et al.*, 2008). Portanto, embora recente, o fenômeno da expansão acelerada do cultivo de cana-de-açúcar é abrangente e complexo, com desdobramentos socioeconômicos, tecnológicos e ambientais, demandando uma análise multidimensional. A conexão entre os novos processos produtivos da agricultura (que atendem a objetivos tanto globais quanto locais) e as subsequentes transformações do espaço é um ponto de compreensão relevante e necessário.

No entanto, apesar desse protagonismo e processo de expansão territorial recente, o setor sucroenergético enfrenta desafios crescentes relacionados à competição nacional e internacional, às exigências socioambientais e à estagnação da produtividade agrícola. A partir de dados IBGE (2023), é possível notar que a produtividade do canavial brasileiro tem apresentado comportamento estável (ou levemente decrescente) nas últimas décadas (Figura 1).

Figura 1 – Produtividade média (toneladas colhidas/hectare) do Brasil, São Paulo e demais estados brasileiros entre 2003 e 2023



Fonte: elaborado pelo autor com base nos dados da Produção Agrícola Municipal (IBGE, 2023).

Tal dinâmica é influenciada por fatores estruturais e conjunturais. Os fatores estruturais correspondem aos elementos de longo prazo que definem a base produtiva — como nível de mecanização, infraestrutura disponível, qualidade da base varietal, padrão tecnológico adotado e organização das operações agrícolas — e determinam o teto produtivo possível para cada região (Nyko et al., 2013; Bernardo et al., 2019). Por sua vez, os fatores conjunturais representam condições de curto prazo que variam safra a safra, incluindo regime hídrico, eventos climáticos extremos, pressão de pragas e doenças e oscilações econômicas que influenciam decisões de manejo (Gouvêa et al., 2020; Oliveira; Coelho, 2021).

Além disso, a expansão para novos mercados exige conformidade ambiental rigorosa, integração tecnológica mais avançada e soluções organizacionais inovadoras. Por esses fatores, elevar a produtividade agrícola e fortalecer a resiliência dos sistemas produtivos torna-se condição estratégica para manter o Brasil na liderança mundial do setor sucroenergético (Nyko et al., 2013; Bernardo et al., 2019; Oliveira; Coelho, 2021). E para essa mudança, um cenário de nova atenção a práticas inovativas pode abrir caminhos e romper barreiras até então não superadas.

O estudo da inovação no contexto agrícola da cana-de-açúcar exige uma abordagem específica voltada para o conjunto de práticas que compõem o cultivo, o manejo e a colheita, pois é nesse segmento que se concentram algumas das mais relevantes oportunidades de avanço tecnológico e produtivo. A literatura recente demonstra que as maiores limitações da cadeia sucroenergética encontram-se justamente na etapa agrícola, onde fatores como mecanização incompleta, base varietal limitada, baixa integração de sistemas digitais e desafios logísticos persistem como barreiras ao aumento da produtividade (Caldarelli; Gilio, 2018; Bernardo et al., 2019; Castro, 2020; Javed, 2020; Oliveira; Coelho, 2021).

Apesar da existência de tecnologias consolidadas e emergentes (agricultura de precisão, sensores embarcados, biotecnologia e sistemas inteligentes de manejo) o setor ainda enfrenta dificuldade em identificar, priorizar e implementar as inovações com maior potencial de impacto. Isso ocorre porque a efetividade dessas tecnologias depende de variáveis associadas ao ambiente produtivo, ao nível de capacitação técnica, ao grau de mecanização, às condições de solo e clima e à heterogeneidade estrutural entre as unidades produtoras. Assim, apesar da oferta crescente de soluções tecnológicas, a escolha de quais inovações devem ser introduzidas, e em que ordem, ainda se constitui um desafio estratégico para o setor agrícola da cana.

Além desses aspectos, torna-se evidente a necessidade de avançar analiticamente para além da simples descrição das inovações disponíveis, investigando os fatores que realmente

condicionam sua adoção e efetividade. A incorporação de novas tecnologias na agricultura depende de elementos econômicos, como custo de aquisição e retorno esperado; tecnológicos, como compatibilidade com sistemas já existentes; regulatórios, como exigências ambientais e normativas; e organizacionais, como capacidade de gestão, qualificação da mão de obra e cultura de inovação (Biggs; Just; Lutfi, 2021).

Esses condicionantes, no entanto, não operam de forma isolada: eles interagem entre si, gerando efeitos combinados que influenciam a velocidade, a intensidade e a profundidade do processo de inovação. Apesar desse reconhecimento, ainda persiste uma lacuna importante no setor sucroenergético: a ausência de uma avaliação estruturada e comparativa que permita compreender, de forma sistemática, o peso relativo de cada condicionante sobre as oportunidades de inovação existentes. Essa lacuna compromete a capacidade de gestores, pesquisadores e formuladores de políticas de priorizar investimentos, selecionar estratégias mais eficientes e fomentar inovações que possam efetivamente romper a estagnação da produtividade agrícola na cana-de-açúcar.

Ou seja, a forte pressão dos fatores estruturais e conjunturais, somada a não estratégia de elencar onde devem ser priorizados esforços e investimentos resultam num cenário atual de sobreposição desses dois fatores sobre a alavancagem da produtividade. Assim, a identificação e priorização das oportunidades de inovação analisadas nesta tese dependem diretamente da compreensão desse dualismo, que constitui a base conceitual para interpretar os resultados e propor caminhos robustos de avanço para o setor sucroenergético (Nyko et al., 2013; Bernardo et al., 2019; Martins et al., 2020; Gouvêa et al., 2020).

Diante dessa complexidade inerente ao sistema produtivo da cana-de-açúcar, torna-se evidente que a avaliação das oportunidades de inovação não pode se apoiar em abordagens simplificadas ou unidimensionais. A multiplicidade de fatores estruturais, conjunturais e tecnológicos exige ferramentas capazes de sintetizar diferentes tipos de informação de forma integrada. Nesse sentido, métodos analíticos robustos tornam-se indispensáveis para apoiar decisões em ambientes marcados por critérios diversos e frequentemente conflitantes.

Os Métodos de Apoio à Decisão Multicritério (MCDA), também chamados de Tomada de Decisão Multicritério (MCDM), são excepcionalmente apropriados para contextos em que a avaliação de alternativas exige a consideração simultânea de múltiplos critérios. Estes critérios são frequentemente de natureza diversa e potencialmente conflitante. Belton e Stewart (2002) destacam que esses métodos proporcionam um arcabouço sistemático que facilita a fusão de informações quantitativas, qualitativas e subjetivas. Essa capacidade de integração é essencial, pois reflete a complexidade das variadas dimensões que compõem o processo de decisão. Tal

perspectiva reconhece que os problemas práticos dificilmente podem ser explicados por uma meta singular, tornando indispensável a ponderação de aspectos econômicos, técnicos, ambientais e sociais. Para Roy (1996), a função primária da análise multicritério não é substituir a figura do decisor, mas sim apoiá-lo na identificação e compreensão dos compromissos (*trade-offs*) inerentes às relações entre critérios que estão em competição. O resultado é um processo de escolha com maior transparência, racionalidade e coerência.

Consequentemente, em situações de alta complexidade — como a análise de oportunidades de inovação e seus elementos condicionantes, onde as decisões dependem da combinação de dados heterogêneos e do julgamento humano —, o emprego dos métodos multicritério assume um papel crucial.

Neste contexto, busca-se responder nesse trabalho a seguinte questão de pesquisa: Como os fatores condicionantes impactam as oportunidades de inovação na atividade agrícola do setor sucroenergético brasileiro?

Em busca de responder tal problemática, esta pesquisa tem como objetivo geral avaliar a influência dos fatores condicionantes para as oportunidades de inovação na atividade agrícola do setor sucroenergético brasileiro. Para tanto, pretende-se especificamente:

- a) Identificar as oportunidades de inovação na produção de cana-de-açúcar no Brasil;
- b) Categorizar os fatores que condicionam as oportunidades de inovação na produção de cana-de-açúcar;
- c) Aplicar um modelo de análise multicritério, com participação de especialistas do setor, para classificar a influência dos fatores condicionantes;
- d) Sugerir diretrizes e estratégias de gestão para o setor, baseadas nos resultados da priorização, visando potencializar a criação e a adoção de inovações agrícolas.

Para a consecução dos objetivos propostos, este trabalho está dividido em cinco capítulos. Nesta primeira etapa, Introdução, a temática da pesquisa é contextualizada, bem como são apresentados as questões norteadoras e os objetivos geral e específicos.

O segundo capítulo consiste em uma Revisão da Literatura realizada para estabelecer os fundamentos necessários ao desenvolvimento da pesquisa. A primeira parte dessa revisão aborda a evolução histórica e inovativa da produção de cana-de-açúcar no Brasil, suas características produtivas e os marcos que influenciaram seu sistema produtivo. A segunda parte trata sobre o conceito de Sistema Setorial de Inovação (SSI), uma abordagem de redes que estrutura o trabalho no sentido de agrupar conhecimentos de forma lógica, atendendo à necessidade esperada.

O terceiro capítulo destina-se à exposição da metodologia empregada no desenvolvimento da presente investigação. Os procedimentos metodológicos representam uma parte fundamental de qualquer estudo científico. Nesta seção, os procedimentos metodológicos são apresentados de forma detalhada, com a devida contextualização e justificativa de sua escolha.

Após apresentar como a pesquisa foi realizada, o trabalho segue para o momento de Resultados e Discussões (quarto capítulo). Por contar com a subjetividade das respostas de terceiros, a avaliação dos resultados é discutida rigorosamente, conforme exige a metodologia utilizada. É a partir desse contexto que serão originadas as conclusões do trabalho.

Por fim, o quinto e último capítulo traz as Considerações Finais da tese, apresentando as contribuições científicas gerais do trabalho, as limitações e as sugestões de pesquisas futuras.

De forma a facilitar o entendimento do leitor acerca do desenvolvimento da pesquisa, a estrutura metodológica dessa tese está apresentada no Quadro 1. É possível observar de forma sistemática, a lógica de desenvolvimento da pesquisa, relacionando o objetivo geral com seus respectivos objetivos específicos, bem como os procedimentos utilizados.

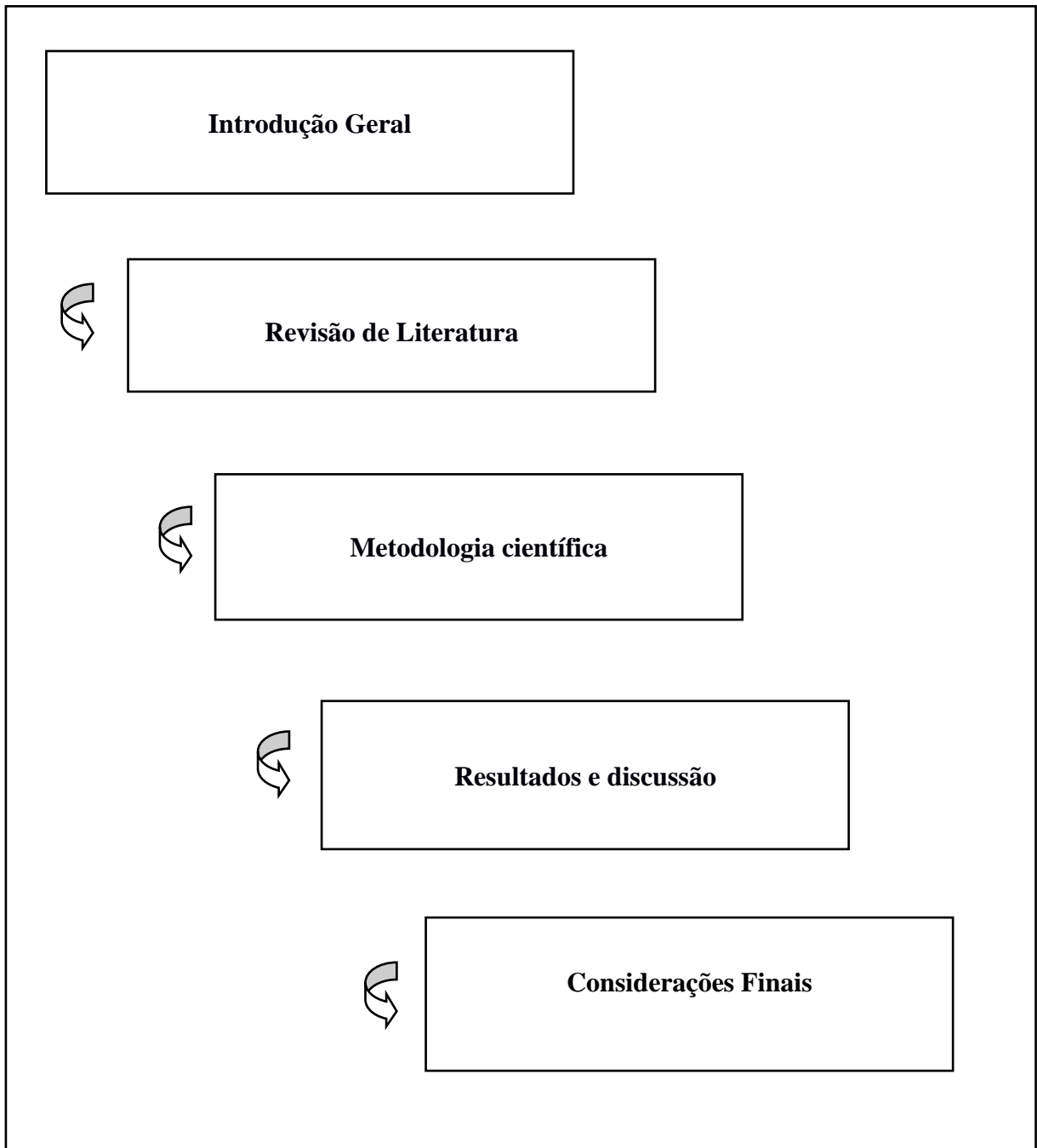
Quadro 1 – Estrutura de desenvolvimento da pesquisa

Objetivo Geral	Objetivos Específicos	Procedimento
Avaliar a influência dos fatores condicionantes para as oportunidades de inovação na atividade agrícola do setor sucroenergético brasileiro	Identificar as oportunidades de inovação na produção de cana-de-açúcar no Brasil	✓ <i>Revisão Literatura</i>
	Categorizar os fatores que condicionam as oportunidades de inovação na produção de cana-de-açúcar	✓ <i>Revisão Sistemática da Literatura</i> ✓ <i>Análise de Conteúdo</i>
	Aplicar um modelo de análise multicritério, com participação de especialistas do setor, para classificar a importância dos fatores condicionantes para as oportunidades de inovação	✓ <i>Survey</i> ✓ <i>Fuzzy Topsis Class</i>
	Sugerir diretrizes e estratégias de gestão para o setor	✓ <i>Processo propositivo</i>

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com a estrutura de desenvolvimento da pesquisa definida, a Figura 2 mostra o esquema dessa tese de doutorado.

Figura 2 – Esquema da tese



Fonte: Elaborado pelo autor.

2. REVISÃO DA LITERATURA

A revisão de literatura dessa pesquisa está dividida em duas seções principais, cada uma com um foco específico.

A primeira seção dedica-se a traçar o trajeto de desenvolvimento da cadeia produtiva sucroenergética no Brasil. O intuito é promover a compreensão da sua evolução histórica, o contexto atual, e identificar os marcos importantes. O conhecimento da história e do desenvolvimento do setor é crucial para direcionar a busca por especialistas e por informações qualificadas sobre o problema investigado. Tais considerações e o conhecimento adquirido servem de alicerce para a análise do objeto central da pesquisa: a matéria-prima cana-de-açúcar.

A segunda seção introduz o conceito do Sistema Setorial de Inovação (SSI) e define a natureza da inovação, demonstrando como estes se encaixam no arcabouço da pesquisa atual. A discussão dos conceitos e de suas perspectivas visa fornecer o direcionamento teórico para as conclusões finais do trabalho, especialmente nos pontos onde diferentes conjuntos conceituais se sobrepõem ou divergem.

2.1. EVOLUÇÃO DO SETOR SUCROENERGÉTICO

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) é uma espécie monocotiledônea, alógama e perene, de provável origem nas regiões da Indonésia e Nova Guiné, pertencente à família Poaceae. Os materiais atualmente cultivados são híbridos interespecíficos resultantes de complexos processos de melhoramento, integrando a diversidade genética de *Saccharum officinarum*, *S. spontaneum*, *S. sinense*, *S. barberi*, *S. robustum* e *S. edule* (Jadoski et al., 2010). A hibridação interespecífica e a introgressão provenientes dessas espécies desempenharam papel fundamental na evolução da cultura, oferecendo variabilidade para características como teor de sacarose, vigor vegetativo, resistência a estresses bióticos e tolerância a condições adversas (Moore; Paterson; Tew, 2014; Souza et al., 2020).

No contexto brasileiro, a cana-de-açúcar constitui uma das primeiras e mais influentes culturas agrícolas introduzidas no período colonial, assumindo papel estruturante na formação econômica, territorial e social do país. Sua inserção no território nacional remonta a aproximadamente 1516, associada ao projeto expansionista português de ocupação territorial e afirmação política da colônia. Os primeiros polos produtivos estabeleceram-se na região Nordeste, onde as condições edafoclimáticas favoráveis possibilitaram a implantação dos engenhos dedicados ao processamento do açúcar (Braibante et al., 2013). A intensa utilização de mão de obra indígena, posteriormente substituída pelo trabalho escravizado africano, e a

forte integração ao comércio atlântico consolidaram o açúcar como um dos mais importantes bens de exportação do império português (Schwartz, 1988; Furtado, 2007).

Ao longo dos séculos seguintes, o cultivo expandiu-se para diversas regiões, mas foi somente na segunda metade do século XX que se deu a consolidação definitiva do Centro-Sul como principal polo produtivo, especialmente nos estados de São Paulo e Minas Gerais. Essa transição espacial refletiu mudanças estruturais na agroindústria, abertura de fronteiras agrícolas, maior mecanização, modernização tecnológica e políticas públicas orientadas à expansão da produção de etanol (Camejo; De Oliveira, 2015; Moraes; Zilberman, 2014). A região, beneficiada por solos mais profundos, topografia favorável e infraestrutura logística superior, assumiu a liderança nacional — condição que se mantém até o presente.

A trajetória institucional do setor sucroenergético brasileiro apresenta marcos decisivos que moldaram sua capacidade produtiva e seu arcabouço organizacional. O primeiro grande marco foi a criação, em 1933, do Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA), órgão estatal de orientação intervencionista que regulou de maneira abrangente a cadeia produtiva. Entre suas atribuições destacavam-se o controle da oferta de açúcar, o estímulo à produção de álcool, a regulamentação da relação álcool-gasolina e a promoção da modernização tecnológica do setor (Barros; Moraes, 2002; Camejo; De Oliveira, 2020).

O IAA desempenhou papel estratégico na mitigação dos efeitos da superprodução internacional de açúcar e na estabilização do mercado interno. Apesar de enfrentar resistência de parte dos produtores, sua atuação promoveu avanços significativos, incluindo a ampliação do uso de etanol hidratado como aditivo à gasolina e a criação do PLANALSUCAR — o Programa Nacional de Melhoramento da Cana-de-Açúcar — em 1975 (IAA/PLANALSUCAR, 1983). Este programa representou o primeiro esforço coordenado de natureza científica para o desenvolvimento de variedades adaptadas ao ambiente brasileiro, influenciando profundamente a produtividade agrícola nas décadas subsequentes.

Com a extinção do IAA em 1990, o PLANALSUCAR foi substituído pela RIDESA — Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroenergético — que passou a coordenar os programas públicos de melhoramento genético. Paralelamente, o Centro de Tecnologia Canavieira (CTC), criado em 1969 e vinculado à COPERSUCAR, assumiu papel de liderança no desenvolvimento de tecnologias agrícolas e industriais, consolidando-se como um dos principais centros privados de inovação do setor (CTC, 2023; Landell; Bressiani, 2018).

Outro marco relevante foi o Programa de Modernização da Agroindústria Canavieira, implementado no início da década de 1970. Estimulados pela alta do preço internacional do açúcar, produtores investiram em expansão industrial, e a capacidade de processamento

canavieiro duplicou, passando de 5,4 para 11,4 milhões de toneladas no período (Proença, 2008; Ivo et al., 2008). Esse crescimento, inicialmente voltado ao mercado externo, sofreu retração após a queda internacional dos preços do açúcar, mas abriu caminho para uma reorientação estratégica da produção.

Essa reorientação se consolidou em 1975 com a criação do PROALCOOL — Programa Nacional do Álcool — possivelmente o mais importante marco da história moderna do setor. O programa foi uma resposta direta à crise do petróleo de 1973, que desencadeou recessão global, inflação e aumento da vulnerabilidade energética. O PROALCOOL buscou estimular a produção de etanol para substituir a gasolina, reduzir a dependência de combustíveis fósseis e reorganizar o setor sob uma matriz energética mais diversificada (Pamplona, 1984; Carvalho et al., 2013). Nesse mesmo período (1976), foi fundada a ORPLANA — Organização das Associações de Produtores de Cana do Brasil — entidade que ampliou a representatividade dos fornecedores independentes e fortaleceu a governança setorial.

Segundo Iturra (2004) e Ivo et al. (2008), o PROALCOOL desenvolveu-se em três fases:

1. Expansão das destilarias anexas às usinas, elevando a capacidade industrial sem necessidade de grandes reestruturações;
2. Interiorização das destilarias autônomas, a partir de 1979, promovendo a expansão territorial da produção de álcool anidro;
3. Aprimoramento estrutural, caracterizado pelo aumento dos recursos destinados à modernização agrícola e industrial, à elevação da produtividade e ao estímulo ao consumo.

Mais de US\$ 7 bilhões foram investidos no programa, com impactos positivos duradouros até 1989 (Ruiz, 2006). Dentre os resultados mais relevantes destacam-se a significativa redução da dependência de combustíveis fósseis; o equilíbrio das contas externas; a ampliação da arrecadação pública nos municípios canavieiros; a geração massiva de empregos diretos e indiretos; a diminuição das emissões associadas ao uso de combustíveis fósseis; e a consolidação de bases tecnológicas e organizacionais que sustentariam, décadas depois, o renascimento do etanol brasileiro com os motores flex-fuel (Macedo; Seabra; Silva, 2008; Stolf; Oliveira, 2020).

Assim, os avanços verificados ao longo da segunda metade do século XX refletem um processo contínuo de adaptação institucional, inovação tecnológica, reorientação produtiva e aprendizado coletivo — processo que colocaria o Brasil entre os maiores produtores mundiais de açúcar, etanol e biomassa energética. Como principais fatores negativo do programa, a

expansão sem fiscalização, ou regimento ocasionou problemas principalmente ambientais. Segundo Ivo et al. (2008),

Nessa época, a agricultura era praticamente desvinculada das questões ambientais. Assim, as mudanças na agricultura e na estrutura fundiária impulsionadas pelo Proálcool trouxeram consequências ao ambiente, advindas do monocultivo e da exploração não-sustentável de recursos naturais como água e solo (Ivo *et al.*, 2008, p. 675).

Do ponto de vista histórico-institucional, o PROALCOOL pode ser considerado um divisor de águas na configuração moderna da cadeia sucroenergética brasileira. Suas diretrizes tecnológicas, produtivas e organizacionais estabeleceram as bases para que o país desse início, de fato, a uma produção de etanol em escala industrial e com relevância estratégica tanto para o abastecimento interno quanto para o comércio internacional. Nyko et al. (2013) reforçam essa leitura ao argumentar que “de fato, a inovação desempenhou papel de destaque durante esse período, especialmente a partir do Proálcool, que possibilitou o uso de biocombustíveis em larga escala” (p. 401). Assim, o programa não apenas reorganizou a estrutura produtiva da época, como também abriu caminho para o Brasil assumir papel pioneiro no desenvolvimento de biocombustíveis.

Entretanto, ao início da década de 1990 — período marcado por intensas transformações políticas e econômicas — o PROALCOOL perdeu força e suas ações foram progressivamente absorvidas ou substituídas por novos arranjos institucionais. Conforme discutem Barros e Moraes (2002), entre 1996 e 1999 os preços dos derivados da cana foram totalmente liberados, reduzindo significativamente a intervenção estatal e exigindo uma reestruturação ampla do setor. A desregulamentação, somada à extinção do IAA e às instabilidades econômicas associadas à inflação e aos ajustes macroeconômicos da época, resultou no fechamento de diversas unidades produtoras e em um ambiente de acentuada instabilidade na cadeia sucroalcooleira (Stolf; Oliveira, 2020; Moraes; Zilberman, 2014).

Nesse contexto adverso, o setor foi compelido a construir alternativas próprias. Empresários, associações e lideranças organizacionais mobilizaram-se na criação de novos mecanismos institucionais capazes de preencher o vazio deixado pela retração estatal e de restaurar a coordenação perdida. Terci et al. (2005) destacam que esse movimento coletivo resultou na criação de diversas entidades representativas, como a Associação das Indústrias Sucroalcooleiras do Estado de São Paulo (SUCROÁCOOL), a Sociedade dos Produtores de Açúcar e Álcool (SOPRAL), a Associação dos Alambiques Autônomos (ADA), a Associação da Indústria Sucroalcooleira do Estado de São Paulo (SUCRESP) e, sobretudo, o Sindicato da

Indústria da Cana-de-Açúcar (ÚNICA), que posteriormente se consolidaria como a principal entidade representativa do setor no Brasil e uma das mais influentes no cenário internacional (ÚNICA, 2023).

Um dos marcos institucionais mais relevantes dessa fase de reorganização foi a criação, em 1999, do Conselho dos Produtores de Cana-de-Açúcar, Açúcar e Etanol do Estado de São Paulo — CONSECANA. Estabelecido com base no Artigo 5º da Portaria 275/1998, que oficializou a plena liberação dos preços dos produtos derivados da cana, o CONSECANA passou a funcionar como entidade binária representando fornecedores e usinas, propondo um novo sistema de remuneração baseado na qualidade da matéria-prima e em referências de preços internacionais (CONSECANA, 2023; Walter; Cortez, 1997). Sua criação foi crucial para evitar conflitos entre elos da cadeia e promover previsibilidade econômica, ao mesmo tempo em que incentivava melhorias tecnológicas e agrícolas.

No mesmo período, a promulgação da Lei 9.478/1997 — conhecida como “Lei do Petróleo” — ampliou a governança energética nacional e instituiu o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE). Embora inicialmente voltado para o setor de combustíveis fósseis, o CNPE passou, ao longo dos anos, a incorporar diretrizes específicas para biocombustíveis, reconhecendo seu papel estratégico para a diversificação da matriz energética brasileira e alinhando-se à agenda internacional de transição energética (Brasil, 1997; IEA, 2015). Esse arcabouço regulatório reforçou o ambiente institucional necessário para que as bioenergias ganhassem centralidade em políticas públicas subsequentes.

O início dos anos 2000 marca outra inflexão histórica. A introdução dos motores flex fuel em 2003, fruto de parcerias tecnológicas entre montadoras, centros de pesquisa e indústria do etanol, remodelou profundamente a dinâmica do setor (Goldemberg et al., 2014; Macedo; Seabra; Silva, 2008). Essa inovação coincidiu com um contexto de crise energética global, elevação do preço do petróleo e forte expansão industrial no Brasil. A sinergia entre tecnologia automotiva, disponibilidade de matéria-prima e incentivos governamentais gerou um ambiente extremamente favorável ao crescimento acelerado do setor sucroenergético.

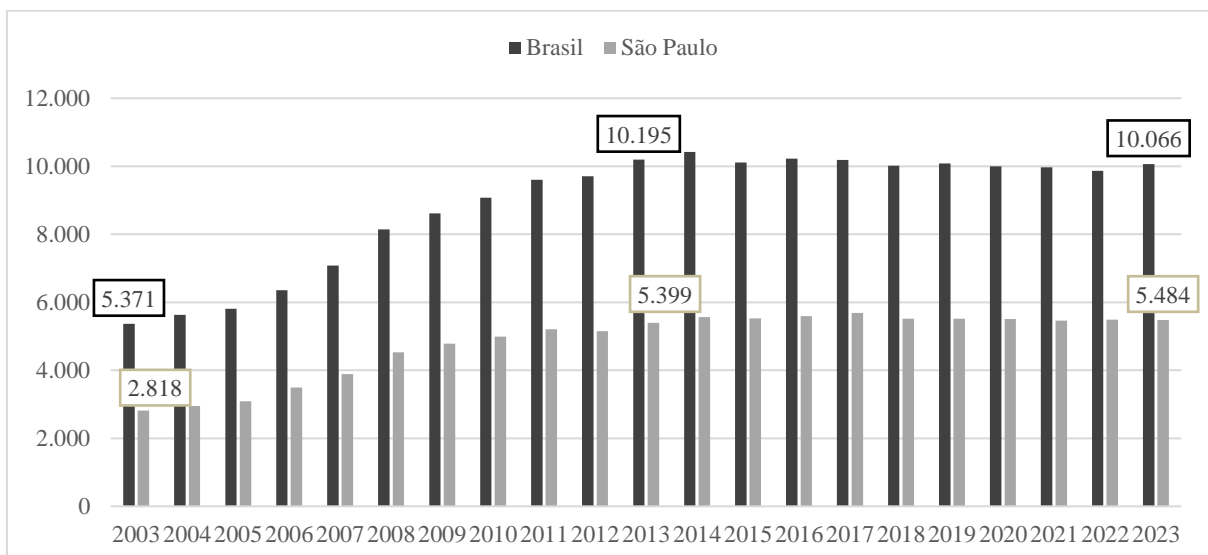
Stolf e Oliveira (2020) acrescentam que uma das forças motrizes por trás desse movimento foi o convencimento político-institucional exercido pelo então ministro da Agricultura, Roberto Rodrigues, junto ao presidente Luiz Inácio Lula da Silva, demonstrando como a agroenergia — em especial o etanol — poderia reposicionar o Brasil geopoliticamente como líder global em biocombustíveis. O raciocínio estratégico era claro: apenas países tropicais reuniam condições agroclimáticas para produzir etanol com alta eficiência e baixa pegada de carbono; logo, dominar essa tecnologia significaria não apenas ganhos econômicos,

mas também projeção internacional. Alinhava-se, ainda, a um discurso político centrado na geração de renda, emprego, desenvolvimento regional e transição para fontes energéticas renováveis.

Nesse cenário, o setor sucroenergético brasileiro ingressou em uma nova fase de expansão sustentada, caracterizada pela intensificação tecnológica, ampliação de mercados internacionais, renovação institucional e crescente integração da cana-de-açúcar às agendas globais de energia limpa e sustentabilidade.

A análise dos efeitos das políticas de incentivo e dos marcos institucionais mencionados revela transformações profundas na dinâmica territorial e produtiva da cultura da cana-de-açúcar no Brasil. A Figura 3 demonstra que, impulsionada pela expansão dos motores *flex fuel* e por um conjunto de políticas orientadas ao crescimento da agricultura energética, a canavicultura viveu seu maior ciclo de expansão histórica no início do século XXI. Entre 2003 e 2013, o setor ultrapassou a marca de 10 milhões de hectares cultivados, duplicando a área plantada em apenas uma década. Um dado particularmente revelador é que, em 2003, o Brasil cultivava 5,3 milhões de hectares — praticamente a área que somente o estado de São Paulo alcançaria dez anos depois.

Figura 3 – Área colhida do Brasil e estado de São Paulo entre 2003 e 2023 (x 1000)



Fonte: elaborado pelo autor com base nos dados da Produção Agrícola Municipal (IBGE).

Esse protagonismo paulista não ocorreu por acaso. Barros e Moraes (2002) argumentam que, desde o final do século XX, a concentração de grandes usinas, centros industriais, polos de pesquisa e infraestrutura logística em São Paulo favoreceu a difusão de

tecnologias, a formação de capacidades técnicas e a atração de investimentos. Tal concentração gerou externalidades positivas que aceleraram a modernização agrícola e industrial do setor no estado. Os resultados desta pesquisa corroboram esse processo: as regiões que apresentaram maior expansão entre 2003 e 2013 foram o Oeste Paulista e o Centro-Oeste, áreas com disponibilidade de terras, topografia favorável à mecanização e forte presença de infraestrutura agroindustrial.

Um elemento adicional, de grande impacto na reconfiguração produtiva paulista, foi a implementação do Protocolo Agroambiental do Setor Sucroenergético, firmado entre 2007 e 2008. O protocolo visava acelerar o fim da prática da queima prévia do canavial — procedimento historicamente utilizado para facilitar a colheita manual, reduzir impurezas vegetais e diminuir a ocorrência de pragas. Embora eficaz do ponto de vista operacional, a queima trazia graves consequências ambientais, como perda de biodiversidade, emissão de particulados e poluentes, degradação da fauna e flora, além de impactos severos à saúde pública (Guilhoto et al., 2004; Martinelli; Filoso, 2008).

Esses problemas motivaram o governo paulista a instituir, já em 2002, a Lei Estadual 11.241, que determinava a eliminação progressiva das queimadas. A lei classificou as áreas em mecanizáveis (≥ 150 ha e declividade $\leq 12\%$) e não mecanizáveis, estabelecendo prazos distintos, sendo: 2021, para o fim das queimadas nas áreas mecanizáveis; e, 2031, para as não mecanizáveis.

Embora a implementação gradual tenha sido considerada lenta por especialistas da época, representou marco fundamental na transição para um modelo produtivo ambientalmente mais sustentável. Pressões de órgãos ambientais, institutos de pesquisa e sociedade civil aceleraram o processo, culminando na adoção do Protocolo Agroambiental — que antecipou voluntariamente os prazos legais e induziu uma rápida intensificação da mecanização da colheita em São Paulo.

A mecanização, inicialmente tratada como imposição, transformou-se em oportunidade estratégica de inovação. Sua adoção induziu mudanças profundas no manejo da cultura, na estrutura de custos, na organização das operações agrícolas e na própria lógica da expansão territorial. Além disso, acelerou a introdução de novos cultivares adaptados ao corte mecanizado, aperfeiçoou a logística agrícola e estimulou investimentos em tecnologias de agricultura de precisão (Ripoli; Ripoli, 2009; Landell; Bressiani, 2018).

No campo das políticas ambientais nacionais, outro marco relevante foi a criação, em 2017, do RenovaBio — Política Nacional de Biocombustíveis. Concebido para alinhar o setor brasileiro às metas globais de descarbonização, o RenovaBio estabelece metas compulsórias de

redução de emissões para o setor de combustíveis e introduz um sistema de créditos de carbono específicos para biocombustíveis: os CBIOS (Créditos de Descarbonização).

Os CBIOS possuem valor econômico e são emitidos proporcionalmente à intensidade de carbono do processo produtivo: quanto menor a emissão por unidade energética, maior a quantidade de CBIOS gerados (Klein et al., 2019; Brazil-MME, 2018). Essa lógica transformou a eficiência ambiental em ativo financeiro explícito, incentivando práticas de manejo mais sustentáveis, uso racional de insumos, redução de combustíveis fósseis e otimização energética em toda a cadeia produtiva.

Do ponto de vista da produtividade, o RenovaBio introduziu uma nova racionalidade: produtores passaram a ser estimulados a investir não apenas no aumento do rendimento agrícola ou industrial, mas também na eficiência ambiental do processo produtivo. Em muitos casos, como argumentam Klein et al. (2019), sistemas de produção mais limpos tornam-se tão economicamente vantajosos quanto aqueles com foco estrito na maximização de produtividade física, redirecionando os incentivos setoriais para um equilíbrio entre competitividade e sustentabilidade.

Em síntese, os fatores analisados revelam que a expansão recente do sistema de produção de cana-de-açúcar, especialmente em São Paulo, foi resultado da convergência entre:

- (i) políticas energéticas e industriais (PROALCOOL, motores flex, RenovaBio);
- (ii) reestruturação organizacional e institucional (CONSECANA, sindicatos e associações setoriais);
- (iii) pressões ambientais e sociais (proibição das queimadas, protocolos agroambientais);
- (iv) avanços tecnológicos expressivos (mecanização, genética, agricultura de precisão).

Essa convergência redefiniu o padrão de crescimento da cultura e moldou a base produtiva sobre a qual se assentam os desafios contemporâneos de produtividade, sustentabilidade e inovação.

Sob a ótica histórica, observa-se que a produtividade agrícola apresentou evolução significativa nas últimas cinco décadas. Esse avanço está associado, em grande medida, à incorporação de tecnologias de cultivo, ao desenvolvimento de variedades geneticamente superiores, ao aperfeiçoamento do manejo agrícola e ao aumento da mecanização (Bernardo et al., 2019; Landell; Bressiani, 2018). A produtividade, entendida como a relação entre produção

física e fatores de produção — terra, capital e trabalho — consolidou-se como indicador-chave para avaliar desempenho e competitividade setorial.

No contexto internacional, o Brasil destaca-se como um dos países mais competitivos na produção de biocombustíveis, principalmente pelo etanol de cana. Suas vantagens comparativas decorrem de atributos naturais excepcionais — incidência solar, regime hídrico e disponibilidade de terras — combinados com infraestrutura agroindustrial consolidada, eficiência tecnológica no processamento e especialização da mão de obra (Martinelli; Filoso, 2008; Goldemberg et al., 2008; Nass et al., 2007). A robustez desses fatores explica por que o país alcançou padrões de produtividade dificilmente replicáveis em regiões temperadas.

Contudo, ao analisar as transformações recentes, nota-se que a expansão da cultura no século XXI ocorreu predominantemente pela via extensiva. Dados do IBGE (2023) mostram que, embora a área plantada tenha praticamente dobrado entre 2003 e 2013, a produtividade cresceu apenas cerca de 9% no mesmo período. A partir da década de 2010, tanto a área quanto a produtividade apresentaram sinais claros de estagnação. Essa desaceleração sugere que os ganhos tecnológicos não foram suficientes para compensar limites estruturais e condições conjunturais desfavoráveis, como restrições climáticas, limitações edáficas e desafios fitossanitários.

Compreender a produtividade requer, além disso, considerar o ciclo produtivo da cana-de-açúcar, caracterizado por longevidade média de cinco cortes. Após o plantio, a cultura é colhida anualmente, e a lavoura se mantém produtiva graças às rebrotas das soqueiras. O ciclo é encerrado quando a produtividade econômica se torna inviável devido à redução progressiva da produção, ao desgaste fisiológico da planta e ao acúmulo de fatores bióticos e abióticos limitantes (Manhães et al., 2015; Mello, 2020). Esse processo impõe ao produtor a necessidade de equilibrar longevidade, custos de reforma, fertilidade do solo e ambiente de produção.

No nível operacional, a produtividade física é expressa pela massa de colmos colhida por área — geralmente em toneladas por hectare (T/ha). A colheita busca remover folhas secas e verdes, consideradas impurezas vegetais, e concentra-se nos colmos, onde se encontram os açúcares industriais. Desde a implementação dos protocolos agroambientais, especialmente em São Paulo, a colheita manual foi praticamente substituída pela colheita mecanizada, fator que transformou profundamente o manejo da cultura, a qualidade da matéria-prima e a estrutura de custos (Ripoli; Ripoli, 2009).

Na safra de 2021, marcada por eventos climáticos extremos (seca prolongada e geadas), a produtividade média nacional alcançou 71,7 t/ha, valor inferior ao observado em anos anteriores (IBGE, 2023). Esses resultados evidenciam a forte sensibilidade da

produtividade aos efeitos climáticos, sobretudo em sistemas altamente mecanizados e intensificados.

Outro indicador relevante é o teor de açúcares. O ART (Açúcares Redutores Totais), expresso em kg de ART por tonelada de cana, mede o potencial de produção da matéria-prima. Já o ATR (Açúcar Total Recuperável), parâmetro de remuneração estabelecido pelo CONSECANA, corresponde a aproximadamente 0,915 do ART e representa o valor industrial efetivamente recuperável. Em 2021, o ATR médio nacional foi de 141 kg de ATR/t de cana (IBGE, 2023), também influenciado negativamente pelas condições climáticas adversas.

Do ponto de vista histórico, a produtividade apresentou avanço expressivo entre as décadas de 1970 e 2000, fortemente impulsionada pela Revolução Verde, pela expansão do PROALCOOL e pelo uso crescente de fertilizantes, defensivos, irrigação localizada e melhoramento genético (Goes; Marra, 2008; Proença, 2008; Ivo et al., 2008; Buainain; Vieira, 2018). Na década de 1970, antes do PROALCOOL, a produtividade média brasileira era de 49 t/ha, com 87 kg de ART/t de cana. Em 2008, esses valores haviam alcançado 80 t/ha e 140 kg de ART/t, respectivamente (Ivo et al., 2008). Comparando-se com os valores de 2021, observa-se um retrocesso significativo, indicando fragilidade dos sistemas de produção frente a eventos climáticos recentes e a limitações estruturais.

A análise dos últimos 20 anos (Figura 4) revela que a trajetória ascendente do passado não se mantém. Tal estagnação reforça a necessidade de compreender os determinantes da produtividade. Nesse sentido, Nyko et al. (2013) e Bernardo et al. (2019) propõem a distinção entre fatores estruturais — como genética, mecanização, infraestrutura, pesquisa, ambiente de produção e organização das operações — e fatores conjunturais, incluindo regime hídrico, eventos climáticos extremos, pressão de pragas e doenças e variações econômicas que afetam o manejo.

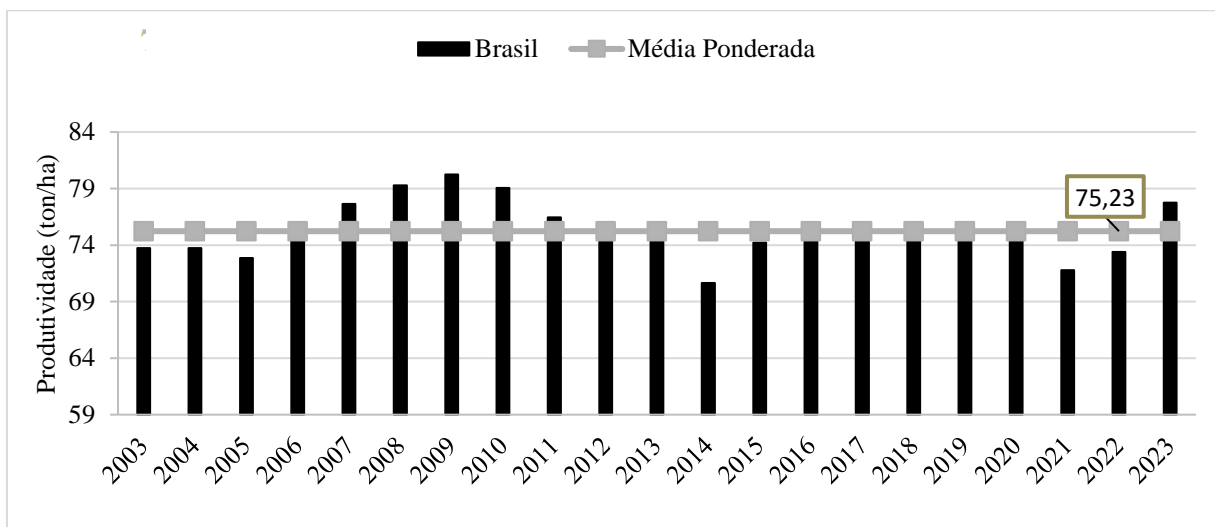
Essa distinção é fundamental porque revela que a produtividade da cana-de-açúcar no Brasil está situada em um ponto crítico, onde os limites estruturais acumulados e as adversidades conjunturais se sobrepõem, comprometendo o crescimento sustentável e exigindo um novo ciclo de inovação agrícola.

A produtividade agrícola da cana-de-açúcar é condicionada por um conjunto complexo de fatores que atuam em diferentes escalas temporais e organizacionais. Neves (2012) distingue dois grandes grupos:

(i) fatores de curto prazo, essencialmente conjunturais, associados às oscilações temporais da produção, como condições edafoclimáticas, estresses bióticos e abióticos, e o estado de restauração do canavial;

(ii) fatores de longo prazo, ou estruturais, relacionados à base produtiva e à capacidade tecnológica instalada, incluindo avanços da mecanização agrícola, qualidade da seleção varietal, histórico de uso do solo e organização das operações (Neves, 2012; Nyko et al., 2013; Bernardo et al., 2019).

Figura 4 – Produtividade geral no Brasil e média ponderada da cana-de-açúcar entre 2003 e 2023



Fonte: elaborado pelo autor com base nos dados da Produção Agrícola Municipal (IBGE).

Gasques et al. (2016) aprofundam essa distinção ao apontar que a agricultura brasileira experimenta um processo de desaceleração produtiva, resultante tanto de limitações estruturais quanto de condicionantes econômicos. Variáveis como preços relativos, disponibilidade de terra, custos dos insumos e regras do processo produtivo influenciam a combinação dos fatores e, conseqüentemente, o desempenho agrícola. Essa estrutura analítica permite compreender que fatores estruturais tendem a exercer impactos de longo prazo, enquanto fatores conjunturais influenciam principalmente o curto e o médio prazo (Buainain; Vieira, 2018). Assim, uma análise consistente da produtividade exige diferenciar esses horizontes temporais e reconhecer que sua influência não é homogênea entre regiões ou sistemas produtivos.

Bernardo et al. (2019) argumentam que a expansão da cana-de-açúcar nas últimas décadas ocorreu ancorada em um sistema produtivo moderno, intensamente tecnificado e amparado por avanços de pesquisa e desenvolvimento provenientes de instituições públicas e privadas. À luz dessa trajetória, seria esperado que regiões tradicionais e novas fronteiras agrícolas apresentassem ganhos continuados de produtividade. No entanto, o que se observa na prática é uma dinâmica mais heterogênea e marcada por limitações sistêmicas.

O ambiente produtivo da cana-de-açúcar é permeado por uma rede de fatores interdependentes — econômicos, ambientais, sociais e tecnológicos. Alterações em qualquer ponto dessa rede geram efeitos diretos e indiretos sobre os demais, tornando a produtividade resultado de múltiplas interações simultâneas.

Sob o ponto de vista ambiental, Bhadouria et al. (2019) chamam atenção para o papel crescente das mudanças climáticas como ameaça séria à estabilidade produtiva. A variabilidade hídrica, o aumento da frequência de ondas de calor, geadas e condições extremas ampliam a vulnerabilidade das culturas, especialmente em sistemas dependentes de chuva, como é o caso da cana em grande parte do Brasil. Os autores destacam que, frente a esse cenário, cresce a necessidade de desenvolver variedades mais tolerantes a estresses bióticos e abióticos, apoiando-se no uso de fatores de transcrição (TFs), engenharia genética e tecnologias de edição gênica como CRISPR/Cas9. Isso reforça o papel do melhoramento genético como elemento central da resiliência futura do setor.

Do ponto de vista econômico, os impactos são igualmente relevantes. Aspectos macroeconômicos (inflação, câmbio, taxa de juros, liquidez internacional) influenciam diretamente o custo dos insumos — muitos deles importados — e a capacidade de investimento dos produtores (Ivo et al., 2008). Políticas públicas, como ocorreu com o IAA e o PROALCOOL, também desempenham papel estratégico ao orientar investimentos, incentivar expansão de fronteira e acelerar a adoção de tecnologias. Não por acaso, a retomada da atratividade do etanol em 2004 marcou o último grande ciclo de expansão, resultante de incentivos explícitos ao biocombustível.

Por outro lado, crises como a recessão brasileira de 2014-2016 reduziram investimentos, encareceram insumos, e diminuíram a disposição dos produtores para inovar. As condições econômicas regionais — infraestrutura, dinâmica fundiária e capacidade de financiamento — também modulam a capacidade produtiva local. Assim, o ambiente econômico influencia decisivamente a adoção de práticas inovadoras e impacta sobretudo a conjuntura de curto e médio prazo (Tsutiya; Zakir; Pigatto, 2008).

A regulação ambiental transformou profundamente o setor. A partir da década de 1990, práticas antes aceitas — como o uso de determinados defensivos e a queima prévia do canavial — passaram a sofrer restrições crescentes. A Norma Técnica P4.231/2005, da CETESB, marcou um avanço significativo ao regulamentar a aplicação da vinhaça, subproduto rico em nutrientes, mas potencial poluente se aplicado de forma inadequada (CETESB, 2015).

Outro marco ambiental decisivo foi a proibição progressiva das queimadas, consolidada na década de 2000. A eliminação do fogo, embora necessária do ponto de vista

ambiental, exigiu uma reconfiguração completa do sistema de colheita e acelerou a mecanização. A transição trouxe benefícios ambientais, mas exigiu tempo para aperfeiçoar a qualidade operacional, reduzir perdas antropogênicas e mitigar danos às soqueiras.

A mecanização trouxe ganhos expressivos, mas também desafios: compactação do solo, aumento do pisoteio, danos às soqueiras e redução da longevidade dos canaviais, fenômenos amplamente registrados na literatura (Ripoli; Ripoli, 2009; Souza et al., 2020). Embora avanços recentes em pneumáticos, piloto automático, controle de tráfego agrícola e colheita de precisão tenham reduzido esses impactos, eles ainda representam gargalos significativos à produtividade sustentada.

O eixo tecnológico engloba as instituições responsáveis pelo desenvolvimento varietal: RIDESA, IAC e CTC — três centros que respondem pela maior parte do avanço genético da cana no Brasil. O melhoramento varietal, porém, enfrenta entraves históricos como o alto custo de pesquisa, longos ciclos de desenvolvimento, normas restritivas à transgenia, adoção lenta por parte dos produtores, complexidade genética da cana, caracterizada por poliploidia e aneuploidia entre outros (Javed, 2020).

A literatura reconhece que materiais com mais de 40 anos de desenvolvimento ainda ocupam grandes áreas plantadas, refletindo tanto a resiliência dessas variedades quanto a lentidão na difusão de materiais mais modernos.

Outra dimensão tecnológica crítica é o plantio. O método convencional, baseado no uso de colmos inteiros ou picados, apresenta desafios logísticos e operacionais (Coleti; Stupello, 2006; Barros; Milan, 2010). Novos modelos, como o plantio com mudas pré-brotadas (MPB), desenvolvido pelo IAC, oferecem vantagens de sanidade, uniformidade e redução do volume de material propagativo (Landell et al., 2012; Moretto; Cavichioli, 2022). No entanto, apesar das vantagens agronômicas, o MPB ainda enfrenta barreiras operacionais, de escala e de custo que dificultam sua adoção universal.

O componente edafoclimático permanece como um dos maiores entraves estruturais à produtividade. Em condições ideais de temperatura, radiação solar e disponibilidade hídrica, Gouvêia (2008) estimou um potencial produtivo superior a 212 t/ha — patamar distante da média brasileira atual. A discrepância entre potencial e produtividade real ilustra a magnitude do desafio e evidencia o peso das limitações ambientais no sistema produtivo.

Reconhecer os gargalos estruturais e conjunturais é condição necessária para identificar caminhos de inovação. Nesse sentido, o BNDES e a FINEP estruturaram o PAISS — Plano de Apoio à Inovação do Setor Sucroenergético, com linhas temáticas voltadas à

modernização agrícola e industrial. No âmbito agrícola, Nyko et al. (2013) e Bernardo et al. (2019) destacam quatro grandes oportunidades de inovação:

- Melhoria e diversificação varietal;
- Aprimoramento da mecanização agrícola;
- Manejo integrado e práticas agronômicas avançadas;
- Inovação nos sistemas de plantio e propagação (MPB, biotecnologia).

Essas linhas constituem o conjunto de caminhos possíveis para superar os limites estruturais e amparar os conjunturais, visando ampliar a produtividade futura. Cada uma delas está associada a condicionantes específicos — institucionais, econômicos, organizacionais, tecnológicos e ambientais — que compõem os pilares do Sistema Setorial de Inovação (SSI) aplicado ao setor sucroenergético.

2.2 SISTEMA SETORIAL DE INOVAÇÃO (SSI)

De acordo com Harhoff e Lakhani (2016), um dos precursores centrais do pensamento sobre inovação, Joseph A. Schumpeter, formulou no início do século XX uma teoria na qual a inovação é concebida como motor fundamental da dinâmica capitalista. Em sua visão, o impulso à inovação deriva, em grande medida, da busca de lucro por parte de empresas — grandes ou pequenas — e da consequente introdução de novas combinações produtivas, capazes de alterar a base técnica vigente. Essa perspectiva schumpeteriana, centrada na lógica dos incentivos econômicos, tornou-se paradigma tanto para o setor privado quanto para formulações de políticas públicas, influenciando escolas de pensamento e instituições em todo o mundo. No entanto, a inovação contemporaneamente é compreendida como fenômeno mais amplo do que apenas a geração de ganhos econômicos.

A literatura especializada apresenta inúmeras definições de inovação. Damanpour (1991), em formulação clássica, descreve a inovação como o processo de concepção, adoção e implementação de ideias novas ou significativamente aprimoradas em produtos, processos, serviços ou sistemas, que resultem em melhorias relevantes em relação a padrões anteriores. Com o tempo, essa concepção foi sendo refinada, culminando em definições consolidadas como a da OCDE, segundo a qual inovação é um produto ou processo novo ou aprimorado — ou uma combinação de ambos — que difere significativamente das soluções anteriores e que foi disponibilizado a usuários potenciais (produto) ou colocado efetivamente em uso (processo) (OECD, 2018).

Essa abordagem desloca a inovação do plano puramente ideacional para o plano da implementação: não basta conceber algo novo; é necessário que esse “novo” seja efetivamente incorporado na prática. Teece (2007) enfatiza que, em economias abertas e de inovação rápida, a forma como as empresas percebem, selecionam e moldam oportunidades e ameaças condiciona o modo como inovam e capturam valor. De forma complementar, a literatura reconhece que a inovação pode envolver não apenas novos produtos e processos, mas também métodos de gestão, formas organizacionais, reposicionamento de funções e recombinações de tecnologias já existentes (OECD, 2005; Gault, 2018).

Em sentido amplo, a inovação emerge de necessidades, desafios ou oportunidades percebidas por atores que buscam aperfeiçoar ou criar soluções capazes de agregar valor — seja econômico, social, ambiental ou institucional — a mercados, territórios ou segmentos específicos da sociedade.

Em sua obra de 1942, Schumpeter aprofunda essa discussão ao introduzir o conceito de “destruição criativa”, para descrever o processo pelo qual inovações radicais desestabilizam e substituem soluções, estruturas e modelos de negócio estabelecidos (Schumpeter, 1942). A destruição criativa é concebida como mecanismo cíclico que sustenta o dinamismo do capitalismo: novas tecnologias, processos ou produtos tornam obsoletos métodos tradicionais, reconfigurando setores inteiros, deslocando empresas incumbentes e abrindo espaço para novos entrantes. Essa dinâmica, embora gere instabilidade, é identificada como um dos principais motores do crescimento econômico de longo prazo, ao promover renovação constante, difusão tecnológica e aumentos de produtividade (Dahesh et al., 2020; Gault, 2018).

Por outro lado, a destruição criativa também traz efeitos colaterais relevantes. Mudanças abruptas podem gerar desemprego em setores em declínio, desestruturação de cadeias produtivas e necessidade de requalificação de trabalhadores, além de demandar adaptações organizacionais complexas (Klerkx; Van Mierlo; Leeuwis, 2012). Assim, a inovação é simultaneamente fonte de progresso e de rupturas, exigindo mecanismos de governança capazes de mitigar seus custos sociais.

É nesse contexto que emerge o conceito de sistemas de inovação. Em vez de tratar a inovação como ato isolado de uma empresa ou inventores individuais, essa perspectiva enfatiza a interação entre múltiplos atores — empresas, universidades, instituições de pesquisa, agências públicas, organizações de produtores, instituições financeiras e outros — inseridos em um ambiente institucional e regulatório específico (Klerkx; Aarts; Leeuwis, 2010). Sistemas de inovação são, portanto, redes complexas e interdependentes de organizações, regras, rotinas e

relações que, em conjunto, condicionam a geração, difusão e uso de inovações em determinado país, região ou setor.

Lundvall (2016) discute que, a partir dessa abordagem, torna-se fundamental reconhecer que inovações não são universalmente transferíveis: uma mesma solução pode ser extremamente eficaz em determinado contexto nacional ou regional e pouco funcional em outro, dadas diferenças de instituições, cultura, mercado e capacidades locais. Surge, assim, o conceito de Sistema Nacional de Inovação (SNI), que enfatiza o papel das estruturas nacionais — políticas, regulatórias, científicas e produtivas — na conformação dos padrões de inovação.

O termo sistema nacional de inovação apareceu formalmente na literatura em 1988, em obra de Freeman, mas suas raízes remontam a discussões bem anteriores sobre desenvolvimento econômico e construção de capacidades nacionais (Freeman, 1995; Dahesh et al., 2020; List, 1941). A noção central é que o desempenho inovativo de um país resulta da forma como seus atores interagem e como suas políticas científicas, tecnológicas, industriais e educacionais se articulam.

Carlsson, Jacobsson e Holmén (2002) destacam que uma das relações mais importantes em sistemas de inovação é a densidade e qualidade das interações: conferências, redes de cooperação, mecanismos de feedback, consórcios, arranjos colaborativos. Quanto maior a frequência e a profundidade dessas interações, mais dinâmico tende a ser o sistema. Freeman (1995) reforça que essas interfaces entre setores e atores não apenas difundem tecnologias, mas muitas vezes originam inovações, ao articular demandas, conhecimento científico e competências tecnológicas.

Nelson (1993), em estudo clássico, investiga perspectivas de inovação em quinze países e demonstra como diferenças nas redes nacionais — em termos de instituições, políticas, empresas líderes e trajetória histórica — resultam em padrões distintos de desempenho inovativo. Esses trabalhos contribuíram para consolidar o SNI como lente analítica central e abriram caminho para abordagens mais refinadas, que passaram a considerar a dimensão espacial e setorial com maior profundidade.

A partir dessa evolução, ganha destaque o conceito de Sistema Regional de Inovação (SRI). Inspirado, entre outros, nos trabalhos de Porter (1990), que propõe o modelo diamante com quatro pilares — (i) condições de fatores, (ii) condições de demanda, (iii) indústrias relacionadas e de apoio, e (iv) estratégia, estrutura e rivalidade —, reconhece-se que a competitividade e a capacidade inovativa são fortemente moduladas por características regionais. Assim, fatores como infraestrutura local, base produtiva, cultura de cooperação,

políticas estaduais ou regionais e características do mercado local passam a ser considerados determinantes da dinâmica inovativa (Porter, 1990; Dahesh et al., 2020).

O estudo de Saxenian (1996) sobre o Vale do Silício e a Rota 128 de Boston é emblemático nesse debate. Ao comparar duas das principais regiões de alta tecnologia dos Estados Unidos, a autora evidencia que diferenças culturais, formas de organização, padrões de interação entre empresas, universidades e investidores são decisivas para explicar por que o Vale do Silício se tornou ambiente mais dinâmico e inovador do que a Rota 128. Esse caso reforça a ideia de que a inovação regional não se explica apenas por infraestrutura física, mas por características intangíveis — cultura, confiança, normas compartilhadas, redes informais — que estruturam ecossistemas inovativos. Além disso, clusters industriais frequentemente extrapolam fronteiras setoriais, envolvendo múltiplos atores e instituições, o que demanda elevada coordenação e sinergia (Suominen; Seppänen; Dedehayir, 2019).

Com o avanço das tecnologias de informação e comunicação e a intensificação da globalização, o debate sobre sistemas de inovação tornou-se ainda mais complexo. Por um lado, as possibilidades de cooperação à distância, circulação de conhecimento e acesso a redes internacionais ampliaram significativamente o alcance geográfico da inovação. Por outro, autores como Healy e Morgan (2012) lembram que, apesar da digitalização, a interação face a face, a experiência territorial e a proximidade seguem tendo papel central na construção de confiança, na troca tácita de conhecimento e na formação de capacidades inovativas localizadas.

Dessa forma, as redes de inovação tornam-se simultaneamente mais globais e mais enraizadas em contextos locais e regionais. A dinâmica contemporânea dos sistemas de inovação passa, portanto, a ser analisada a partir da interação entre:

- dimensões espaciais (local, regional, nacional e global);
- dimensões setoriais (como, no presente trabalho, o setor sucroenergético); e
- dimensões institucionais (regras, políticas, organizações de ciência, tecnologia e inovação).

Apesar das contribuições trazidas pelos sistemas nacional e regional de inovação, a literatura evolutiva demonstra que a dinâmica inovativa não se esgota na dimensão espacial. À medida que o avanço científico se intensifica, observa-se que a inovação passa a ser compreendida também sob uma dimensão setorial, na qual tecnologias, trajetórias de aprendizagem, estruturas de mercado e padrões de interação assumem características próprias. Assim, em uma perspectiva hierárquica, o Sistema Setorial de Inovação (SSI) constitui um nível analítico distinto e complementar às abordagens nacional e regional (De Negri; Squeff, 2016).

A importância da dimensão setorial foi evidenciada no estudo seminal de Pavitt (1984), que examinou mais de 2.000 inovações no Reino Unido e demonstrou que a maior parte delas não possui caráter de propósito geral; pelo contrário, suas aplicações são fortemente direcionadas a nichos específicos de setores, empresas e bases tecnológicas. Pavitt revelou que setores distintos respondem de maneira distinta a uma mesma inovação, e que as oportunidades tecnológicas, bem como as rotinas de aprendizado, são fortemente moldadas por características setoriais. Em outras palavras, a capacidade de adoção e difusão de novas tecnologias depende do contexto produtivo, da base de conhecimento e da dinâmica concorrencial de cada setor.

A partir dessa constatação, consolida-se o conceito de Sistema Setorial de Inovação, alinhado à abordagem evolutiva de Dosi (1982), Nelson e Winter (1982) e Malerba e Orsenigo (2000). Esses autores argumentam que setores apresentam trajetórias tecnológicas próprias (“*technological trajectories*”), regimes de seleção distintos e mecanismos particulares de aprendizado. Assim, a inovação é condicionada não apenas pela disponibilidade tecnológica, mas também pela forma como cada setor organiza seus processos produtivos, suas instituições e redes de atores.

Essa evolução conceitual é sintetizada no Quadro 2, que apresenta a transição teórica observada na literatura de sistemas de inovação, destacando o deslocamento progressivo das análises nacionais para regionais e, posteriormente, para abordagens setoriais e sociotécnicas (Dahesh et al., 2020).

Quadro 2 – Mudança na estrutura de sistema de inovação na bibliografia

No.	Análise de citação	Análise bibliográfica
1	Estudos nacionais	Hélice tripla e rede
2	Estudos regionais	Gestão de Transição e Sistemas Sociotécnicos
3	Setorial e sistemas tecnológicos	Intercâmbio de conhecimento e estudos regionais
4	Fluxo de conhecimento e Adoção	Revisão e estudos metodológicos

Fonte: Adaptado de Dahesh *et al.*, (2020).

Segundo Malerba (2002), o sistema setorial pode ser entendido como o conjunto de produtos, agentes, tecnologias, instituições e inter-relações que moldam a criação, produção e difusão de inovações dentro de um setor econômico específico. Em estudo posterior, Malerba (2006) amplia essa definição ao demonstrar que a performance inovativa de um setor deve ser analisada a partir da interação entre múltiplos agentes — e não apenas como resultado do esforço isolado de uma empresa. Setores diferem em termos de conhecimento dominante, estrutura de mercado, rotinas de aprendizado, redes tecnológicas e mecanismos institucionais.

Assim, um setor pode ser compreendido como um conjunto de atividades articuladas por produtos, tecnologias e demandas comuns, apoiado em uma base de conhecimento compartilhada (De Negri; SquEFF, 2016). Esse caráter coletivo significa que a inovação setorial depende da interação entre diversos agentes: empresas privadas, institutos públicos de pesquisa, universidades, agências reguladoras, fornecedores especializados, organizações de produtores, consumidores e instituições financeiras.

No plano empresarial, a inovação é impulsionada principalmente por incentivos econômicos, competição e busca por eficiência; no plano das instituições públicas, ela é guiada por metas de desenvolvimento científico, interesse social e compromisso com políticas de longo prazo. A convergência entre esses objetivos — econômicos, sociais, tecnológicos e ambientais — ocorre justamente no espaço setorial. Malerba (2006) sintetiza o SSI em três pilares fundamentais:

(i) Conhecimento e domínio tecnológico

Refere-se ao conjunto de saberes científicos, competências produtivas, rotinas organizacionais e tecnologias-chave que estruturam o setor. Esse pilar engloba:

- capacidades internas de P&D;
- trajetórias tecnológicas dominantes;
- caminhos de aprendizado cumulativo;
- capacidade de absorção¹ (absorptive capacity) de novas tecnologias (Cohen; Levinthal, 1990).

A literatura evidencia que setores com forte domínio tecnológico possuem maior capacidade de identificar, interpretar e explorar oportunidades de inovação. Pellegrino e Piva (2019), por exemplo, demonstram que jovens empresas inovadoras utilizam a cooperação como mecanismo para compensar limitações de conhecimento interno e superar barreiras de entrada — o que está fortemente alinhado à visão evolutiva de Malerba.

(ii) Atores e redes

O segundo pilar refere-se aos agentes do setor e às conexões estabelecidas entre eles. Esses agentes incluem empresas, universidades, centros tecnológicos, órgãos públicos,

¹ Segundo Cohen (1990) e capacidade de absorção envolve a habilidade da organização em reconhecer e valorizar novas informações externas (capacidade de aquisição) e a capacidade de integrar essas informações em suas operações existentes (capacidade de assimilação). Eles também enfatizam a importância da complementaridade entre o conhecimento existente e o novo conhecimento.

fornecedores, clientes, instituições financeiras e organizações representativas (Silva; Bomtempo; Alves, 2021). A rede setorial é considerada bem estruturada quando apresenta:

- alto grau de conectividade;
- canais formais e informais de cooperação;
- trocas frequentes de conhecimento técnico e científico;
- complementaridade de capacidades;
- instituições que reduzem custos de transação.

Ferramentas recentes de análise de redes têm evidenciado como estruturas frágeis — redes com “arestas fracas” — podem comprometer a difusão tecnológica e a coordenação entre atores (Borsboom et al., 2021). Um SSI robusto, portanto, depende da densidade e qualidade das interações.

(iii) Instituições

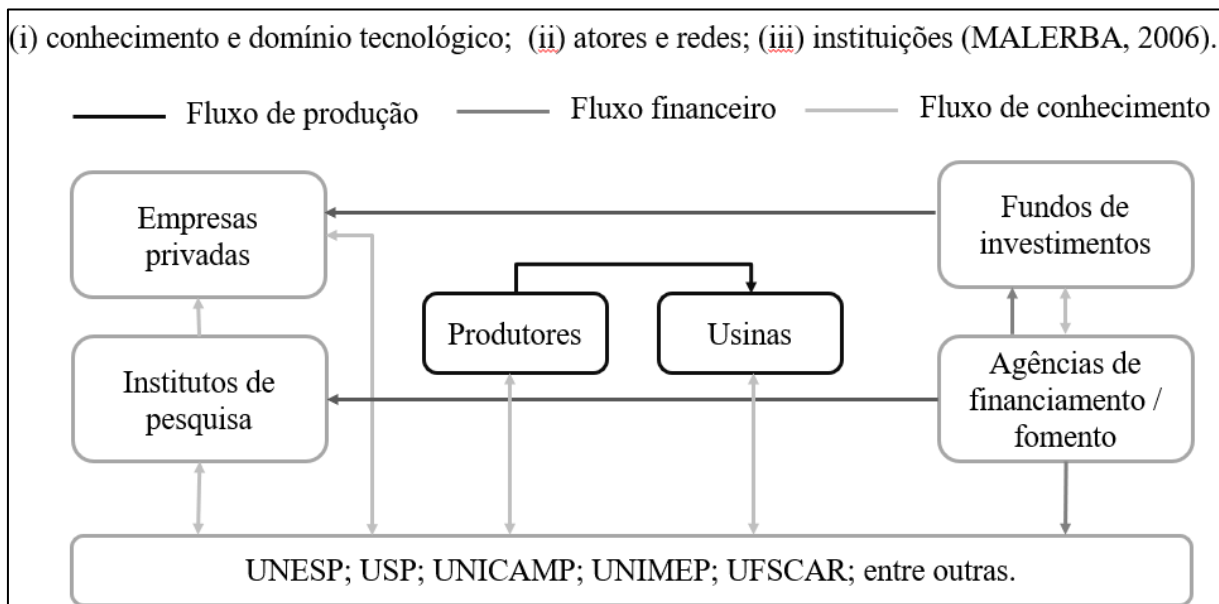
O terceiro pilar é composto por regras formais e informais que moldam o comportamento dos atores setoriais e influenciam o ritmo da inovação. Inclui:

- políticas públicas;
- legislações;
- padrões regulatórios;
- normas técnicas;
- mecanismos de governança;
- sistemas de propriedade intelectual;
- incentivos econômicos e ambientais (Geels, 2004; Tuncel; Polat, 2016).

Instituições coordenam, estimulam e, por vezes, limitam a inovação. Elas definem o que é permitido, o que é incentivado e o que é bloqueado — moldando, assim, a trajetória inovativa do setor. O SSI deve ser entendido como um sistema dinâmico: novas tecnologias, políticas, demandas de mercado e pressões ambientais introduzem continuamente novos atores e substituem antigos — processo alinhado ao conceito Schumpeteriano de destruição criativa. Assim, redes, conhecimentos e regras setoriais estão em permanente transformação.

A Figura 5, mencionada pelo autor, sintetiza essa lógica sistêmica, traduzindo graficamente a interação entre conhecimento, atores e instituições no setor sucroenergético. Essa figura, adaptada de Silva, Bomtempo e Alves (2021), ilustra a natureza multidimensional e interdependente do sistema setorial de inovação nesse segmento.

Figura 5 – Fluxo do Sistema Setorial de Inovação no modelo de produção de cana-de-açúcar nacional



Fonte: Adaptado de Silva; Bomtempo; Alves (2021).

Ou seja, SSI e a compreensão da dinâmica inovativa no setor sucroenergético brasileiro exige uma abordagem que ultrapasse leituras lineares de causa e efeito. Sistemas produtivos complexos, como o da cana-de-açúcar, são moldados por múltiplas camadas de condicionantes – tecnológicos, ambientais, institucionais, socioeconômicos e históricos –, cuja interação determina tanto o potencial quanto os limites da inovação (Klerkx; Arts; Leeuwis, 2010; Edquist, 2006). Após décadas de expansão e amadurecimento tecnológico, conforme demonstrado previamente no panorama histórico e no diagnóstico da produtividade nacional, o setor chega a um ponto crítico: apesar dos avanços industriais, a produtividade agrícola encontra-se estagnada, revelando uma desconexão entre desenvolvimento tecnológico disponível e sua capacidade de adoção e difusão em escala (Nyko et al., 2013; Bernardo et al., 2019).

Essa constatação reforça a necessidade de analisar a inovação dentro de uma moldura teórica capaz de captar as interdependências sistêmicas. Os chamados fatores condicionantes da inovação constituem a base dessa análise e concatenam ainda mais profundamente o sistema de inovação e a objetivo alvo da pesquisa. Esses fatores sintetizam os elementos que facilitam, restringem ou direcionam a criação e a adoção de inovações nas lavouras de cana-de-açúcar. A literatura demonstra que tais condicionantes podem assumir natureza estrutural — como o

parque varietal envelhecido, a mecanização impactante sobre as soqueiras ou a histórica concentração geográfica da produção — ou conjuntural, como a variabilidade climática acentuada, flutuações cambiais, aumento da pressão de pragas e oscilações na rentabilidade agrícola (Neves, 2012; Gasques et al., 2016). Além deles, pesam fortemente os condicionantes institucionais, traduzidos por marcos regulatórios e políticas públicas, como o Protocolo Agroambiental, o Renovabio ou os mecanismos de pagamento por ATR, todos os quais influenciam não apenas a rentabilidade agrícola, mas o próprio direcionamento das estratégias de inovação no campo (Guilhoto et al., 2004; Klein et al., 2019).

Por sua vez, os condicionantes tecnológicos permeiam desde a biotecnologia avançada — que ainda encontra barreiras estruturais, como o genoma complexo da cana descrito por Javed (2020) — até ferramentas digitais emergentes, sistemas de telemetria, automação, manejo de MPB e modelos preditivos para clima e produtividade. Entretanto, como já argumentaram Cohen e Levinthal (1990), disponibilidade tecnológica não é sinônimo de inovação; a adoção depende da capacidade de absorção dos agentes do setor, condicionada por fatores culturais, gerenciais e educacionais. A isso somam-se condicionantes socioeconômicos e organizacionais, como a cultura da gestão, a estrutura de governança, o nível de qualificação técnica e a predisposição ao risco, todos altamente heterogêneos entre regiões, grupos econômicos e perfis de produtores.

Quando observados de forma fragmentada, esses condicionantes oferecem apenas explicações parciais do fenômeno. Contudo, quando integrados em uma visão sistêmica, revelam um arranjo interdependente no qual mudanças em um único elemento reverberam sobre todo o sistema. Essa visão é justamente a que fundamenta o Sistema Setorial de Inovação (SSI). Como demonstrado anteriormente, o SSI — conforme Malerba (2002; 2006) — permite compreender a inovação como resultado da interação entre três pilares: (i) bases de conhecimento e tecnologias, (ii) atores e redes, e (iii) instituições formais e informais. A pertinência do SSI para o setor sucroenergético é particularmente evidente, uma vez que esse setor reúne organizações públicas e privadas historicamente interligadas (RIDESA, IAC, CTC, usinas, consultorias, mecanismos institucionais como CONSECAN e Renovabio), formando uma rede densa e complexa com efeitos diretos sobre os rumos da inovação.

No contexto da cana-de-açúcar brasileira, o SSI revela que a inovação não falha por ausência de tecnologias, mas por descompassos entre capacidades tecnológicas, incentivos institucionais, pressões conjunturais e coordenação entre atores. Assim, a estagnação produtiva observada recentemente não pode ser atribuída a fatores isolados, mas a um conjunto de condicionantes cuja interação adversa limita a emergência de oportunidades de inovação

agrícola. Ao mesmo tempo, essa leitura sistêmica permite compreender por que áreas como melhoramento genético, mecanização inteligente, manejo integrado e tecnologias de plantio figuram como oportunidades prioritárias, como já apontado por PAISS (BNDES, 2013) e corroborado por Nyko et al. (2013) e Bernardo et al. (2019).

Entretanto, mesmo que o SSI explique de maneira robusta como e por que a inovação emerge de forma desigual, ele não oferece ferramentas para quantificar a relevância relativa de cada condicionante, tampouco para ordenar esses fatores em termos de prioridade estratégica. Em um ambiente heterogêneo, marcado por incertezas climáticas, transformações tecnológicas rápidas e alta variabilidade regional, é necessário um instrumento capaz de capturar julgamentos subjetivos de especialistas, integrar critérios múltiplos e sintetizar informação complexa em resultados comparáveis.

Dessa forma, o arcabouço teórico se fecha de forma coerente: a história e a produtividade atual da cana demonstram a necessidade de inovação; os fatores condicionantes explicam por que algumas inovações prosperam enquanto outras fracassam; o SSI mostra como esses condicionantes se estruturam em uma lógica sistêmica; e o MCDA fornece os meios para medir, classificar e gerar estratégias a partir dessa realidade complexa. Esta integração, portanto, fundamenta a análise desenvolvida nesta pesquisa e oferece uma abordagem inédita e cientificamente robusta para responder à questão central: Como os fatores condicionantes impactam as oportunidades de inovação na atividade agrícola do setor sucroenergético brasileiro?

3. MATERIAIS E MÉTODOS

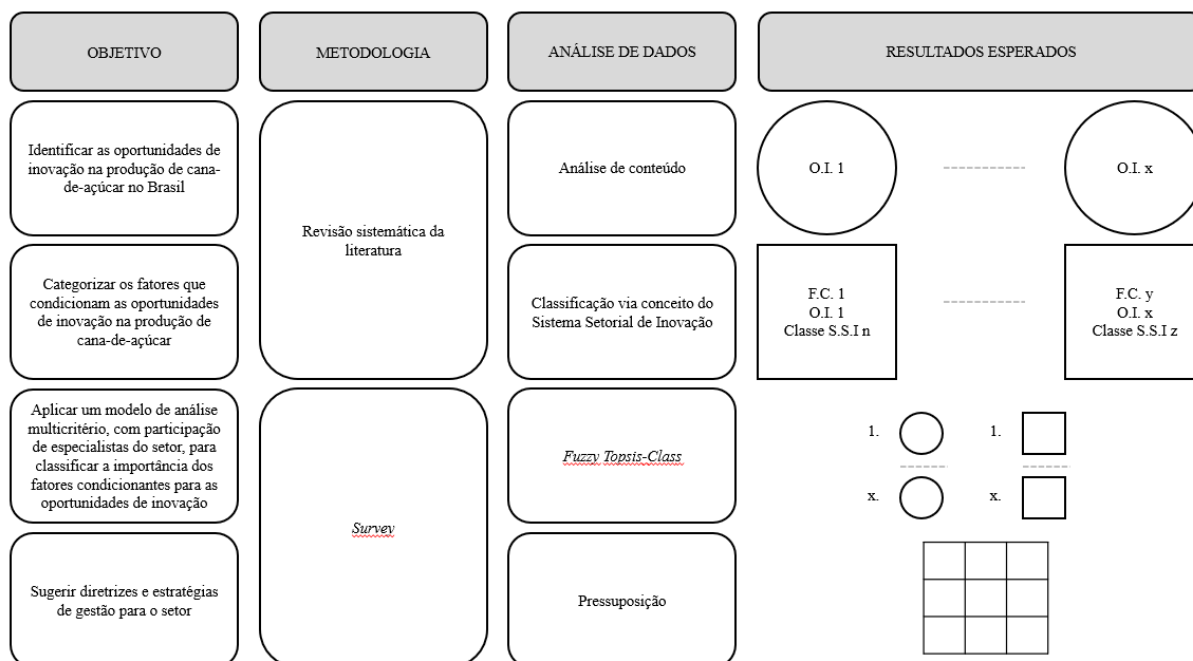
O propósito metodológico dessa pesquisa é de caráter exploratório e se baseia em uma abordagem quali-quantitativa. A abordagem qualitativa subsidiou a identificação, caracterização e análise das oportunidades de inovação e seus fatores condicionantes. Para tanto, foram utilizadas a pesquisa bibliográfica e documental. Já a abordagem quantitativa se deu pela mensuração das opiniões de especialistas e pela transformação destas em números fuzzy para posterior aplicação do método Topsis Class.

Resumidamente, a partir da identificação das oportunidades de inovação determinadas por meio do plano PAISS e uma literatura prévia foram realizadas quatro revisões sistemáticas da literatura. As revisões foram realizadas pelo método PRISMA, no qual para cada uma das quatro oportunidades de inovação identificadas, uma revisão sistemática foi feita. A partir das obras e materiais coletados foi realizado a etapa de análise de conteúdo, no qual foi buscado sintetizar a literatura nos fatores que condicionavam cada oportunidade de inovação, ou seja, também foram realizadas quatro vezes tal análise de conteúdo, uma para cada oportunidade de inovação.

Neste momento então, foi utilizado da metodologia *survey*, no qual foi determinado o modo de condução para a coleta de informações sobre os fatores e suas oportunidades de inovação, além de toda a estruturação de conduta advinda que o método pressupõe. A *survey* possibilitou compreender não apenas como seriam de fato coletados os dados primários, mas o método de integração entre os passos anteriores, os especialistas e suas respostas, a classificação do SSI e a ferramenta matemática utilizada a seguir. Com o fim da coleta dos questionários, os dados foram submetidos a técnica matemática de *fuzzy Topsis-Class*, a fim de hierarquização. A seguir, detalhados cada metodologia assim como as técnicas passo a passo.

O desenvolvimento dessa pesquisa se deu de forma encadeada em diferentes passos de pesquisa. A Figura 6 sistematiza a estrutura metodológica, apresentando os procedimentos adotados, bem como os respectivos objetivos e resultados esperados.

Sendo um modelo guiado para a replicação, é apresentado de forma estruturada, de como o trabalho foi de fato sendo conduzido, as etapas a serem seguidas. Primeiramente apresentado a metodologia PRISMA, em seguida o modelo de análise de dados qualitativos análise de conteúdo e a classificação pelo modelo teórico do sistema setorial de inovação (SSI); a seguir a metodologia *Survey* e o método de análise de dados quantitativos *Fuzzy Topsis-Class*.

Figura 6. Resumo dos métodos, objetivos e resultados esperados da pesquisa

Fonte: Elaborado pelo autor.

É então apresentado cada etapa de forma robusta e completa.

3.1 REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

A revisão sistemática da literatura constitui um eixo metodológico central desta pesquisa, não apenas como mecanismo de levantamento de evidências científicas, mas como instrumento de validação das oportunidades de inovação e dos fatores condicionantes da produtividade agrícola no setor sucroenergético. Ou seja, a partir da literatura foi configurado as oportunidades de inovação, e pela realização de quatro revisões sistemáticas, confirmado a veracidade e atualidade delas. Nessa etapa ainda foi avaliado a possível identificação de novas oportunidades de inovação, o que não foi encontrado.

Essa etapa parte de um marco teórico estratégico: a última atualização do Plano de Apoio à Inovação do Setor Sucroenergético (PAISS Agrícola, BNDES/FINEP, 2013). O plano busca fomentar ideias para aprimorarem a (1) Linha 1: Novas variedades, sobretudo: aquelas voltadas aos ambientes de produção das regiões de fronteira; mais adequadas à mecanização agrícola; e/ou com maiores quantidades de biomassa e/ou ATR, com ênfase na utilização de melhoramento transgênico; (2) Linha 2: Máquinas e implementos para plantio e/ou colheita, bem como para coleta de palha e/ou resíduos, com ênfase na ampliação do uso de técnicas de agricultura de precisão; (3) Linha 3: Sistemas integrados de manejo, planejamento e controle

da produção; (4) Linha 4: Técnicas mais ágeis e eficientes de propagação de mudas e dispositivos biotecnológicos inovadores para o plantio e; (5) Linha 5: Adaptação de sistemas industriais para culturas energéticas compatíveis, complementares e/ou consorciáveis com o sistema agroindustrial do etanol produzido a partir da cana-de-açúcar.

Embora oito anos tenham decorrido entre sua publicação e o início desta pesquisa, suas cinco linhas temáticas permanecem não apenas válidas, mas incompletamente exploradas, o que reforça sua pertinência como marco orientador inicial. Elas constituem, portanto, uma matriz conceitual prévia a partir da qual emergem as Oportunidades de Inovação, que passam a estruturar a busca científica posterior.

Contudo, não se tratou apenas de reproduzir o PAISS. A pesquisa buscou verificar se, como e em que grau as questões ali elencadas continuaram a mobilizar esforços científicos, tecnológicos e metodológicos ao longo da última década. Essa escolha cumpre duplo papel:

- a) ancorar a pesquisa em um referencial institucional estruturante do Sistema Setorial de Inovação (SSI);
- b) permitir atualizar criticamente sua agenda frente às evidências recentes.

Para isso, optou-se pelo uso do protocolo PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*), considerado o padrão-ouro em revisões sistemáticas, justamente por promover rigor metodológico, transparência procedimental e reprodutibilidade científica (Lima et al., 2018). Mais do que uma ferramenta técnica, o PRISMA assegura que a seleção bibliográfica não seja fruto de arbitrariedade, intuição ou conveniência, mas de um processo explícito, rastreável e teórica e metodologicamente justificado.

O uso do PRISMA se dá em cinco etapas, sendo: (1) planejamento inicial; (2) Busca e seleção; (3) Extração dos dados; (4) Avaliação da qualidade e (5) síntese dos dados. O plano inicial é feito com base em definições de espaço temporal da pesquisa, critérios de inclusão e exclusão de trabalho, bases a serem utilizadas e definição das *strings*. Já a busca e seleção é o ato em si de realizar a busca e utilizar os itens planejados, no qual o autor já deve ter familiaridade com o tema para melhor compreensão das *strings* e resultados. Iterações podem ser necessárias e mudanças no plano inicial feitas para a convergência em resultados expressivamente condizentes com o objetivo proposto.

A extração dos dados faz parte do movimento pós inclusão ou exclusão de trabalhos a partir dos critérios. Nesse momento os dados qualitativos são extraídos para posterior qualificação do material. Assim, parte-se para o quarto passo no qual é feita a avaliação de qualidade, já com os dados selecionados. A avaliação se dá pela qualidade dos periódicos e seus

índices, os anos para avaliar a evolução do tema e sua condição de atualidade e relevância. Finalizando a etapa com o processo de síntese no qual é feita a abordagem dessas análises por meio de resumos técnicos do que foi compreendido sobre todo o processo.

No entanto, parâmetros são necessários para condicionar a pesquisa. Segue a parametrização utilizada para as quatro revisões e, posteriormente a apresentação das etapas utilizadas (Quadro 3):

- Textos prévios a servir de base para leitura inicial do tema;
- Base de dados: *Scopus* e *Web of Science* – Base de dados relevantes e com acesso ao uso fornecido pela Universidade Estadual Paulista UNESP);
- Período: 01/01/2013 a 31/01/2024 – Data base do plano PAISS e último ano completo do início das pesquisas;
- Documento: artigos científicos (*papers*) – Trabalho com publicação e sintetizados;
- Revisado por pares – maior garantia de boas práticas de publicação;
- Estudo poderia ser de qualquer nacionalidade – A pesquisa envolve práticas não só sobre a produção agrícola de cana-de-açúcar brasileira, como também pesquisa sobre maquinários e soluções de software, o que implica numa escala global de possíveis trabalhos.

Quadro 3. Modelo PRISMA (Primeira Fase) a ser realizado para cada uma das oportunidades de inovação

Identificação do material	Fonte de dados
	String utilizada
	Data da análise
	Artigos Base
	Resultado
Triagem	Duplicados
	Pelo Título / Resumo
	Resultado
Eligibilidade	Leitura completa / parcial
	Relação com o tema
	Resultado

Fonte: adaptado de Cazeri et al. (2022).

Apenas as *Strings* foram particularizadas a cada oportunidade de inovação, sendo elas:

1. O.I. 1 – {"new" or "future" or "opportunities" or "development"} and {"sugarcane varieties"} contained in title, abstract or keywords;
2. O.I. 2 – {"sugarcane" OR "Saccharum"} AND {"mechanized harve" OR "harvester"};
3. O.I. 3 – {"sugarcane" OR "Saccharum"} AND {"integrated mangement"};
4. O.I. 4 – {"sugarcane" OR "Saccharum"} AND {"biotechnology"}.

Com o fim da captura dos dados e sistematização desses artigos, parte-se para a segunda etapa, a análise do conteúdo. Por meio de todo o material (Papers, teses, livros etc.) e informação (links, dados secundários etc.), é possível conglomerar e sintetizar informações destes de modo que o manuseio e destaque se tornem mais simples e claros. A análise de conteúdo então guiará o processo de objetificar uma grande quantidade de informação em cluster propriamente alinhados com o objetivo proposto da pesquisa (Elo e Kyngäs, 2008; Cazeri et al., 2022; Kleinheksel et al., 2019).

3.2 ANÁLISE DE CONTEÚDO

A análise de conteúdo, enquanto ferramenta metodológica qualitativa sistemática, constitui-se como um processo estruturado de interpretação, categorização e síntese de significados presentes em registros textuais, permitindo a transformação de volume informacional disperso em evidência conceitual organizada (Kleinheksel et al., 2020).

Tal método, conforme Kleinheksel et al. (2019), se fundamenta na identificação de unidades de sentido, sua codificação e posterior inserção em estruturas analíticas, com o objetivo de explicar fenômenos complexos de forma teórica e empiricamente ancorada. Mais que uma técnica de organização de dados, trata-se de um procedimento para produzir inferências válidas e potencialmente generalizáveis, ao mesmo tempo em que preserva o contexto semântico e a intencionalidade discursiva dos autores originais.

A aplicação da análise de conteúdo demanda, em sua fase inicial, um processo de imersão interpretativa, no qual o pesquisador estabelece uma familiaridade densa com o material, por meio de leituras sucessivas, anotações iterativas e movimentos de aproximação hermenêutica. Essa etapa preliminar permite que a leitura deixe de ser meramente informativa e assume um caráter analítico, no qual nuances semânticas, recorrências lexicais e formulações

conceituais começam a emergir com maior clareza. Elo e Kyngäs (2008) destacam que tal familiarização constitui o pré-requisito indispensável para qualquer processo de categorização rigorosa.

A partir desse estágio de imersão, o texto é fragmentado em unidades de significado — segmentos que, independentemente de sua extensão sintática, representam uma ideia conceitualmente íntegra. Essas unidades são então condensadas em códigos, rótulos concisos que sintetizam a essência semântica do enunciado original. Os códigos funcionam como operadores cognitivos, reduzindo a complexidade do texto, mas sem empobrecer seu conteúdo conceitual (Cazeri et al., 2022). A codificação se torna, portanto, o ponto de inflexão metodológica entre o discurso e sua abstração analítica, sendo aqui utilizado as seis classes do SSI explicadas posteriormente como ponto inicial da codificação.

Concluída essa etapa, os códigos são agrupados em categorias emergentes, definidas segundo critérios semânticos ou pragmáticos, o que permite identificar zonas de convergência conceitual. Quando necessário, subcategorias são criadas com o intuito de refinar o grau de precisão analítica, especialmente em contextos nos quais a literatura apresenta dispersão terminológica ou sobreposição conceitual — fenômeno frequente em domínios tecno científicos em transformação, como o da inovação agrícola. É a partir dessas categorias que surgem os temas: estruturas interpretativas superiores que expressam padrões, tensões, ausências e até contradições subjacentes ao fenômeno investigado (Kleinheksel et al., 2019).

Dentro desta pesquisa, privilegiou-se uma abordagem híbrida, combinando análise manifesta e latente. Enquanto a primeira permitiu captar conceitos explicitamente indicados (como variedade tolerante à seca ou agricultura de precisão), a segunda possibilitou a identificação de sentidos implícitos — por exemplo, a associação indireta entre resistência varietal transgênica e preocupações ecotoxicológicas, ou entre mecanização intensificada e perda de sustentabilidade social no campo. Esse duplo movimento analítico habilitou a leitura dos textos não apenas pelo que afirmam, mas também pelo que sugerem, silenciam ou tensionam. Vale destacar que a análise de conteúdo se mostrou crucial para evitar reducionismos.

Como ponto de partida da ferramenta, são descritas a seguir as unidades de análise e pergunta de cada uma das quatro oportunidades de inovação que guiam também o processo. São elas:

- Unidades de análise:

O.I. 1 – Fatores necessários para produzir novas variedades de cana-de-açúcar.

O.I. 2 – Viabilidade e uso de tecnologias em maquinários como fator de sucesso produtivo

O.I. 3 – Sistemas integrados de manejo e a perspectiva de realização

O.I. 4 – Propagação biotecnológica e multiplicação de cana-de-açúcar

▪ Perguntas:

O.I. 1 – Quais os principais fatores para se produzir novas variedades de cana-de-açúcar?

O.I. 2 – Quais entraves para ampliação de tecnologias embarcadas para a produção agrícola de cana-de-açúcar?

O.I. 3 – Quais as necessidades e perspectivas para utilizar e ampliar o uso de sistemas integrados de manejo?

O.I. 4 – Quais são as necessidades e perspectivas para ampliar o uso da biotecnologia e das técnicas de propagação clonal na formação de canaviais?

Com as unidades de análise e perguntas centrais a disposição e também configurada a questão das primeiras codificações como as classes do SSI, foi seguido o processo. O processo de categorização foi precisamente o que permitiu nominalizar distintas nuances, preservando a complexidade da literatura e conferindo consistência à matriz interpretativa desta pesquisa. Nas discussões sobre melhoramento genético, por exemplo, termos como “transgênico”, “evento molecular”, “resistência” ou “edição gênica” carregam implicações distintas conforme o contexto discursivo — ora tratadas como avanços técnicos inevitáveis, ora como riscos ecológicos latentes.

Após a codificação e categorização, realiza-se a etapa de síntese e modelagem interpretativa, conforme proposto por Elo e Kyngäs (2008). Nesse estágio, os achados são reorganizados em função dos objetivos específicos do estudo, estabelecendo-se não apenas quais fatores emergem da literatura, mas como eles se articulam aos desafios e oportunidades de inovação no setor sucroenergético. Essa reorganização assume papel estruturante, pois transfigura dados dispersos em insumos prontos para integração com o Sistema Setorial de Inovação (SSI) e, posteriormente, com o modelo de priorização multicritério. O Quadro 4 apresenta as etapas desse método.

Assim, a análise de conteúdo cumpre sua função integral nesta tese: identificar, depurar, organizar e sintetizar o conhecimento científico recente de forma a permitir a posterior construção de clusters conceituais consistentes com o recorte analítico proposto. Trata-se,

portanto, de uma etapa que não se limita à filtragem da literatura, mas opera como vetor para transitar da descrição para a modelagem analítica — condição necessária para que os fatores identificados possam ser posteriormente formalizados e comparados em ambiente multicritério.

Quadro 4. Modelo Elo e Kingas (2008) (Segunda e terceira Fase) a ser realizado para cada uma das oportunidades de inovação

Fase I Preparação	unidade de análise:	
	Pergunta:	
Fase II Organização	Codificação aberta	
	Folhas de codificação	
	Agrupamento	
	Categorização	
	Abstração	
Terceira Fase	Modelagem	
Relatório de resultados	Modelo e variáveis encontradas	
	Discussão dos resultados	

Fonte: adaptado de Cazeri et al., (2022).

Ao final da etapa de análise de conteúdo cumpre-se o segundo objetivo específico do trabalho, que é a identificação dos fatores condicionantes das oportunidades de inovação. Essas categorias então são parte essencial do trabalho e formam a base do survey e, posteriormente, da análise de Fuzzy Topsis Class.

No entanto, antes de se encaminhar para a próxima etapa, faz-se necessária a classificação desses fatores nas classes de inovação. Tais classes são definidas pelo sistema setorial de inovação (SSI). Tal necessidade existe pela esfera inovativa do trabalho e a cláusula estrutural que foi proposto em avaliar o cenário e conhecer as classes de maior e menor impacto sobre a produtividade canvieira nacional. Salienta-se que tais classes foram, como já dito, também parte do processo de codificação das quatro análises de conteúdos realizadas na tese.

Por esse motivo a classificação se apoia sobre uma visão de competitividade organizacional e seus recursos, tangíveis ou não (Wernerfelt,1984). Assim, os fatores que condicionam uma oportunidade de inovação apresentam oportunidades ou fragilidades, aqui classificadas como impulsionadores ou inibidores, respectivamente. A análise das características desses fatores é feita com base na revisão de literatura.

Com os fatores condicionantes devidamente identificados, realiza-se a classificação multidimensional a partir da abordagem de sistema setorial de inovação (SSI). Tal abordagem se apoia em três pilares de ação: (i) conhecimento e base tecnológica; (ii) atores e redes; e (iii) instituições (Malerba, 2006).

Baseado no estudo de Silva, Bomtempo e Alves (2019), essa pesquisa adota seis dimensões para classificar os fatores condicionantes de acordo com o SSI, sendo elas: econômica; ambiental; organizacional; política; tecnológica; e, externa. De acordo com os autores, tais dimensões se caracterizam por:

(1) *Econômica* – Toda e qualquer variável que tenha como objeto central envolvida questões ligadas ao capital, financiamentos, e poderio de investimento.

(2) *Ambiental* – Toda e qualquer variável que tenha como objeto central questões ligadas ao meio ambiente e seus entornos.

(3) *Organizacional* - Toda e qualquer variável que tenha como objeto central questões ligadas a gestão e operação das empresas que estão envolvidas.

(4) *Política* – Toda e qualquer variável que tenha como objeto central questões ligadas a decisões públicas ou órgãos reguladores e seus efeitos ou consequências.

(5) *Tecnológica* – Toda e qualquer variável que tenha como objeto central limitações tecnológicas ou qualquer envolvimento tecnológico.

(6) *Externa* – Toda e qualquer variável que não esteja associada a nenhuma das questões anteriores e que afete o objeto de estudo por consequências de ações que não estão diretamente associadas a ela.

A partir dessa classificação é possível compreender a classe dos sistemas de inovação que atuam nos fatores condicionantes das oportunidades de inovação do setor agrícola sucroenergético. Esse domínio permite estabelecer critérios mais claros de ações e expectativas, que se desenvolverão nas próximas etapas dos métodos aqui realizados. A partir dessa etapa, foi iniciado o processo de *survey*, o que é explicado a seguir.

3.3 SURVEY

A utilização do *survey* neste trabalho se justifica pela sua capacidade de captar, de forma estruturada e sistemática, as percepções de especialistas do setor sucroenergético agrícola. Trata-se de uma metodologia quantitativa de coleta de dados que possibilita transformar opiniões e experiências práticas em informações comparáveis e mensuráveis. Por

meio de um questionário buscou se extrair dos respondentes suas avaliações sobre determinados fatores, sendo coletado o grau de relevância de cada aspecto analisado.

Essa abordagem permite reunir um conjunto de julgamentos provenientes de profissionais com conhecimento técnico e experiência na atividade, garantindo maior confiabilidade e robustez às análises subsequentes. Além disso, o *survey* possibilita captar diferentes pontos de vista em um mesmo instrumento, favorecendo a construção de uma visão integrada sobre os desafios e oportunidades do setor.

3.3.1 *Questionário de pesquisa*

A utilização de questionários em pesquisas envolve várias etapas importantes que asseguram a qualidade e validade dos resultados a serem obtidos. Inicialmente, para uma pesquisa quantitativa que envolve coleta de dados primários, é fundamental definir a população-alvo e o método de amostragem, o que garante que os dados coletados sejam representativos e adequados ao estudo.

A administração e a distribuição do questionário também desempenham um papel importante, abrangendo as plataformas e meios de comunicação utilizados, como e-mail ou formulários online. Esta etapa deve considerar a taxa de resposta e estratégias para engajamento dos participantes. Após a coleta de dados, é necessário ter um processo claro para a análise, considerando dados perdidos e a forma como serão contabilizados (Groves, 2011; Salvador-Oliván; Marco-Cuenca; Arquero-Avilés, 2021).

Referente ao questionário da presente pesquisa, cabe destacar que o mesmo foi elaborado seguindo a lógica de apresentar, primeiramente, o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), o qual está disposto no anexo A dessa tese.

O TCLE é um documento que visa transmitir ao leitor a concordância do mesmo com a pesquisa. Esse documento é necessário para qualquer pesquisa que envolve pessoas, porque garante que a participação seja de fato voluntária e consciente. Ele existe para proteger o participante, assegurando que antes de tomar a decisão de participar, ele saiba exatamente quais são os objetivos da pesquisa, quais procedimentos serão realizados, quais benefícios podem ser obtidos e quais riscos ou desconfortos podem ocorrer. Esse documento é importante porque formaliza o respeito à autonomia do entrevistado, deixando claro que sua decisão deve ser livre, sem pressão, e que ele pode desistir a qualquer momento sem sofrer nenhum prejuízo.

É essencial que o entrevistado leia o TCLE com atenção, pois é nele que estão todas as informações necessárias para que possa avaliar se deseja ou não participar da pesquisa. Ler o documento significa compreender seus direitos, entender como seus dados serão tratados de

forma sigilosa e ter a segurança de que sua dignidade será respeitada. Ou seja, o TCLE não é apenas uma formalidade, mas uma garantia de transparência e de ética, que coloca o entrevistado no centro da decisão e assegura que sua participação seja consciente e protegida.

O questionário dessa pesquisa foi estruturado em três seções, sendo: 1) uma questão de confirmação de leitura (aceite em participar); 2) três questões sobre o perfil do especialista (nível hierárquico, tempo de experiência e área de atuação); e, 3) vinte e oito questões sobre as OI e seus fatores condicionantes.

Para abordar as questões sobre as oportunidades de inovação (OI) e seus fatores condicionantes (impulsionadores e inibidores), o questionário foi construído buscando captar como os especialistas percebem o efeito das OI na produtividade do setor sucroalcooleiro e como cada fator condicionante afeta a chance de inovação. Para quantificar essa percepção, foram estipuladas cinco opções de resposta, baseadas em níveis de intensidade: (1) Baixíssima intensidade, (2) Baixa intensidade, (3) Média intensidade, (4) Alta intensidade e (5) Altíssima intensidade. O uso desta escala, estabelecida para avaliar o impacto das OI e dos seus fatores condicionantes, possibilita, em etapa subsequente, a aplicação da *Fuzzy Topsis-Class* para medir o efeito entre as notas e, assim, determinar o valor real que esse grupo de especialistas atribui a cada um dos parâmetros avaliados.

O instrumento utilizado nessa pesquisa foi o formulário da Microsoft (Microsoft Forms), o qual foi encaminhado digitalmente (por email) para os especialistas. Ressalta-se que tal etapa foi realizada somente após o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) aprovar os documentos necessários que envolvem uma realização de pesquisa científica com coleta de dados primários. O formulário está disponibilizado no Anexo B dessa tese.

3.3.2 Comitê de Ética em Pesquisa (CEP)

O Sistema CONEP/CEP é responsável pela regulação ética de pesquisas científicas que envolvem seres humanos no Brasil, garantindo a conformidade com princípios bioéticos e normativos. A Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP), vinculada ao Conselho Nacional de Saúde (CNS), coordena e supervisiona os Comitês de Ética em Pesquisa (CEP), que, por sua vez, realizam a análise e aprovação de estudos em nível institucional. O objetivo desse sistema é assegurar a proteção dos participantes, avaliando riscos, benefícios e a adequação metodológica dos projetos. A submissão ao CEP é obrigatória para pesquisas que envolvem interação direta com indivíduos, dados sensíveis ou materiais biológicos humanos, conforme estabelecido pela Resolução CNS 466/2012.

A obrigatoriedade desse procedimento decorre da necessidade de assegurar os princípios éticos fundamentais que regem a pesquisa científica com seres humanos: autonomia, beneficência, não maleficência e justiça.

No contexto de uma investigação sobre produtividade agrícola, tais princípios mantêm plena validade, uma vez que os dados obtidos podem envolver entrevistas com trabalhadores rurais, gestores, produtores ou técnicos agrícolas, ou ainda a utilização de registros administrativos vinculados a indivíduos. Nesse sentido, ainda que o foco do estudo seja a produção agrícola, a participação humana no fornecimento e validação das informações torna imperativa a apreciação e aprovação ética.

O processo de submissão da presente pesquisa ocorreu por meio da Plataforma Brasil, ambiente eletrônico unificado que centraliza todas as etapas de registro, acompanhamento e tramitação dos projetos de pesquisa com seres humanos. Após o cadastro inicial do projeto, foi gerado o Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE), código numérico único que identifica a pesquisa no sistema. O número atribuído a este estudo foi 84315324.4.0000.5402, o qual passou a ser a referência oficial para qualquer consulta ou documento relacionado à tramitação ética (Apêndice A).

A submissão exigiu a elaboração e anexação de um conjunto de documentos, cada um com papel específico no processo de avaliação:

- Projeto de Pesquisa: documento central que fundamenta o trabalho, descrevendo objetivos, justificativas, métodos, população e amostragem, riscos potenciais, benefícios esperados e estratégias de disseminação dos resultados. No caso deste estudo, o projeto explicitou que a coleta de dados se relacionaria à produtividade agrícola, podendo envolver agentes humanos em diferentes etapas do processo produtivo.

- Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE): elaborado para assegurar que cada participante tivesse ciência plena dos objetivos da pesquisa, dos procedimentos de coleta, de eventuais riscos e benefícios, bem como do direito à recusa ou desistência em qualquer momento, sem prejuízo pessoal ou profissional. O TCLE é considerado o documento ético mais relevante, pois materializa o princípio da autonomia.

- Termo de Responsabilidade e Compromisso de Uso dos Dados: documento que garante à instância avaliadora que os dados obtidos serão utilizados unicamente para fins científicos, sem exploração comercial não declarada, resguardando o sigilo e a confidencialidade das informações fornecidas pelos participantes.

- Termo de Responsabilidade de Arquivos: refere-se ao compromisso de manutenção, guarda e proteção dos registros coletados, em meio físico ou digital, prevenindo

acesso não autorizado, extravio ou uso indevido. Esse documento reforça o princípio da não maleficência, ao proteger os participantes contra potenciais danos decorrentes da exposição de seus dados.

– Declarações adicionais: o sistema pode ainda solicitar declarações específicas relativas ao vínculo institucional do pesquisador, bem como sobre a inexistência de conflitos de interesse.

Após a submissão, o projeto passou por uma avaliação inicial de admissibilidade, seguida da análise por membros do Comitê de Ética em Pesquisa designado. Esse processo pode envolver pedidos de esclarecimento ou ajustes nos documentos, assegurando a adequação ética em todas as etapas da pesquisa. Somente após a verificação do atendimento a todos os requisitos normativos é emitido o parecer consubstanciado.

No caso desta investigação, o parecer final foi favorável, tendo sido aprovado em 26/02/2025. A aprovação atesta que o estudo atende às exigências normativas e está autorizado a ser executado dentro dos parâmetros éticos estabelecidos. A obtenção do parecer favorável do CEP/CONEP não é apenas uma exigência normativa, mas também um instrumento de legitimação científica. Ele assegura que a pesquisa respeita os direitos e a dignidade dos participantes e fortalece a credibilidade dos resultados perante a comunidade acadêmica e institucional. Além disso, a aprovação ética é requisito para publicações em periódicos científicos indexados e para a participação em eventos de caráter internacional, onde a aderência a protocolos de ética em pesquisa é condição indispensável.

Por fim, cabe destacar que, ao integrar uma investigação em produtividade agrícola com seres humanos, a aprovação ética funciona como garantia de transparência, responsabilidade social e rigor científico, consolidando o valor da pesquisa para a ciência e para a sociedade.

3.3.3 Seleção dos especialistas

De acordo com Ziemba e Becker (2020), a aplicação de métodos multicritério exige o estabelecimento de um *ranking* confiável. Embora os autores não definam um número mínimo obrigatório de respondentes, eles detalham o método e empregam um número variado de respostas, ressaltando a necessidade de coerência entre as distâncias finais obtidas. Nesse contexto, esta pesquisa alinha-se ao estudo de Cazeri et al. (2022), que utilizou dados provenientes de um *survey* com vinte e sete especialistas para sua análise multicritério. Por

consequente, adotou-se como critério amostral mínimo para o desenvolvimento desta investigação a participação de vinte e sete especialistas.

A definição dos especialistas aptos a participar da presente pesquisa derivou da articulação de três pilares complementares. O primeiro refere-se à robustez do referencial teórico construído ao longo desta tese, o qual abrange tanto as dinâmicas de inovação e suas tipologias quanto os fundamentos metodológicos que permitem traduzir oportunidades tecnológicas em constructos avaliáveis. Tal pilar exige não apenas familiaridade instrumental com o setor sucroenergético, mas também capacidade de transitar entre os planos conceitual e empírico — compreendendo, de forma crítica, a trajetória evolutiva do setor, seus marcos estruturais, seus limites tecnológicos e as disrupções emergentes.

O segundo pilar diz respeito à dimensão espacial e à representatividade territorial dos agentes envolvidos. Dado que o setor sucroenergético brasileiro se caracteriza por uma expressiva heterogeneidade regional em termos de ambientes de produção, sistemas de manejo e níveis tecnológicos, tornou-se imprescindível assegurar que o painel de especialistas refletisse não apenas a pluralidade de experiências, mas também a distribuição dos principais polos de produção. Assim, a seleção envolveu a identificação de atores cuja atuação lhes confere autoridade técnica e estratégica para julgar, de maneira informada, os elementos que compõem o modelo setorial de inovação.

Por fim, o terceiro pilar fundamenta-se na natureza institucional dos especialistas. Considerando a lógica dos Sistemas Setoriais de Inovação (SSI), é essencial que a análise incorpore visões provenientes de diferentes elos do ecossistema — tanto da esfera privada, responsável pela ampla difusão e adoção de tecnologias, quanto dos organismos públicos e institucionais, historicamente incumbidos de produzir conhecimento, formular políticas, difundir cultivares, gerar metodologias e orientar decisões de longo prazo.

Com base nesses preceitos, a composição final da *survey* envolveu 31 especialistas seguiu o critério de distribuição recomendado pela literatura (Silva; Bomtempo; Alves, 2019), a saber:

(i) 74% oriundos do setor privado, incluindo diretores, gerentes, consultores e produtores — agentes que acumulam experiência operacional e responsabilidade direta sobre a implementação de tecnologias, o gerenciamento da produção e a tomada de decisão em escala empresarial;

(ii) 26% provenientes de instituições públicas e acadêmicas, constituídos por pesquisadores, docentes doutores, dirigentes de institutos ou formuladores de políticas — atores

cuja atuação se sustenta sobre a elaboração de conhecimento científico, avanço tecnológico e reflexão crítica sobre modelos produtivos emergentes.

Essa estrutura assegura que o painel reúna profissionais simultaneamente competentes, experientes e posicionados em funções decisórias ou estratégicas, garantindo amplitude cognitiva, legitimidade técnica e densidade analítica à etapa subsequente do trabalho: a classificação multicritério dos fatores de inovação identificados.

3.3.4 Perfil dos Especialistas

De forma a evidenciar o perfil dos especialistas participantes dessa pesquisa, apresentam-se as características dos 31 respondentes, sendo 23 deles do setor privado e 8 do setor público:

- (1) Especialista do setor privado com cargo de Direção e experiência de 16–20 anos no setor sucroenergético.
- (2) Especialista do setor privado com cargo de Gerência e experiência de 11–15 anos no setor sucroenergético.
- (3) Especialista do setor privado com cargo de Gerência e experiência superior a 20 anos no setor sucroenergético.
- (4) Especialista do setor privado com cargo de Consultor e experiência de 6–10 anos no setor sucroenergético.
- (5) Especialista do setor privado com cargo de Consultor e experiência superior a 20 anos no setor sucroenergético.
- (6) Especialista do setor privado com cargo de Direção e experiência de 6–10 anos no setor sucroenergético.
- (7) Especialista do setor privado com cargo de Direção e experiência de 11–15 anos no setor sucroenergético.
- (8) Especialista do setor privado com cargo de Pesquisador e experiência de 11–15 anos no setor sucroenergético.
- (9) Especialista do setor privado com cargo de Consultor e experiência superior a 20 anos no setor sucroenergético.
- (10) Especialista do setor privado com cargo de Direção e experiência de 16–20 anos no setor sucroenergético.
- (11) Especialista do setor privado com cargo de Gerência e experiência de 16–20 anos no setor sucroenergético.

(12) Especialista do setor privado com cargo de Direção e experiência superior a 20 anos no setor sucroenergético.

(13) Especialista do setor privado com cargo de Gerência e experiência de 11–15 anos no setor sucroenergético.

(14) Especialista do setor privado com cargo de Gerência e experiência de 11–15 anos no setor sucroenergético.

(15) Especialista do setor privado com cargo de Gerência e experiência de 11–15 anos no setor sucroenergético.

(16) Especialista do setor privado com cargo de Gerência e experiência de 6–10 anos no setor sucroenergético.

(17) Especialista do setor privado com cargo de Direção e experiência de 16–20 anos no setor sucroenergético.

(18) Especialista do setor privado com cargo de Consultor e experiência superior a 20 anos no setor sucroenergético.

(19) Especialista do setor privado com cargo de Consultor e experiência de 16–20 anos no setor sucroenergético.

(20) Especialista do setor privado com cargo de Consultor e experiência de 6–10 anos no setor sucroenergético.

(21) Especialista do setor privado com cargo de Gerência e experiência de 11–15 anos no setor sucroenergético.

(22) Especialista do setor privado com cargo de Pesquisador e experiência de 6–10 anos no setor sucroenergético.

(23) Especialista do setor privado com cargo de Gerência e experiência de 11–15 anos no setor sucroenergético.

(24) Especialista do setor público com cargo de Pesquisador e experiência de 11–15 anos no setor sucroenergético.

(25) Especialista do setor público com cargo de Gerência e experiência de 16–20 anos no setor sucroenergético.

(26) Especialista do setor público com cargo de Pesquisador e experiência de 6–10 anos no setor sucroenergético.

(27) Especialista do setor público com cargo de Pesquisador e experiência de 11–15 anos no setor sucroenergético.

(28) Especialista do setor público com cargo de Pesquisador e experiência de 6–10 anos no setor sucroenergético.

(29) Especialista do setor público com cargo de Pesquisador e experiência de 16–20 anos no setor sucroenergético.

(30) Especialista do setor público com cargo de Pesquisador e experiência de 11–15 anos no setor sucroenergético.

(31) Especialista do setor público com cargo de Pesquisador e experiência de 11–15 anos no setor sucroenergético.

3.4 FUZZY TOPSIS-CLASS

A avaliação de oportunidades de inovação no setor sucroenergético exige uma abordagem metodológica capaz de integrar múltiplos fatores simultaneamente — técnicos, econômicos, ambientais, operacionais e organizacionais — que interagem de forma não linear e, frequentemente, conflitante entre si.

Métodos de Apoio à Decisão Multicritério (MCDA) são reconhecidamente apropriados para esse tipo de problema, pois permitem estruturar decisões complexas que envolvem múltiplos atributos heterogêneos, representando diferentes dimensões de análise e perspectivas de *stakeholders* distintos (Belton; Stewart, 2002; Munda, 2004; Cinelli et al., 2014).

Esse enquadramento se mostra especialmente pertinente no caso da inovação agrícola, em que a adoção de novas tecnologias depende simultaneamente de fatores como viabilidade econômica, aderência operacional, disponibilidade de mão de obra, adequação ao ambiente produtivo, perfil tecnológico da unidade, restrições climáticas e regulamentações institucionais. Além disso, tais decisões frequentemente são tomadas sob incerteza, demandando metodologias que incorporem subjetividade e julgamentos de especialistas — dimensões intrínsecas ao processo de inovação (Kiker et al., 2005; Kahraman et al., 2016).

Portanto, os métodos MCDA oferecem um enquadramento sólido para organizar fatores condicionantes de forma estruturada; tratar critérios logicamente dependentes e não linearmente relacionados; incorporar conhecimento tácito e técnico de especialistas; lidar com julgamentos qualitativos ou imprecisos; e gerar ordenações e prioridades transparentes e justificáveis. Assim, o uso de MCDA não apenas se alinha ao estado da arte na análise de inovação em sistemas agroindustriais, como permite a integração coerente dos diversos condicionantes identificados no arcabouço teórico e no Sistema Setorial de Inovação (SSI).

Em caminho aos objetivos do trabalho e alta gama de métodos existente com altíssimo grau de robustez, foi selecionado o método *Fuzzy TOPSIS-Class*. A escolha está fundamentada em três dimensões centrais:

- (1) a natureza dos dados,
- (2) o tipo de julgamento requerido, e
- (3) o objetivo da análise dentro do escopo desta pesquisa.

Em primeiro lugar, a inovação agrícola é um fenômeno profundamente marcado pela subjetividade e pela imprecisão linguística, especialmente quando avaliado a partir de opiniões de especialistas provenientes de contextos institucionais distintos. Métodos clássicos de decisão, baseados estritamente em escalas numéricas ou probabilísticas, incorrem em perdas de informação quando confrontados com expressões como "alta relevância", "baixa difusão", "impacto moderado", entre outras. O emprego da lógica fuzzy, por sua vez, permite capturar a incerteza e granularidade desses julgamentos, evitando reduções forçadas e mantendo a riqueza semântica dos avaliadores (Herrera; Martínez, 2000; Kahraman et al., 2015).

Em segundo lugar, o *TOPSIS* (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) destaca-se entre os métodos multicritério por ser intuitivo, robusto e amplamente aceito na literatura aplicada à inovação tecnológica, uma vez que estrutura a decisão segundo a distância das alternativas a uma solução ideal e anti-ideal (Hwang; Yoon, 1981). O método permite que fatores condicionantes sejam ordenados conforme sua proximidade do melhor cenário teórico possível, o que é conceitualmente coerente com o objetivo da tese — priorizar os fatores com maior impacto potencial sobre a inovação agrícola.

A versão escolhida (*TOPSIS-Class*) representa uma evolução metodológica relevante, pois permite agrupar especialistas em classes (por exemplo: pesquisadores, gestores, consultores, produtores), gerando resultados multi-perspectivos. Em vez de forçar um consenso artificial ou média estatística, o método reconhece que a inovação é um processo socialmente distribuído e institucionalmente assimétrico. Assim, o método captura diversidade de visão sem perder rigor analítico, alinhando-se com a abordagem do Sistema Setorial de Inovação (Malerba, 2002; 2006).

Assim, o *Fuzzy TOPSIS-Class* emerge como um método conceitualmente alinhado ao fenômeno estudado, operacionalmente adequado à natureza dos dados disponíveis e cientificamente reconhecido por sua capacidade de integrar julgamentos imprecisos em decisões ordenadas e justificáveis. A metodologia é composta, segundo Ferreira *et al.* (2018), por oito passos:

Passo 1. Estruturar o modelo de decisão, identificação o tomador de decisão os critérios e alternativas.

Passo 2. Definir as variáveis linguísticas o qual avaliam os pesos dos critérios e mede a classificação das alternativas dentro dos critérios.

Passo 3. Construir a matriz de decisão normalizada $\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}] m \times n$ de acordo com:

$$\tilde{r}_{ij} = \begin{cases} \left(\frac{a_{ij}}{d_j^*}, \frac{b_{ij}}{d_j^*}, \frac{c_{ij}}{d_j^*}, \frac{d_{ij}}{d_j^*} \right) & \text{se } j \in B, \text{ onde } B \text{ representa critérios associados} \\ & \text{a benefícios, e } d_j^* = \max_i d_{ij} \\ \left(\frac{a_j^-}{d_{ij}}, \frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}, \frac{a_j^-}{a_{ij}} \right) & \text{se } j \in C, \text{ onde } C \text{ representa critérios associados} \\ & \text{a custo, e } a_j^- = \min_i a_{ij} \end{cases}$$

Passo 4. Construção da matriz de decisão fuzzy ponderada e normalizada $\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}] m \times n$ a partir de $\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]$ e $\tilde{W} = [\tilde{w}_j]$ onde $\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} \otimes \tilde{w}_j$.

Passo 5. A solução positiva e negativa ideal para a classe p como $\tilde{A} p^* = [\tilde{v}_{p1}, \tilde{v}_{p2}, \dots, \tilde{v}_{pn}]$.

Passo 6. Cálculo das distâncias das alternativas i em relação à cada classe p .

Passo 7. Cálculo do coeficiente de proximidade $CCi p$ para cada alternativa i em relação a cada perfil p .

Passo 8. Para cada alternativa i , determinar sua classe $pi^* = \operatorname{argmax}_{p \in P} \{CCi p\}$, ou seja, pi^* é a classe com o maior valor de $CCi p$ para a alternativa i .

Com isso, os grupos são classificados e pode-se avaliar, com clareza, quais dimensões afetam, em ordem classificatória, as oportunidades de inovação. A interpretação dos resultados se dá pelas classes estabelecidas e qual dessas classes apresenta maior valor, no qual, a partir dessa resposta, é possível analisar como a classe é encaixada na pergunta original e como são os impactos de tal decisão.

Considerando a heterogeneidade inerente ao conjunto de especialistas consultados — tanto em termos de experiência, quanto de inserção institucional e capacidade de influência no setor — tornou-se necessário atribuir pesos diferenciados às respostas, de forma a refletir a relevância relativa de cada julgador no processo avaliativo. No contexto do método *Fuzzy*

TOPSIS-Class, essa ponderação é incorporada por meio da conversão dos níveis de influência em números fuzzy triangulares, permitindo que diferentes graus de autoridade e competência técnica sejam matematicamente integrados ao modelo decisório. Assim, cada especialista é associado a um peso linguístico predefinido (variando de muito baixa a muito alta capacidade de interferência), posteriormente traduzido em valores fuzzy, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Análise Fuzzy Triangular dos dados a serem avaliados

Termos Linguísticos	Escala Peso Respondentes			
	P	Nº Fuzzy Triangular		
		l	m	u
MB	1	0,2	0,2	0,4
BC	2	0,2	0,4	0,6
MC	3	0,4	0,6	0,8
AC	4	0,6	0,8	1
MA	5	0,8	1	1

Fonte: Adaptado de Marinato et al. (2025).

Onde:

MB – *Muito Baixa* capacidade para inferir sobre o item questionado;

BC – *Baixa* capacidade para inferir sobre o item questionado;

MC – *Média* capacidade para inferir sobre o item questionado;

AC – *Alta* capacidade para inferir sobre o item questionado;

MA – *Muito Alta* capacidade para inferir sobre o item questionado.

Considerando o perfil de especialistas participantes e das características metodológicas dessa pesquisa optou-se por categorizar os respondentes em função da sua capacidade de inferência sobre os itens questionados. Os graus de capacidade de inferência foram estabelecidos a partir do tempo de atuação (experiência) na área temática/objeto de estudo dessa pesquisa. O Quadro 5 apresenta a categorização dos especialistas adotada.

Quadro 5. Categorização dos especialistas, capacidade de inferência por tempo de atuação

Atuação	6 - 10 anos	11 - 15 anos	16 - 20 anos	+ 20 anos
Direção	MC	AC	AC	MA
Consultoria	MC	MC	AC	MA
Pesquisador	MC	MC	AC	MA
Gerência	MC	MC	AC	MA

Fonte: Adaptado de Cazeri et al. (2022).

Onde:

MC – Média capacidade para inferir sobre o item questionado;

AC – Alta capacidade para inferir sobre o item questionado;

MA – Muito Alta capacidade para inferir sobre o item questionado.

Tais fatores servem de base para a lógica de pesos sobre as respostas. Quanto maior o tempo atuação e o grau hierárquico, maior o peso da resposta (capacidade de inferência). O fator peso é atribuído após a matriz de decisão normalizada (passo 4), onde, para cada um dos índices, é feita a multiplicação pelo valor do peso do especialista. Essa nova matriz tem o nome de matriz de julgamento normalizada ponderada.

Nos passos finais do *Fuzzy TOPSIS-Class*, o modelo passa da simples representação fuzzy das avaliações para a construção de um referencial normativo de comparação. No Passo 5, define-se, para cada classe de especialistas p , uma solução ideal positiva e uma solução ideal negativa, representadas pelo vetor $\tilde{A} p^* = [\tilde{v}p1, \tilde{v}p2, \dots, \tilde{v}pn]$. Em termos conceituais, esses referenciais sintetizam, em linguagem matemática, o “melhor cenário possível” e o “pior cenário admissível” para as oportunidades de inovação e seus fatores condicionantes, à luz das percepções daquela classe específica (diretores, gerentes, consultores, pesquisadores etc.). A partir desse marco, o método deixa de lidar apenas com avaliações isoladas e passa a mensurar o quão próximas ou distantes cada alternativa (OI ou fator condicionante) está dessas soluções ideais em cada perfil de julgador.

No Passo 6, calculam-se as distâncias de cada alternativa i em relação às soluções positivas e negativas de cada classe p , o que permite quantificar, em termos fuzzy, o grau de alinhamento de cada oportunidade ou fator ao cenário desejável para aquele grupo. Em seguida, no Passo 7, obtém-se o coeficiente de proximidade $CCi p$, que expressa, para cada alternativa i quão próxima ela está da solução ideal e quão afastada da solução anti-ideal na perspectiva de cada perfil de especialista. Finalmente, no Passo 8, determina-se, para cada alternativa, a classe $pi^* = argmax_{p \in P} \{CCi p\}$, isto é, identifica-se em qual perfil o seu desempenho relativo é mais elevado. Esse fechamento do procedimento é particularmente relevante para esta tese, pois não apenas produz um ranqueamento global das oportunidades de inovação e de seus fatores condicionantes, mas também evidencia em que grupos de atores (institucionais, empresariais ou técnicos) cada uma delas encontra maior aderência, fornecendo uma base robusta para a interpretação dos resultados e para a formulação de estratégias diferenciadas de gestão e políticas de inovação no setor sucroenergético.

A partir desse encadeamento metodológico – que articula revisão sistemática da literatura, análise de conteúdo, enquadramento no Sistema Setorial de Inovação (SSI), *survey* com especialistas e aplicação da ferramenta matemática *Fuzzy TOPSIS-Class* – a pesquisa constrói um percurso coerente que vai da identificação conceitual das oportunidades de inovação à sua priorização empírica em ambiente multicritério. Em outras palavras, os procedimentos qualitativos asseguram que as oportunidades de inovação e seus fatores condicionantes sejam teoricamente consistentes, atualizados e aderentes à realidade do setor sucroenergético, enquanto os procedimentos quantitativos permitem transformar percepções especializadas, marcadas por incerteza e subjetividade, em uma estrutura ordenada de importância relativa. O resultado é um modelo decisório que não apenas descreve o sistema agrícola canavieiro, mas o avalia de forma comparativa, evidenciando quais oportunidades e quais condicionantes exercem maior influência sobre a capacidade de inovar.

Dessa forma, o capítulo de metodologia encerra-se com a consolidação de um arcabouço analítico capaz de integrar diferentes dimensões – tecnológica, econômica, organizacional, ambiental, política e externa – sob a ótica dos Sistemas Setoriais de Inovação e dos Métodos de Apoio à Decisão Multicritério. A classificação hierárquica produzida pelo *Fuzzy TOPSIS-Class*, ponderada pelo perfil dos especialistas e estruturada segundo as classes do SSI, constitui o eixo central dos resultados que serão apresentados no capítulo seguinte. É a partir dessa base que se torna possível discutir, de maneira crítica, quais oportunidades de inovação agrícolas despontam como mais estratégicas para o setor sucroenergético brasileiro, quais fatores condicionantes mais as impulsionam ou limitam e que implicações essas prioridades trazem para a formulação de políticas, o desenho de estratégias empresariais e a gestão da inovação no campo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 AS OPORTUNIDADES DE INOVAÇÃO (OI) PARA A PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR NO BRASIL

Assim como cada etapa metodológica foi apresentada de forma sequencial, nesta seção são discutidos os resultados que levaram à definição das quatro oportunidades de inovação no setor agrícola da cana-de-açúcar. O ponto de partida foi o Plano PAISS Agrícola (BNDES, 2013), marco regulatório e financeiro que buscou induzir investimentos privados em inovação, sobretudo na fase agrícola, em complemento ao histórico foco industrial do setor (Quadro 6).

Quadro 6 – Apresentação das linhas para acesso ao crédito do plano PAISS Agrícola

Identificação	Descrição da oportunidade de inovação
Linha 1	Novas variedades, sobretudo: aquelas voltadas aos ambientes de produção das regiões de fronteira; mais adequadas à mecanização agrícola; e/ou com maiores quantidades de biomassa e/ou ATR, com ênfase na utilização de melhoramento transgênico;
Linha 2	Máquinas e implementos para plantio e/ou colheita, bem como para coleta de palha e/ou resíduos, com ênfase na ampliação do uso de técnicas de agricultura de precisão;
Linha 3	Sistemas integrados de manejo, planejamento e controle da produção;
Linha 4	Técnicas mais ágeis e eficientes de propagação de mudas e dispositivos biotecnológicos inovadores para o plantio e;
Linha 5	Adaptação de sistemas industriais para culturas energéticas compatíveis, complementares e/ou consorciáveis com o sistema agroindustrial do etanol produzido a partir da cana-de-açúcar.

Fonte: Plano de Apoio a Inovação do Setor Sucroenergético – linha agrícola, BNDES (2013).

Entre os estudos que fundamentaram essa análise, Nyko et al. (2013) discutem a relevância da inovação agrícola como vetor de competitividade e destacam a necessidade de investimentos estruturados em novas variedades e práticas de manejo para o setor.

Barros e Milan (2010) analisam os impactos da mecanização sobre a compactação do solo e a eficiência das operações, apontando a urgência de soluções tecnológicas que conciliem mecanização plena com sustentabilidade. Bernardo et al. (2019) reforçam a importância do melhoramento genético e da mecanização como pilares para a redução de custos e ganhos de produtividade, destacando a necessidade de ampliar a eficiência operacional no campo. Já Vieira (2018) evidencia o papel de novas variedades adaptadas a ambientes restritivos, defendendo que o desenvolvimento varietal precisa ser direcionado para cenários de maior variabilidade climática.

Mello (2020) aborda a transição digital no setor agrícola, com ênfase em agricultura de precisão e ferramentas de telemetria, como instrumentos capazes de integrar informações de campo e melhorar a tomada de decisão. Por sua vez, Moretto e Cavichioli (2022) destacam que sistemas integrados de planejamento agrícola reduzem ineficiências logísticas e ampliam a previsibilidade da produção, constituindo-se em eixo estratégico de inovação. Complementarmente, estudos como os de Cristofolletti (2009) e Bualam (2019) destacam os benefícios agrônômicos de rotação e consórcio de culturas, sobretudo para a melhoria da fertilidade do solo e sustentabilidade do canavial, ainda que não tenham sido incorporados como oportunidade central no presente recorte.

A partir das linhas de inovação propostas pelo PAISS e da análise de artigos científicos selecionados e relatórios técnicos, foram consolidadas quatro oportunidades consideradas prioritárias para o avanço da produtividade e competitividade do setor sucroenergético.:

(1) Novas variedades de cana-de-açúcar

A inovação genética é apontada como uma das principais alavancas de produtividade no setor sucroenergético. Nyko et al. (2013) enfatizam que o desenvolvimento de novas variedades adaptadas às diferentes regiões brasileiras foi determinante para ganhos de competitividade nas últimas décadas. Vieira (2018) destaca a necessidade de variedades mais resistentes a estresses abióticos, como déficit hídrico e altas temperaturas, diante das mudanças climáticas. Além disso, Bernardo et al. (2019) ressaltam que a maior rapidez no lançamento de variedades comerciais e a redução dos custos de desenvolvimento constituem gargalos críticos a serem superados pelo setor. Nesse sentido, a oportunidade de inovação em novas variedades está relacionada não apenas ao aumento de produtividade, mas também à resiliência e estabilidade de fornecimento de ATR para a indústria.

(2) Máquinas e implementos para os processos agrícolas

A mecanização integral da lavoura de cana trouxe importantes avanços, mas também novos desafios. Barros e Milan (2010) demonstram que a compactação do solo causada pelo tráfego de máquinas é uma das principais limitações atuais, exigindo inovações em arquitetura de equipamentos e técnicas de manejo. Bernardo et al. (2019) apontam que a mecanização, apesar de necessária, ainda apresenta problemas de eficiência operacional e alto custo, criando espaço para melhorias em implementos multifuncionais e soluções integradas. Mello (2020) reforça a relevância da telemetria e da agricultura de precisão como ferramentas para aumentar a assertividade das operações e reduzir perdas no campo. Assim, as oportunidades nessa linha envolvem máquinas mais leves, precisas e inteligentes, capazes de reduzir custos, mitigar impactos no solo e integrar-se a sistemas digitais de gestão.

(3) Sistemas Integrados e Planejamento

A digitalização do setor sucroenergético é um dos eixos mais promissores de inovação. Moretto e Cavichioli (2022) demonstram que sistemas integrados de planejamento agrícola reduzem falhas logísticas e ampliam a eficiência no uso de recursos, criando um ambiente de tomada de decisão mais racional. Segundo Mello (2020), a adoção de ferramentas digitais permite aproximar dados de campo e de escritório, diminuindo a dependência da experiência

empírica e aumentando a previsibilidade das operações. Nesse sentido, a oportunidade está no desenvolvimento de plataformas interoperáveis, capazes de integrar sensores, satélites, drones, telemetria e softwares de gestão agrícola, criando um fluxo contínuo de informações do campo à indústria.

(4) Plantio de mudas e biotecnologia

O plantio é uma das operações de maior custo na canavicultura, em grande parte devido à quantidade de mudas tradicionalmente utilizada. Bernardo et al. (2019) apontam que técnicas mais eficientes de multiplicação e uso racional de mudas representam um caminho essencial para redução de custos e maior uniformidade dos canaviais. Vieira (2018) complementa que o avanço de pacotes tecnológicos associados ao plantio pode acelerar o crescimento inicial da cultura, encurtando o ciclo de produção. Além disso, estudos recentes ressaltam o papel de dispositivos biotecnológicos, como inoculantes e bioestimulantes, para promover maior vigor das plantas na fase inicial, reforçando a relevância dessa linha de inovação.

Ou seja, a partir do plano PAISS (BNDES, 2013) e da revisão de literatura sobre o tema, fixou-se nessas quatro oportunidades de inovação, o qual convergem muito do plano destacado. Essas oportunidades foram estabelecidas para essa pesquisa e, além do plano PAISS, Nyko et al., (2013), Bernardo et al., (2019), Mello (2020), Viera (2018), Barros; Milan (2010) e Moretto e Cavichioli (2022) convergem sobre como ainda existem espaços para ganhos produtivos sobre cada um dos temas. Assim, parte-se para a revisão sistemática e sua análise de conteúdo.

Destaca-se que, por conta do foco na produção de cana-de-açúcar, a linha 5 não será avaliada por ser entendido que o consórcio não é algo visto como oportunidade para a matéria prima destacada como alvo do trabalho. A adaptação de usinas e mecanismos de produção para demais culturas rotativas da cana-de-açúcar pode ser a vir explorada em trabalhos futuros. Por assim concluir, tal linha fica excluída do trabalho.

O primeiro objetivo específico deste estudo é identificar quais são as oportunidades de inovação que afetam a produtividade agrícola da cana-de-açúcar. A partir da análise das linhas estratégicas do PAISS Agrícola (BNDES, 2013), associada a uma revisão da literatura científica, relatórios técnicos do setor e discussões em eventos especializados, foi possível consolidar quatro oportunidades prioritárias de inovação, consideradas fundamentais para o aumento da competitividade e eficiência produtiva no setor sucroenergético.

As oportunidades identificadas foram: (i) o desenvolvimento de novas variedades de cana-de-açúcar, capazes de oferecer maior resistência a estresses bióticos e abióticos e maior acúmulo de ATR (Nyko et al., 2013; Vieira, 2018; Bernardo et al., 2019); (ii) a inovação em máquinas e implementos agrícolas, voltada à mecanização mais eficiente, redução da compactação e integração com tecnologias de agricultura de precisão (Barros & Milan, 2010; Bernardo et al., 2019; Mello, 2020); (iii) a adoção de sistemas integrados e de planejamento, com soluções digitais capazes de aproximar dados de campo e gestão, reduzindo ineficiências e aumentando a previsibilidade das operações (Mello, 2020; Moretto & Cavichioli, 2022); e (iv) o avanço no plantio de mudas e em técnicas biotecnológicas, que visam reduzir custos de implantação, aumentar a uniformidade dos canaviais e acelerar o desenvolvimento inicial da cultura (Bernardo et al., 2019; Vieira, 2018).

Dessa forma, pode-se afirmar que o primeiro objetivo específico foi alcançado, uma vez que foram identificadas e fundamentadas as quatro principais oportunidades de inovação com impacto direto sobre a produtividade agrícola da cana-de-açúcar. Esses resultados fornecem a base necessária para as etapas seguintes do trabalho, nas quais tais oportunidades serão analisadas em profundidade, permitindo identificar os fatores condicionantes de cada uma delas.

4.2 FATORES CONDICIONANTES (FC) DAS OPORTUNIDADES DE INOVAÇÃO: IDENTIFICAÇÃO E CATEGORIZAÇÃO

Após a identificação das oportunidades de inovação na etapa anterior, foi realizada uma revisão sistemática da literatura e análise de conteúdo para extrair os pressupostos que condicionam cada uma delas. A seguir, os resultados dessas práticas são apresentados e analisados.

4.2.1 FC do desenvolvimento de novas variedades de cana-de-açúcar

Para a OII de novas variedades de cana-de-açúcar, as *strings* utilizadas foram “{*"new" or "future" or "opportunities" or "development"*} and {*"sugarcane varieties"*} contained in title, abstract or Keywords”.

O resultado da fase de identificação foi de 472 artigos na base Scopus e 433 artigos na Web of Science (WoS). Pela triagem foi observado que destes, 330 eram duplicados. O próximo filtro foi a leitura e exclusão pelo título, dos quais 499 foram eliminados. A partir dos 76

restantes, foi iniciada a leitura completa; porém, ao perceber a não relevância para essa pesquisa, outros trabalhos foram eliminados. Ao fim, 18 artigos formaram o resultado dessa etapa (Quadro 7).

Quadro 7 – Revisão Sistemática pelo método PRISMA para OI1

Primeira Fase	PRISMA	
Identificação do material	Fonte de dados	Scopus e Web of Science
	String utilizada	={"new" or "future" or "opportunities" or "development"} and {"sugarcane varieties"} contained in title, abstract or keywords
	Data da análise	01/01/2013 a 31/08/2025
	Artigos Base	6 artigos utilizado como fonte inicial
	Resultado	905 artigos encontrados pela pesquisa
Triagem	Duplicados	-330 duplicados
	Pelo Título / Resumo	499 artigos excluídos
	Resultado	76 artigos
Eligibilidade	Leitura completa / parcial	76 artigos
	Relação com o tema	18 artigos
	Resultado	18 artigos

Fonte: Adaptado de Cazeri et al. (2022), com dados de Scopus e Web of Science.

O Anexo C apresenta os dados categorizados dessa revisão sistemática. Nele, estão apresentados o fator de impacto, autores, país de publicação, ano de publicação e revista publicada. A análise mostra que os resultados possuem relevância e coerência.

A partir desses dezoito artigos, foi realizado o processo de análise de conteúdo. Para isso, frases ou palavras-chave foram identificadas para formar os constructos. Os resultados dessa análise compuseram as variáveis ou fatores condicionantes da oportunidade de inovação. O Quadro 8 sistematiza a análise de conteúdo realizada.

Como unidade de análise foi designado o seguinte fator “Fatores e condições necessárias para produzir e utilizar novas variedades de cana-de-açúcar”. Na análise de conteúdo a unidade de análise gera a questão a ser estudada, nesse caso foi “Quais os principais fatores para se produzir novas variedades de cana-de-açúcar?”.

Quadro 8 – Análise de Conteúdo da O.I. Novas variedades de cana-de-açúcar

Segunda Fase	Análise de conteúdo	
Fase I Preparação	unidade de análise:	Fatores necessários para produzir novas variedades de cana-de-açúcar.
	Pergunta:	Quais os principais fatores para se produzir novas variedades de cana-de-açúcar?
Fase II Organização	Codificação aberta	
	Folhas de codificação	
	Agrupamento	
	Categorização	8 categorias
	Abstração	7 variáveis
Terceira Fase	Modelagem	
Relatório de resultados	Modelo e variáveis encontradas	7 Fatores críticos
	Discussão dos resultados	Concluída

Fonte: Adaptado de Cazeri et al., (2022) com dados de Scopus e Web of Science.

A fase de organização dos dados se deu por meio de codificação aberta, com folhagem de codificação e agrupamento. Desse processo, foram gerados 8 categorias e 7 variáveis. Dessa fase, foram gerados sete fatores condicionantes entre quatro conjuntos vinculadas ao SSI. Tal condução para analisar o conjunto pertencente a classe do SSI foi ligada a questão principalmente envolvendo cada variável. Segue então a lista e análise transcrita pelo Quadro 9.

Quadro 9 – Resultado da Análise de conteúdo – Variáveis e seus conjuntos SSI.

Fator	ID O.I.	Conjunto	Descrição do FC
FC 1	O.I. 1	Econômica	Custo de desenvolvimento de novas variedades
FC 2	O.I. 1	Organizacional	Tempo de desenvolvimento de novas variedades
FC 3	O.I. 1	Político	Normas para introdução no mercado
FC 4	O.I. 1	Externo	Infraestrutura e mão de obra especializada
FC 5	O.I. 1	Externo	Dificuldade de acesso pelos produtores das novas variedades
FC 6	O.I. 1	Organizacional	Difusão de informação sobre as novas variedades
FC 7	O.I. 1	Externo	Adoção (substituição das variedades antigas) pelos produtores

Fonte: Elaborado pelo autor.

O Quadro 9 sintetiza os resultados da análise de conteúdo, organizando os fatores críticos associados à Oportunidade de Inovação 1 (O.I.1) segundo os conjuntos analíticos do Sistema Setorial de Inovação (SSI). As variáveis agrupadas evidenciam que o desenvolvimento

e a adoção de novas variedades de cana-de-açúcar são processos multidimensionais, dependentes de condicionantes econômicos, organizacionais, políticos e externos, cuja interação molda a dinâmica inovativa do setor sucroenergético.

A literatura recente corrobora o caráter estratégico da inovação varietal para o aumento da resiliência e competitividade da cadeia produtiva. Conforme argumentam Lu et al. (2024), a incorporação de ferramentas avançadas de genômica, fenotipagem digital e seleção assistida tem ampliado substancialmente o potencial de identificação de genótipos superiores, resultando em incrementos consistentes de produtividade e maior tolerância a estresses bióticos e abióticos. Tais avanços, contudo, elevam os custos de desenvolvimento, reforçando a centralidade do fator econômico identificado no quadro — sobretudo em um contexto de crescente sofisticação tecnológica e necessidade de infraestrutura laboratorial altamente especializada.

Apesar do avanço metodológico, o tempo de desenvolvimento de novas cultivares continua sendo um gargalo expressivo. Estudos como o de Meena et al. (2022) evidenciam que, mesmo com o uso de técnicas de edição gênica e metodologias de melhoramento acelerado, o ciclo que envolve criação, avaliação, testes de adaptabilidade e liberação comercial permanece prolongado. A biotecnologia, embora promissora como vetor de aceleração, ainda enfrenta limitações regulatórias e desafios sociotécnicos relacionados à aceitação pelas diferentes categorias de produtores, o que reforça a dimensão organizacional e política contemplada no quadro.

Outro eixo determinante refere-se à infraestrutura científica e à qualificação da mão de obra. A análise de Cursi et al. (2022) demonstra que a consolidação institucional de redes como a RIDESA, aliada à atuação de centros privados de melhoramento, constituiu a base para o sucesso de cultivares amplamente difundidas, como as variedades RB. De forma complementar, Gazaffi et al. (2017) demonstram que o desenvolvimento de variedades regionalizadas depende diretamente da existência de equipes multidisciplinares altamente capacitadas e de ambientes experimentais robustos, capazes de gerar dados consistentes em múltiplos cenários edafoclimáticos.

A adoção no setor produtivo, entretanto, não é automática e depende tanto da difusão de informação quanto da capacidade efetiva de acesso dos produtores aos novos materiais. Pesquisas conduzidas em diferentes contextos, como as de Klerkx; Van Mierlo e Leeuwis (2012), indicam que limitações no fluxo de informação técnica, associadas a dificuldades de acesso ao crédito agrícola e à falta de programas estruturados de capacitação, restringem a substituição de variedades antigas, mesmo quando materiais superiores estão disponíveis. Essas

evidências destacam a importância de políticas públicas voltadas à extensão rural, assistência técnica e democratização do acesso ao material propagativo.

A seguir então, a Tabela 2 estabelece a relação entre os artigos e os fatores.

Tabela 2 – Relacionamento artigo e fator condicionante O.I.-1

Artigos	Fatores (1–7)
Sugarcane breeding: a fantastic past and promising future	1,2,4,7
Recent Advances in Sugarcane Genomics, Physiology, and Phenomics for Superior Agronomic Traits	1,2,4
Genetic Engineering for Enhancing Sugarcane Tolerance to Biotic and Abiotic Stresses	1,3,4
A Data-Driven Approach to Sugarcane Breeding Programs with Agronomic Characteristics and Amino Acid Constituent Profiling	1,2,4
History and Current Status of Sugarcane Breeding, Germplasm Development and Molecular Genetics in Brazil	1,2,4
RB varieties: a major contribution to the sugarcane industry in Brazil	5,6,7
A evolução das tecnologias agrícolas do setor sucroenergético	1,2,4,6,7
Análise da produtividade agrícola em regiões de novas expansões canavieiras	6,7
The Brazilian sugarcane innovation system	3,4,6
A short review on sugarcane: its domestication, molecular manipulations and future perspectives	1,2,4
Genetic Transformation of Sugarcane, Current Status and Future Perspectives	1,2,7
Breeding and regional production capacity performance of advanced sugarcane cultivars	1,2,4
Factors related to farmers' acceptance of improved technologies: small-scale sugarcane farmers in Kakamega County	1,3,4
Precision agriculture adoption and technical efficiency	1,2,7
Modern Biotechnologies: Innovative and Sustainable Approaches for the Improvement of Sugarcane Tolerance to Environmental Stresses	5,6,7
Integration of sugarcane production technologies for enhanced cane and sugar productivity targeting to increase farmers' income: strategies and prospects	5,6,7
Grasping at digitalisation: turning imagination into fact in sugarcane farming	6,7
A Review of Sugarcane Biotechnology in Biofuel Production	5,7

Fonte: Realizado pelo autor.

Adicionalmente, as normas regulatórias para introdução de novas variedades no mercado desempenham papel crucial na velocidade e amplitude da inovação. Nyko et al. (2013) demonstram que, no Brasil, políticas ambientais e regulatórias influenciaram decisivamente tanto a expansão territorial da cultura quanto a adoção de cultivares adaptadas às novas fronteiras agrícolas. Esse cenário evidencia que a inovação varietal está indissociavelmente vinculada ao ambiente institucional no qual se insere, e que avanços técnicos só se traduzem em impacto produtivo quando acompanhados de marcos regulatórios coerentes e mecanismos eficazes de validação e certificação.

Assim, observa-se que o desenvolvimento e a difusão de novas variedades não dependem exclusivamente dos progressos científicos ou da superação de barreiras tecnológicas

isoladas. Ao contrário, requerem uma articulação sistêmica entre ciência, políticas públicas, instituições reguladoras, programas de extensão e dinâmicas de mercado. Apenas a integração desses elementos permite que o conhecimento gerado nos centros de pesquisa seja efetivamente convertido em ganhos de produtividade, sustentabilidade e competitividade no campo, consolidando a inovação varietal como um dos pilares estruturantes do futuro do setor sucroenergético.

Por fim, é obtida uma relação positiva entre os artigos e os fatores. A Tabela 3 abaixo revela a quantidade de vezes que um fator foi encontrado e o percentual sobre o total dos trabalhos lidos. Os fatores 1, 4 e 7, que são respectivamente custo de desenvolvimento, infraestrutura e mão de obra especializada para a produção e adoção (substituição de variedades antigas), foram os fatores mais observados.

Tabela 3. Fatores e suas aparições nos trabalhos O.I.1

Parâmetro	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5	Fator 6	Fator 7
Nº artigos	11	9	3	10	4	7	10
% do total	61,10%	50,00%	16,70%	55,60%	22,20%	38,90%	55,60%

Fonte: elaborado pelo autor.

Os fatores 3 e 5, que são normas para difusão e dificuldade de acesso, foram os menos observados. O primeiro muito relacionado ao fato de estarem ligadas a associações tradicionais como CTC, IAC e Ridesa, no entanto, novos grupos podem ter mais problemas com a questão burocrática. O segundo aparece em textos no qual a dificuldade é observada em pequenos produtores, e quando se trata de produtividade são normalmente observados fatores sobre grandes propriedades.

4.2.2 *FC do desenvolvimento de máquinas e telemetria para agricultura de precisão*

Para a segunda O.I. que trata da ampliação da tecnologia embarcada em máquinas e equipamentos, a *string* mais compatível com o foco da oportunidade de inovação avaliada foi {"sugarcane" OR "Saccharum"} AND {"mechanized harve" OR "harvester"} *contained in title, abstract or Keywords*". Para a Web of Science, o resultado foi de 352 artigos e para as Scopus 531 trabalhos. Desses 285 são duplicados e 486 artigos retirados pela leitura dos títulos e/ou abstract. A eliminação foi amplamente por conta de tecnologias voltadas para culturas que não fariam parte de um modelo de produção sucroalcooleiro. Dos 112 finais, todos foram lidos inteiros ou parcialmente e elegidos 26 (Quadro 10).

Quadro 10 – Revisão Sistemática pelo método PRISMA O.I. 2

Primeira Fase	PRISMA	
Identificação do material	Fonte de dados	Scopus e Web of science
	String utilizada	= {{“sugarcane” OR “Saccharum”} AND {“mechanized harve” OR “harvester”}}
	Data da análise	01/01/2013 a 31/08/2025
	Artigos Base	12 artigos utilizado como fonte inicial
	Resultado	889 artigos encontrados pela pesquisa
Triagem	Duplicados	285 artigos duplicados
	Pelo Título / Resumo	486 artigos excluídos
	Resultado	76 artigos
Eligibilidade	Leitura completa / parcial	76 artigos
	Relação com o tema	26 artigos
	Resultado	26 artigos

Fonte: Adaptado de Cazeri et al., (2022) com dados de Scopus e Web of Science.

Os resultados estão apresentados detalhadamente no anexo D. Como no tópico anterior e para as próximas oportunidades de inovação, a partir da elegibilidade do resultado é realizado o processo de análise de conteúdo. Como unidade de análise foi utilizado “viabilidade e uso de tecnologias em maquinários como fator de sucesso produtivo” o qual busca englobar todos os prós e contras num cenário de produção o efeito de implementação de novas tecnologias. A diferença entre visão e objetivo de autores em seus trabalhos foi menor do que na primeira O.I., sendo um processo de análise de conteúdo mais prático. No entanto, foi preciso avaliar questões que não estavam saturadas e entregues ao leitor de forma subjetiva, como visão do resultado do autor para seu público. A questão analisada aqui foi “Quais entraves para ampliação de tecnologias embarcadas para a produção agrícola de cana-de-açúcar?”. O modo de condução da análise foi o mesmo e explicado na O.I. anterior e os resultados apresentados no Quadro 11.

Tal condução para analisar o conjunto pertencente a classe do SSI foi ligada a questão principalmente envolvendo cada variável. A mecanização da cana-de-açúcar e a transição para a agricultura de precisão representam uma das mais expressivas oportunidades de inovação no setor sucroenergético. Estudos como o de Alves e Barbosa (2016) evidenciam que a mecanização contribuiu significativamente para o aumento da produtividade agrícola em São Paulo, mas ao mesmo tempo trouxe novos desafios relacionados ao custo elevado de aquisição e à curva de aprendizagem operacional.

Quadro 11 – Análise de Conteúdo da O.I. Tecnologias embarcadas em máquinas agrícolas.

Segunda Fase	Análise de conteúdo	
Fase I Preparação	unidade de análise:	viabilidade e uso de tecnologias em maquinários como fator de sucesso produtivo
	Pergunta:	Quais entraves para ampliação de tecnologias embarcadas para a produção agrícola de cana-de-açúcar?
Fase II Organização	Codificação aberta	
	Folhas de codificação	
	Agrupamento	
	Categorização	10 categorias
	Abstração	6 variáveis
Terceira Fase	Modelagem	
Relatório de resultados	Modelo e variáveis encontradas	6 Fatores críticos
	Discussão dos resultados	Concluída

Fonte: Adaptado de Cazeri et al., (2022) com dados de Scopus e Web of Science.

Esse achado está em consonância com trabalhos internacionais, como o de Valerio e Biaggi (2019), que analisaram a evolução da mecanização na Argentina e destacaram que o processo de modernização depende de forte investimento em máquinas adaptadas às condições locais. Segue o Quadro 12 com os fatores condicionantes da OI2.

Quadro 12 – Resultado da Análise de conteúdo O.I. 2 – Variáveis e seus conjuntos SSI.

Fator	ID O.I.	Conjunto	Descrição do FC
FC 1	O.I. 2	Econômica	Custo de aquisição desses maquinários
FC 2	O.I. 2	Econômica	Custo de monitoramento e telemetria
FC 3	O.I. 2	Econômica	Disponibilidade de crédito aos produtores
FC 4	O.I. 2	Organizacional	Investimento em P&D para produção de equipamentos
FC 5	O.I. 2	Organizacional	Normas de introdução no mercado
FC 6	O.I. 2	Externo	Necessidade de mão-de-obra especializada pelos produtores

Fonte: Elaborado pelo autor.

O custo de aquisição e manutenção de máquinas é uma barreira recorrente, mas que tem sido parcialmente mitigada por políticas de crédito agrícola. O estudo de Mahasuweerachai, e Suksawat (2022), realizado na Tailândia, mostra que incentivos financeiros e linhas de crédito específicas aumentam significativamente a probabilidade de adoção da colheita mecanizada. Essa mesma lógica se aplica ao contexto brasileiro, em que políticas como o Plano Safra têm

desempenhado papel fundamental na viabilização de investimentos em equipamentos de alta complexidade.

Outro fator central é a crescente importância da telemetria e monitoramento digital. Trabalhos como o de Silva et al. (2021) sobre agricultura 4.0 evidenciam que a adoção de sensores, sistemas de telemetria e inteligência artificial melhora a eficiência operacional, reduz perdas e contribui para a sustentabilidade do processo. De forma complementar, Testa et al. (2019) mostraram que os sistemas de corte contínuo, quando associados ao monitoramento digital, reduzem perdas e impurezas, confirmando o impacto positivo do uso de telemetria na eficiência da colheita.

O papel do investimento em pesquisa e desenvolvimento (P&D) também é amplamente reconhecido. O artigo de Souza et al. (2018) sobre o desenvolvimento de novos equipamentos para o plantio mecanizado reforça que a inovação tecnológica em máquinas agrícolas é fruto direto do investimento em P&D, permitindo adaptar soluções às condições específicas da cultura da cana. Além disso, o estudo de Santos et al. (2019) sobre impactos ambientais da mecanização demonstra que inovações em design e operação de máquinas têm contribuído para reduzir emissões e melhorar a sustentabilidade do processo de colheita.

Por fim, a literatura também aponta para a necessidade de mão de obra especializada e para a influência das normas regulatórias. Silva et al. (2021) mostram como a mecanização alterou profundamente a organização do trabalho nos canaviais, exigindo operadores mais qualificados e reorganização da gestão de recursos humanos. Do ponto de vista normativo, Singh et al. (2024) e estudos sobre a aplicação de normas técnicas (NR-12, NR-31) evidenciam que a adequação regulatória é tanto um desafio quanto um indutor de inovação, uma vez que pressiona o setor a adotar tecnologias mais seguras e sustentáveis. Esse conjunto evidencia que o avanço do setor depende não apenas da tecnologia em si, mas da articulação entre políticas públicas, crédito, infraestrutura e qualificação humana.

A seguir então, a Tabela 4 estabelece a relação entre os artigos e os fatores.

Tabela 4 – Relacionamento artigo e fator condicionante O.I.-2

Artigo	Fatores (1-6)
Operating cost of sugarcane harvester in function of agricultural productivity and harvester age	1
Which operation in mechanized sugarcane harvesting is most critical for soil compaction?	1,6
Analysis of Telematics Data of Combine Harvesters and Evaluation of Potential to Reduce Environmental Pollution	2
The use of telematics systems to optimize the operation of agricultural machinery	2,6
Precision Agriculture in the Digital Era: Recent Adoption on U.S. Farms	2,3,6

The economic impacts of the rural credit: An analysis of the Brazilian National Family Farming Strengthening Program by biome	3,6
The impacts of credit for agricultural investment in Brazil	3,6
Family farming in Brazil: inequalities in credit access	3,6
Draft case study: Assessing the implementation of Brazil's Plano Safra on just transitions in the agricultural sector	3,5
Rural investment: BNDES credit contributes to agricultural intensification	3,4
Private agricultural R&D and innovation in Brazil, China and India	4
Brazilian Regulatory Standards – NR 12 (maquinaria) e NR 31 (rural)	5
Brazilian sugarcane agro industry human resources' management practices	5,6
Smart agriculture and digital twins: applications and perspectives	6
Enhancing smart farming through IoT/AI (survey)	2,4
A case study of autonomous farm equipment and creating public trust	2,4
A evolução das tecnologias agrícolas do setor sucroenergético	5,6
Análise da produtividade agrícola em regiões de novas expansões canavieiras	1,2,4,6
Development of mechanical equipment for transplanting sugarcane (<i>Saccharum</i> spp. hybrids) sprouts	1,3,6
Advancements of agriculture 4.0 in mechanized sugarcane harvesting: a review	1,2,3,4
Continuous and Impact Cutting in Mechanized Sugarcane Harvest: Quality, Losses and Impurities	1,4,6
Incentives for mechanized cane harvesting in Thailand: A choice experiment	1,2,4,6
Impactos da mecanização na produtividade agrícola agregada da cana-de-açúcar no estado de São Paulo de 2007 a 2013	2,4,6
Critical review of the technological evolution of the sugarcane harvest in Argentina	1,3,5
Environmental impacts of mechanization in Brazil's sugar and ethanol industry: The cutting, loading, and transportation process case	1,3,4,5,6
Challenges of Digital Solutions in Sugarcane Crop Production: A Review	1,3,4,5,6

Fonte: Realizado pelo autor.

Por fim, é obtida uma relação positiva entre os artigos e os fatores. A Tabela 5 releva a quantidade de vezes que um fator foi encontrado e o percentual sobre o total dos trabalhos lidos. Os fatores 4 e 6 que são respectivamente o investimento em P&D e infraestrutura e as normas para introdução no mercado foram os mais representados, sendo que tratam de duas esferas complementares. A primeira tange principalmente tudo que envolve manutenções e acompanhamentos tanto de telemetria quanto nas oficinas em relação a estruturação necessária. Já a segunda, a necessária mão de obra especializada, o que é um problema da ordem geográfica, salários e a atuação situação dos mercados de commodities.

Tabela 5. Fatores e suas aparições nos trabalhos O.I. - 2

Parâmetro	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5	Fator 6
Nº artigos	10	9	12	11	10	13
% do total	45,50%	40,90%	54,50%	59,10%	45,50%	59,10%

Fonte: elaborado pelo autor.

Já os demais fatores 1, 2 e 3 obtiveram um valor médio, porém todos relacionados a fatores econômicos diretos. Os dois primeiros, custo de aquisição de máquinas e de telemetria possuem alta relação, e ditam como esse mercado é oneroso apesar do retorno envolvido com suas aquisições. O terceiro é exatamente o que tange a disponibilidade de crédito a produtores, o qual é possível notar grandes diferenças a partir da capacidade de produção de pequenos, médios e grandes produtores.

Já o fator 5 que trata sobre as normas de introdução do mercado também aparece em muitos trabalhos e é um fator importante para os autores. Alves e Barbosa (2016) e Mahasuweerachai, e Suksawat (2022) tratam sobre os incentivos para a mecanização e como os governos possam abordar fatores que afastem tais dinâmicas de mudança. Apesar de tratar da esfera institucional, é uma questão que impacta diversas outras camadas como a social, a ambiental e claramente a produtividade do setor.

4.2.3 FC do desenvolvimento de sistemas integrados de manejo

A O.I. 3 avalia a questão de sistemas integrados de manejo, ou seja, a aplicação de tecnologia e técnicas que visam a otimização de processos no complexo todo de produção. No segundo capítulo deste trabalho foi apresentado como a evolução dos sistemas impactou a realidade de produção, uma vez das inovações e evolução do conhecimento agrônomo e necessidades ambientais e sociais. A base dessa evolução se dá sobre pilares distintos a depender do momento histórico, e o atual momento mostra a necessidade de atuações em diferentes esferas.

Para essa OI a *string* utilizada foi a {"sugarcane" OR "Saccharum"} AND {"integrated management"} *contained in title, abstract or Keywords*". Para a web of Science, o resultado foi de artigos 557 e para as scopus 70 trabalhos. Desses 38 são duplicados e 500 artigos retirados pela leitura dos títulos e/ou abstract. A eliminação foi amplamente por conta de termos ligados a novos microrganismos ou moléculas para o controle específico de algum fator como doenças ou controle de daninhas. Dos 89 finais, todos foram lidos e elegidos 11 (Quadro 13).

Os resultados são apresentados detalhadamente pelo anexo E. Com posse dos trabalhos, parte-se para a análise de conteúdo e suas etapas. Como unidade de análise foi utilizado "Sistemas integrados de manejo e a perspectiva de realização" o qual busca englobar todos os prós e contra num cenário de produção o efeito de implementação de novas técnicas e suas limitações. Foram lidos os trabalhos e enxergado como a visão é bastante convergente sobre os pontos que são chamados de fatores. A questão analisada aqui foi "Quais as necessidades e

perspectivas para utilizar e ampliar o uso de sistemas integrados de manejo?”. O modo de condução da análise foi o mesmo e explicado nas O.Is. anteriores e os resultados apresentados no Quadro 14.

Quadro 13 – Revisão Sistemática pelo método PRISMA O.I. 3

Primeira Fase	PRISMA	
Identificação do material	Fonte de dados	Scopus e Web of science
	String utilizada	= {{“sugarcane” OR “Saccharum”} AND {“integrated mangement”}}
	Data da análise	01/01/2013 a 31/08/2025
	Artigos Base	2 artigos utilizado como fonte inicial
	Resultado	627 artigos encontrados pela pesquisa
Triagem	Duplicados	38 artigos duplicados
	Pelo Título / Resumo	500 artigos excluídos
	Resultado	89 artigos
Eligibilidade	Leitura completa / parcial	89 artigos
	Relação com o tema	29 artigos
	Resultado	11 artigos

Fonte: Adaptado de Cazeri et al., (2022) com dados de Scopus e Web of Science.

A análise da literatura evidencia que os sistemas integrados de manejo na cana-de-açúcar apresentam-se como um campo de inovação estratégica, sobretudo diante das pressões climáticas, fitossanitárias e regulatórias. Trabalhos como o de Dinardo-Miranda et al. (2019), ao explorarem o manejo integrado de pragas em canaviais brasileiros, demonstram a relevância de estratégias baseadas em monitoramento contínuo e na combinação de técnicas biológicas e químicas. Tais abordagens reforçam a importância da curva de aprendizagem dos produtores, uma vez que a adoção de práticas integradas depende de capacitação técnica consistente.

Outro ponto recorrente nos estudos refere-se à infraestrutura necessária para a implementação de sistemas integrados. Lowenberg-DeBoer et al. (2020) destacam que a adoção da agricultura de precisão e das ferramentas digitais em propriedades agrícolas demanda investimentos em equipamentos, conectividade e plataformas de gestão, criando barreiras adicionais para pequenos produtores. Esse cenário se confirma também em revisões amplas, como a de Msomba et al. (2024), que apontam que a sustentabilidade da cana frente às mudanças climáticas dependerá não apenas de novas tecnologias, mas da capacidade de integração entre infraestrutura física (energia, conectividade) e inovação biológica.

Quadro 14 – Análise de Conteúdo da O.I. Tecnologias embarcadas em máquinas agrícolas.

Segunda Fase	Análise de conteúdo	
Fase I Preparação	unidade de análise:	Sistemas integrados de manejo e a perspectiva de realização
	Pergunta:	Quais as necessidades e perspectivas para utilizar e ampliar o uso de sistemas integrados de manejo?
Fase II Organização	Codificação aberta	
	Folhas de codificação	
	Agrupamento	
	Categorização	8 categorias
	Abstração	5 variáveis
Terceira Fase	Modelagem	
Relatório de resultados	Modelo e variáveis encontradas	5 Fatores críticos
	Discussão dos resultados	Concluída

Fonte: Adaptado de Cazeri et al., (2022) com dados de Scopus e Web of Science.

A necessidade de mão de obra especializada é outro fator fortemente ressaltado. Souza et al. (2017) evidenciam como a mecanização e os sistemas integrados de manejo modificam a dinâmica do trabalho agrícola, exigindo operadores mais qualificados e técnicos especializados para interpretar dados oriundos de sensores e sistemas digitais. Essa constatação é reforçada por Rao et al. (2020), ao demonstrarem que o manejo integrado de nutrientes em cana só se traduz em ganhos produtivos e de qualidade quando associado a conhecimentos técnicos adequados para a aplicação de fertilizantes minerais, orgânicos e biológicos.

Por fim, os trabalhos também revelam que os desafios regulatórios e normativos constituem barreiras importantes para a adoção de sistemas integrados. Singh et al. (2024), em estudo sobre regulamentação do manejo integrado de pragas, apontam que a ausência de normas claras e o excesso de burocracia podem atrasar a implementação de estratégias mais sustentáveis. Na mesma linha, o artigo de Carvalho et al. (2018) sobre normas técnicas em sistemas integrados no Brasil mostra que marcos regulatórios bem estruturados podem acelerar a difusão de práticas inovadoras.

Esse alinhamento entre pesquisa e prática demonstra que a inovação nesse campo não depende de uma única tecnologia, mas da integração sistêmica entre conhecimento, infraestrutura, regulação e capital humano. Tal condução para analisar o conjunto pertencente

a classe do SSI foi ligada a questão principal envolvendo cada variável. Segue então a lista e análise transcrita pelo Quadro 15.

Quadro 15 – Resultado da Análise de conteúdo O.I. 3 – Variáveis e seus conjuntos SSI

Fator	ID O.I.	Conjunto	Descrição do FC
FC 1	O.I. 3	Organizacional	Curva de aprendizagem dos produtores
FC 2	O.I. 3	Organizacional	Necessidade de infraestrutura na fazenda
FC 3	O.I. 3	Organizacional	Necessidade de mão de obra especializada
FC 4	O.I. 3	Político	Dificuldade regulatória e normas técnicas
FC 5	O.I. 3	Econômica	Energia elétrica e internet

Fonte: Elaborado pelo autor.

A seguir então, a Tabela 6 estabelece a relação entre os artigos e os fatores.

Tabela 6 – Relacionamento artigo e fator condicionante O.I.-3

Artigo	Fator
Integrated pest management in sugarcane: a case study from Brazil	2,4,5
Infrastructure needs for precision agriculture adoption	1,2
Labour requirements in mechanized sugarcane systems	1,2, 5
Regulatory challenges in integrated pest management	1,3
Technical norms for integrated crop-livestock systems in Brazil	3, 4
ICT adoption in rural Brazil: implications for integrated management	1,2,5
The role of training in integrated pest management adoption	1,3,4
Digital infrastructure and agricultural regulation in Latin America	1, 2, 3, 4, 5
Farmers' learning and innovation in integrated soil fertility management	2, 3, 4
Improving nitrogen use efficiency in sugarcane: current status and future perspectives	1,3,4
Big Data e agricultura de precisão: integração de dados e impactos na produtividade agrícola	1,2,3,4

Fonte: Realizado pelo autor.

Por fim, é obtido uma relação positiva entre os artigos e os fatores. A Tabela 7 abaixo releva a quantidade de vezes que um fator foi encontrado e o percentual sobre o total dos trabalhos lidos. O fator 1 que é a curva e aprendizagem foi o de maior percentual, encontrado em mais de 70% dos trabalhos. Esse fator foi avaliado na maioria dos trabalhos uma vez da perspectiva de toda pontuação condizente a necessidade de melhorias, avanços e então implantação para os resultados.

Tabela 7. Fatores e suas aparições nos trabalhos

Parâmetro	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5
Nº artigos	8	7	7	7	4
% do total	72,2%	63,63%	63,63%	63,63%	36,36%

Fonte: elaborado pelo autor.

Os demais fatores, 2, 3 e 4 obtiveram um valor na faixa de 60% dos trabalhos, relevando grande aderência entre as análises, já o fator 5 revelou o menor índice. Os fatores 2 e 5, infraestruturas e necessidade de internet e luz foram separadas, porém apresentam semelhanças em questões operacionais e técnicas. Já o terceiro fator relacionado a mão de obra também teve alta consistência, uma vez da necessidade lógica operacional que surge e pôr fim a quarta que é a regulamentação, principalmente associado a fatores que utilizam produtos entre outros.

4.2.4 *FC do desenvolvimento e distribuição de mudas e biotecnologia*

A O.I. 4 trata da propagação biotecnológica e das novas estratégias de multiplicação de mudas, configurando-se como uma oportunidade de inovação voltada à aceleração da difusão varietal, ao aumento da uniformidade dos canaviais e ao fortalecimento da qualidade fitossanitária do material de plantio. No Capítulo 2, demonstrou-se como a evolução das técnicas de cultura de tecidos, clonagem e engenharia genética vem transformando o sistema produtivo da cana-de-açúcar, permitindo ampliar a base genética disponível, reduzir o ciclo de desenvolvimento de novas cultivares e incorporar características agrônômicas mais resilientes às mudanças climáticas e às pressões de mercado.

Essa transformação repousa sobre três pilares centrais: (i) biotecnologia aplicada ao melhoramento genético, como edição gênica e transformação estável; (ii) multiplicação rápida e sanitariamente segura de mudas, incluindo meristema, cultivo *in vitro* e embriogênese somática; e (iii) infraestrutura técnica e regulatória, essencial para que essas tecnologias se difundam no setor produtivo. A literatura recente demonstra que a biotecnologia deixou de ser um conjunto de ferramentas restrito ao ambiente laboratorial, consolidando-se como um elemento estratégico para competitividade, sobretudo na integração entre pesquisa pública e programas privados de inovação (Cheavegatti-Gianotto et al., 2011; Lu et al., 2024; Meena et al., 2022; Budeguer et al., 2023).

Para iniciar a busca pelos trabalhos que abordam essa oportunidade e seus condicionantes, foram então realizadas leituras preliminares que permitiram identificar pontos de convergência entre engenharia genética, micropropagação e inovação tecnológica no cultivo

da cana-de-açúcar. A string de busca utilizada foi $\{\{“sugarcane” OR “Saccharum”\} AND \{“biotechnology”\} contained in title, abstract or keywords.$

Quadro 16 – Revisão Sistemática pelo método PRISMA O.I. 4

Primeira Fase	PRISMA	
Identificação do material	Fonte de dados	Scopus e Web of science
	String utilizada	= $\{\{“sugarcane” OR “Saccharum”\} AND \{“biotechnology”\}$
	Data da análise	01/01/2013 a 31/08/2025
	Artigos Base	3 artigos utilizado como fonte inicial
	Resultado	803 artigos encontrados pela pesquisa
Triagem	Duplicados	57 artigos duplicados
	Pelo Título / Resumo	634 artigos excluídos
	Resultado	112 artigos
Eligibilidade	Leitura completa / parcial	112 artigos
	Relação com o tema	48 artigos
	Resultado	19 artigos

Fonte: Adaptado de Cazeri et al., (2022) com dados de Scopus e Web of Science.

Nas bases de dados Scopus, o resultado inicial foi de 486 artigos e na Web of Science e 317. Foram eliminados 57 duplicados e mais 634 trabalhos durante a triagem por título e resumo, sobretudo por tratarem de aspectos moleculares isolados, novas enzimas ou análises específicas sem conexão com a difusão tecnológica e produtiva.

Após a etapa de elegibilidade e leitura parcial, 112 artigos foram considerados alinhados ao escopo da oportunidade, 48 com relação ao tema e 19 selecionados para análise final, conforme apresentado no Quadro 16, representando publicações de alto impacto que abordam o uso de biotecnologia, clonagem e engenharia genética aplicadas à cana-de-açúcar sob uma perspectiva de inovação e difusão tecnológica.

Por fim, os resultados desses estão elencados pelo Anexo F. Essa OI apresentou o maior complexo de trabalhos para a leitura completa, uma vez que o título e resumo foram insuficientes para desclassificação, mostrando-se um tema recente, e ainda com parciais relevantes em diversos setores. Com a posse dos trabalhos, parte-se para a análise de conteúdo e suas respectivas etapas. Como unidade de análise, foi utilizado o tema “Propagação biotecnológica e multiplicação de cana-de-açúcar”, o qual busca englobar os aspectos técnicos,

econômicos e regulatórios que influenciam a adoção e expansão dessas tecnologias no setor produtivo.

Foram lidos todos os artigos selecionados e observou-se que a visão dos autores é amplamente convergente quanto aos principais pontos que se consolidam como fatores condicionantes dessa oportunidade de inovação. A questão central analisada aqui foi “Quais são as necessidades e perspectivas para ampliar o uso da biotecnologia e das técnicas de propagação clonal na formação de canaviais?”

Quadro 17 – Análise de Conteúdo da O.I. 4.

Segunda Fase	Análise de conteúdo	
Fase I Preparação	unidade de análise:	Propagação biotecnológica e multiplicação de cana-de-açúcar
	Pergunta:	Quais são as necessidades e perspectivas para ampliar o uso da biotecnologia e das técnicas de propagação clonal na formação de canaviais?”
Fase II Organização	Codificação aberta	
	Folhas de codificação	
	Agrupamento	
	Categorização	12 categorias
	Abstração	8 variáveis
Terceira Fase	Modelagem	
Relatório de resultados	Modelo e variáveis encontradas	7 Fatores críticos
	Discussão dos resultados	Concluída

Fonte: Adaptado de Cazeri et al., (2022) com dados de Scopus e Web of Science.

O modo de condução da análise manteve os mesmos critérios metodológicos empregados nas demais O.I.s, envolvendo a leitura integral ou parcial dos artigos selecionados, a codificação sistemática das informações relevantes e o agrupamento por fatores temáticos previamente definidos. Os resultados organizados no Quadro 17 sintetizam as etapas da análise de conteúdo e expressam os achados centrais da revisão sistemática.

A literatura examinada revela convergência significativa quanto ao papel estratégico da biotecnologia na renovação e qualificação dos canaviais. Protocolos avançados de cultura de tecidos e micropropagação continuam sendo apontados como ferramentas essenciais para a produção de mudas livres de patógenos e com elevada uniformidade fisiológica, viabilizando viveiros mais eficientes e escaláveis (Kaur e Sandhu, 2015; Castillo et al., 2024). A eliminação

de contaminantes, aliada ao controle rigoroso das etapas regenerativas, reforça o potencial dessas técnicas na redução de riscos fitossanitários e na aceleração da difusão varietal em larga escala.

No campo genético, observa-se forte evolução na integração entre biotecnologia, genômica funcional e engenharia genética. Trabalhos recentes evidenciam avanços consistentes na compreensão e manipulação de mecanismos de tolerância a estresses abióticos e bióticos, permitindo o desenvolvimento de variedades mais resilientes, produtivas e adaptadas a cenários climáticos adversos (Mahadevaiah et al., 2020; Brant et al., 2025). A expansão de ferramentas como edição gênica, RNAi e tecnologias de transformação mais precisas consolidam um novo paradigma de melhoramento, ampliando a capacidade de resposta do setor a demandas agronômicas emergentes (Gangadhar et al., 2021; Lu et al., 2024).

Em paralelo, a engenharia genética aplicada à bioenergia também apresenta resultados promissores. A modificação de vias metabólicas relacionadas à composição da sacarose, fibras e compostos bioativos indica potencial para geração de cultivares orientadas tanto à produção de açúcar quanto à bioenergia, fortalecendo a competitividade da cana em diferentes mercados (Cheavegatti-Gianotto et al., 2018).

Sob a perspectiva institucional e regulatória, a literatura reforça que o ambiente de biossegurança e os marcos legais são elementos determinantes para a difusão massiva dessas tecnologias (Vieira et al., 2021; Furtado, Scandiffio & Cortez, 2011). Estudos mostram que normas claras, articulação entre instituições de pesquisa e mecanismos de incentivo à inovação são condições obrigatórias para que o avanço biotecnológico se traduza em adoção efetiva no campo.

Outro ponto crucial identificado nas publicações é que a aceitação pública e a percepção social sobre organismos geneticamente modificados continuam atuando como condicionantes relevantes, influenciando o ritmo de expansão e a legitimidade do uso de biotecnologia na agricultura (Lajolo et al., 2021). Tais evidências reforçam que os desafios da O.I. 4 vão além do domínio técnico-científico e envolvem comunicação, governança e articulação setorial.

Em síntese, o conjunto dos estudos analisados demonstra que a adoção de técnicas avançadas de propagação e engenharia genética é resultante da interação entre fatores econômicos, tecnológicos, políticos e socioculturais. A complementaridade desses fatores evidencia que a inovação na propagação biotecnológica da cana-de-açúcar depende de integração sistêmica entre ciência, infraestrutura, ambiente regulatório e percepção pública —

condições essenciais para consolidar a próxima geração de viveiros biotecnológicos e programas de multiplicação varietal em escala comercial.

Esse alinhamento entre pesquisa e prática demonstra que a inovação nesse campo não depende de uma única tecnologia, mas da integração sistêmica entre conhecimento, infraestrutura, regulação e capital humano. Assim, é possível então alinhar os fatores com as classes do SSI. Tal condução para analisar o conjunto pertencente a classe do SSI foi ligada a questão principal envolvendo cada variável. Segue então a lista e análise transcrita pelo Quadro 18.

Quadro 18 – Resultado da Análise de conteúdo O.I. 4 – Variáveis e seus conjuntos SSI

Fator	ID O.I.	Conjunto	Descrição do FC
FC 1	O.I. 4	Econômica	Investimento em P&D pelas empresas produtoras
FC 2	O.I. 4	Econômica	Custo de desenvolvimento
FC 3	O.I. 4	Tecnológica	Curva de aprendizagem
FC 4	O.I. 4	Tecnológica	Necessidade de mão de obra especializada pelos produtores
FC 5	O.I. 4	Política	Dificuldade de regulamentação
FC 6	O.I. 4	Externa	Necessidade de difusão da informação
FC 7	O.I. 4	Externa	Efeito clonagem e aceitação dos consumidores

Fonte: Elaborado pelo autor.

A seguir então, a Tabela 8 estabelece a relação entre os artigos e os fatores.

Tabela 8 – Relacionamento artigo e fator condicionante O.I.-4

Artigo	Fator
Sugarcane breeding: a fantastic past and promising future driven by technology and methods	1, 2, 4, 5, 6
Genetic Transformation of Sugarcane: Current Status and Future Prospects	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7
Recent advances in sugarcane genomics, physiology, and phenomics for superior agronomic traits	1, 2, 3, 4, 6
Genetic improvement of sugarcane for bioenergy: the Brazilian experience in network research with RIDESA	1, 3, 4, 6
SUGARCANE BIOTECHNOLOGY – Emerging Trends	1, 2, 3, 4, 5, 6
Sugar derived from genetically modified sugarcane	2, 5, 7
Lack of detection of Bt sugarcane Cry1Ab and NPTII DNA and proteins in sugarcane-derived products	1, 2, 5
Consumer Perception of Genetically Modified Organisms and Sources of Information	3, 5, 6, 7
Regulatory framework of genome editing in Brazil and worldwide	5, 6
The Brazilian sugarcane innovation system	1, 4, 6
Genomic selection in sugarcane: current status and future prospects	1, 3, 4
RNAi and genome editing of sugarcane: progress and prospects	1, 3, 4, 5
Biotechnological developments in sugarcane improvement.	1, 2, 5, 7

High-throughput in vitro micropropagation of sugarcane: cost analysis for agri-business industry	2, 3, 4, 6
Breeding sugarcane for continuous improvement in yield and resistance	1, 3, 4
Genome editing and genetic engineering in sugarcane: current applications and future prospects	1, 3, 4, 5
Temporary Immersion Bioreactors for Sugarcane Micropropagation: Improved Multiplication Rate and Rooting	2, 3, 4, 6
Modern Biotechnologies: Innovative and Sustainable Approaches for the Improvement of Sugarcane Tolerance to Environmental Stresses	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7
Biosafety regulation and governance of agricultural biotechnology in Latin America	1, 2, 4, 5, 6

Fonte: Elaborado pelo autor.

Por fim, é obtido uma relação positiva entre os artigos e os fatores. Entre todas as unidades avaliadas, os fatores da O.I.4 foram os mais representativos em quase todos os trabalhos selecionados. Isso mostra um tema alinhado entre os pesquisadores, o que da robustez na análise e nos fatores selecionados (Tabela 9).

Tabela 9. Fatores e suas aparições nos trabalhos

Parâmetro	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5	Fator 6	Fator 7
Nº artigos	14	11	12	14	12	12	5
% do total	73,7%	57,9%	63,2%	73,7%	63,2%	63,2%	26,3%

Fonte: elaborado pelo autor.

Diferente das outras análises, para essa oportunidade os fatores parecem complementares. Os níveis acima de 70% para todos mostra a dependência entre o que foi classificado, uma vez que os fatores são analisados nesse volume. Apenas o fator 7 que é o fator do efeito clonagem para consumidores que não foi alto percentual, indicando que não é um tema ainda muito discutido para a cana-de-açúcar. Ou seja, num tema que tem o atento atual sobre os avanços mais citados, a importância aqui se torna complexa e necessária de análise.

4.3 AVALIAÇÃO DOS FATORES CONDICIONANTES DAS OPORTUNIDADES DE INOVAÇÃO: UMA ABORDAGEM MULTICRITÉRIO

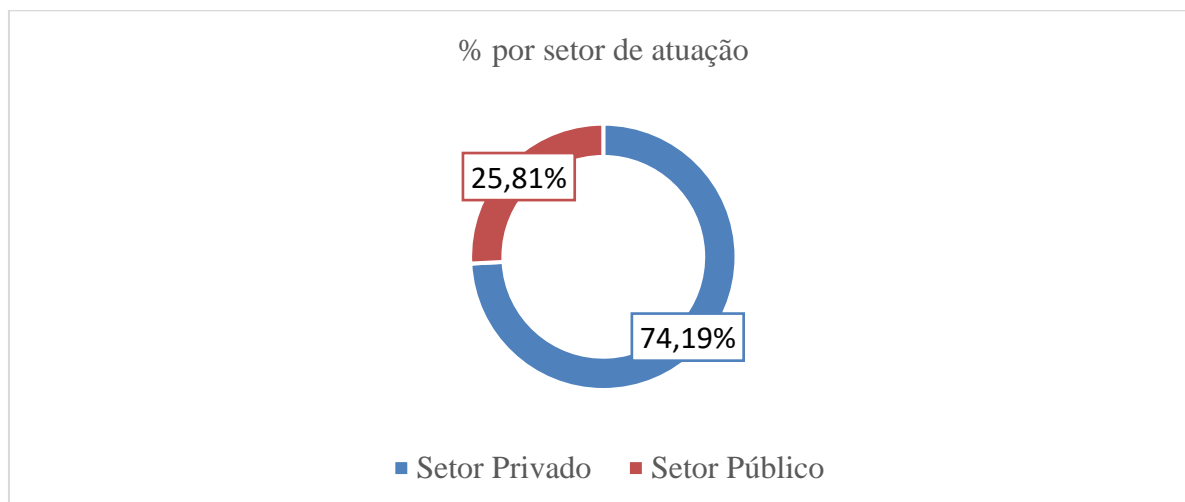
4.3.1 Survey: análise dos especialistas

Com as variáveis selecionadas e o plano de estruturação da *survey* estabelecido, foi realizada a parte prática de construção do formulário. Por meio do aplicativo Microsoft Forms foi construído o questionário, que possuía um total de vinte e nove questões.

O formulário foi elaborado entre os dias 05/03/2025 e 10/03/2025, e o envio aos especialistas a partir do dia 20/03/2025. A meta de vinte e sete respostas foi alcançada em 31/07/2025, e a pesquisa foi encerrada no dia 15/08/2025, com trinta e uma respostas.

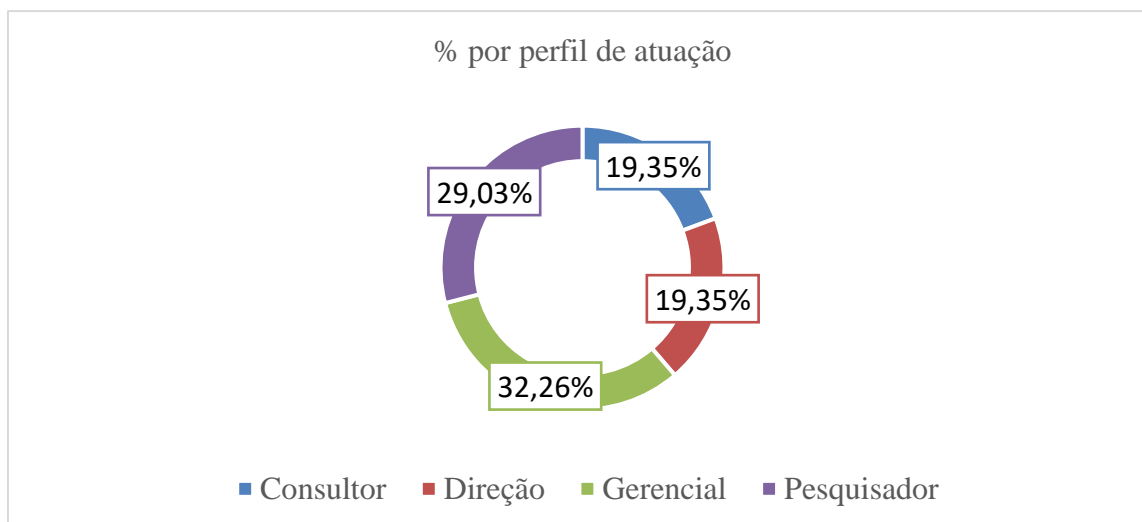
No que se refere a atuação profissional dos especialistas respondentes, verificou-se que 74% deles atuavam no setor privado e 26% no setor público (Figura 7).

Figura 7 – Especialistas respondentes – setor de atuação



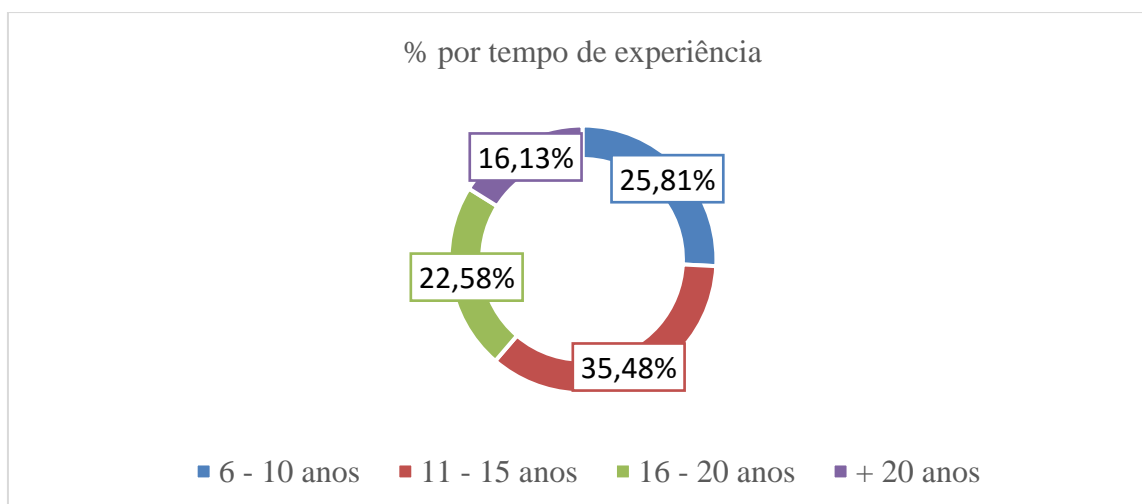
Fonte: Elaborado pelo autor.

Em relação ao perfil de atuação (Figura 8), as classes mais representadas foram as de gerentes e pesquisadores, respectivamente. No entanto, nota-se certo equilíbrio entre as quatro classes propostas, incluindo consultores e diretores. A distribuição dos especialistas entre os setores público e privado também reforça a diversidade e a representatividade do painel consultado. Conforme ilustrado na Figura, aproximadamente 74,19% dos respondentes atuam no setor privado, enquanto 25,81% pertencem ao setor público. Essa assimetria é coerente com a estrutura do próprio setor sucroenergético brasileiro, no qual a maior parte das decisões operacionais, investimentos em tecnologia e estratégias de inovação emergem de agentes privados. Ainda assim, a presença significativa de pesquisadores e técnicos do setor público garante o equilíbrio necessário entre perspectivas científicas, regulatórias e de políticas públicas, contribuindo para uma análise mais abrangente sobre as oportunidades e barreiras à inovação agrícola no contexto da cana-de-açúcar.

Figura 8 – Especialistas respondentes – perfil de atuação

Fonte: Elaborado pelo autor.

O tempo de experiência dos respondentes também apresentou certo equilíbrio entre as quatro categorias citadas (Figura 9). O maior resultado foi o de 11-15 anos (35%) e o menor foi de + 20 (16%). Tal distribuição revela que o quadro de especialistas apresenta média superior a dez anos de atuação.

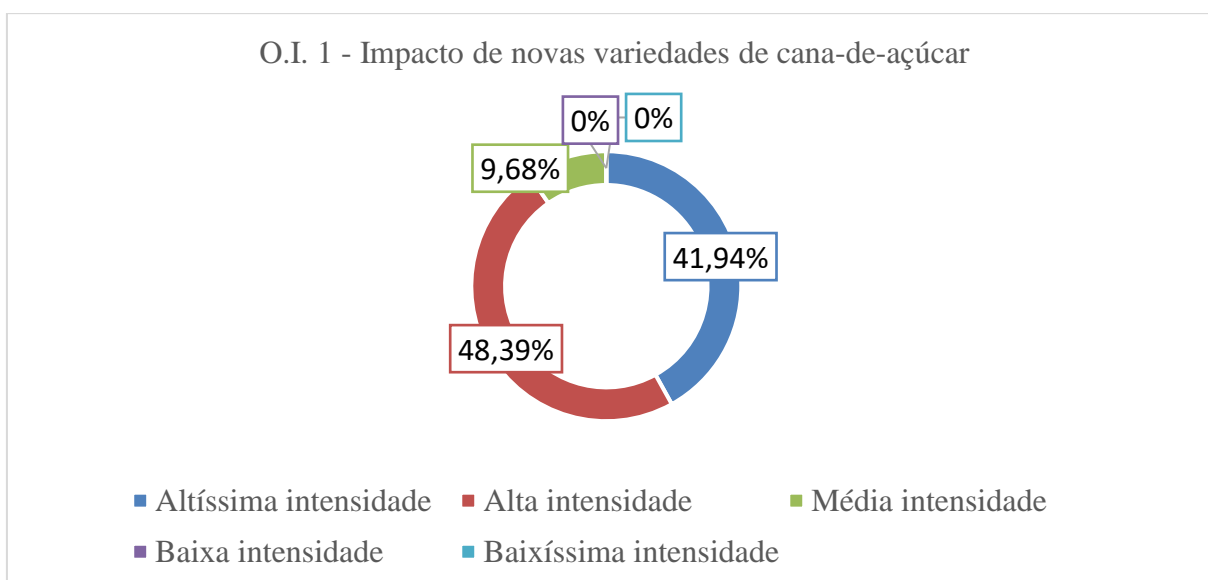
Figura 9 – Especialistas respondentes – tempo de experiência

Fonte: Elaborado pelo autor.

A distribuição dos escores (Figura 10) apresentados na O.I.1 revela um alinhamento quase consensual entre os especialistas quanto ao alto potencial transformador associado ao desenvolvimento e à adoção de novas variedades de cana-de-açúcar no setor sucroenergético. Observa-se que mais de 90% das respostas concentram-se nas categorias de altíssima

intensidade (41,94%) e alta intensidade (48,39%), enquanto percepções de impacto moderado são residuais (9,68%) e não houve qualquer atribuição de baixa ou baixíssima intensidade. Esses resultados evidenciam que, sob a ótica do Sistema Setorial de Inovação (SSI), a genética vegetal continua sendo percebida como o vetor mais determinante para ganhos de competitividade, estabilidade produtiva e resiliência agroambiental. Ademais, o consenso expresso pela ausência de respostas de baixa intensidade reforça que, no contexto atual de estagnação produtiva e mudanças climáticas, o avanço varietal é percebido não apenas como oportunidade incremental, mas como condição estruturante para qualquer trajetória futura de inovação agrícola.

Figura 10 – Impacto da O.I.1 sobre a produtividade de cana-de-açúcar no Brasil



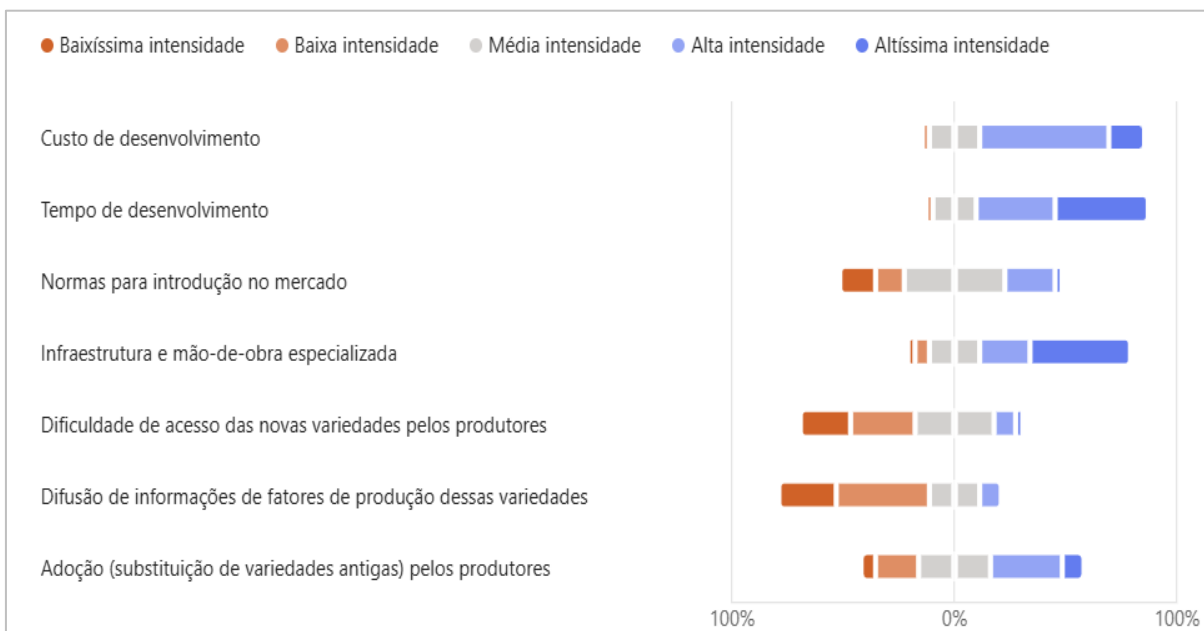
Fonte: Elaborado pelo autor.

Para a O.I.1 mais de 90% dos votos ficaram entre alto e altíssimo, revelando uma grande pressão da classe por novos materiais e seu efeito sobre a produção brasileira. Estudos de Landell et al. (2013) e Balsalobre et al. (2017) destacam que a renovação varietal está diretamente associada a ganhos de produtividade agrícola (TCH), incremento de ATR e maior tolerância a pragas, doenças e variabilidade climática. Os demais votos foram de médio impacto sendo que não foram votadas as classes baixa e baixíssima nessa OI. Dessa maneira, já é possível notar um interesse sobre as óticas públicas e privadas a importância de tal fator e seu relacionamento primário como decisivo.

Tendo em vista tal importância, se torna ainda mais relevante avaliar os fatores que os condicionam. Ou seja, avaliar quais são os pontos que influenciam a criação de novas

variedades e suas classes do sistema setorial de inovação, que foram apresentadas no capítulo 4.1 deste documento. A Figura 11 a seguir apresenta tais resultados dos especialistas.

Figura 11 – Intensidade dos fatores para a O.I. 1.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os resultados apresentaram divergências entre os fatores, o que começa a indicar que as classes a serem classificadas pelo método *fuzzy TOPSIS-Class* podem ser diferentes. É interessante notar que o fator “Adoção (substituição de variedades antigas) pelos produtores” apresentou significativa respostas em todas as alternativas de impacto, carregando então certa dúvida de que valor pode ser de fato tal classe numa visão simplória. Mão de obra mostrou-se um argumento forte entre os especialistas, o que mostra que o momento atual precisa ser levado em conta sobre fatores de conseguir profissionais qualificados para o desenvolvimento.

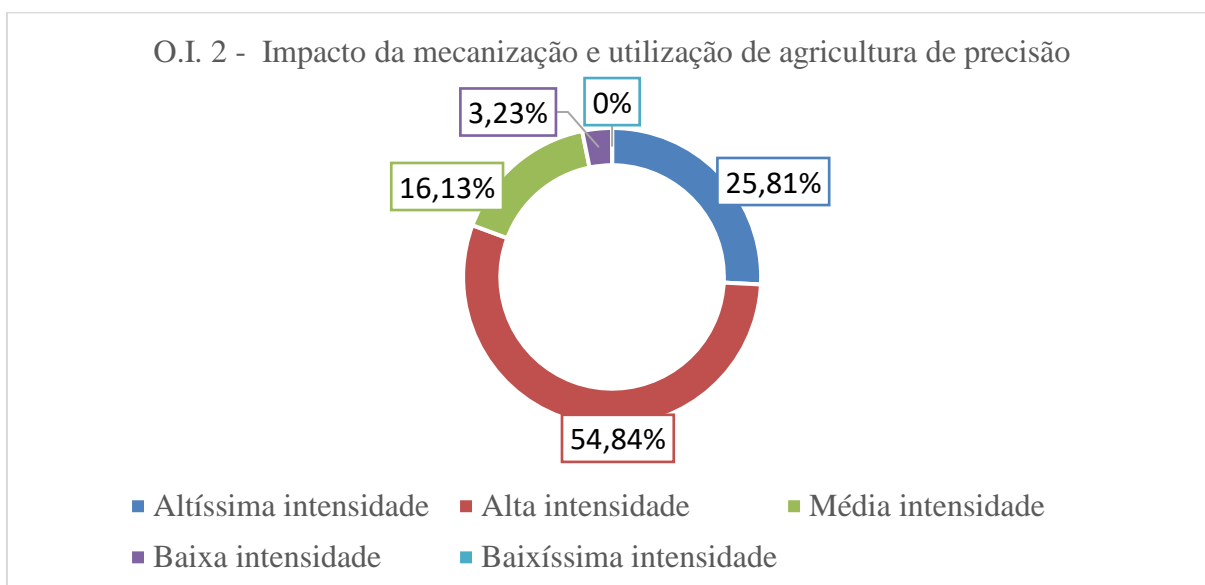
Pelos especialistas também ficou claro que estes consideram tempo e custo de desenvolvimento como fatores de alto impacto para a produção de novas variedades. Esses dois fatores estão correlacionados aos centros de desenvolvimento, o qual devem aportar destes para o sucesso de novos produtos varietais os quais dependem de momentos e estratégias. Em relação ao fator tempo especificadamente, é estimado cerca de doze anos entre o plano de criação e o lançamento no mercado, fato explicado pelo especialista do IAC Mauro Alexandre Xavier em reportagem a revista canaonline em 2021 (Amato, 2021).

Já os fatores “dificuldade de acesso” e “difusão de informações” se mostraram fatores menos impactantes para a criação de novas variedades. Apesar de ser conhecido e relatado por

Nyko et al. (2013), Landell et al. (2013) e Bernardo et al. (2019) que o uso de variedades antigas é uma barreira ainda relevante, os especialistas não julgaram que existam dificuldades de informação e acesso as novas variedades, o que leva a crer que a não substituição possa estar associada a crenças ou experiências próprias dos produtores.

Para a O.I.2 de inovação e seus impactos sobre a produtividade sucroalcooleira nacional, segue então as respostas. Pela Figura 12 a seguir nota-se que como a O.I.1, os maiores graus de impactos (alto e altíssimo) somam cerca de 80%, sendo os elegíveis pelos especialistas. O que diferencia da O.I.1 é o fato do surgimento de votos na intensidade baixa (3,23%), o que mostra diferentes aspectos que especialistas possam ter sobre uma determinada esfera e seu impacto sobre um objeto analisado.

Figura 12 – Impacto da O.I.2 sobre a produtividade de cana-de-açúcar no Brasil



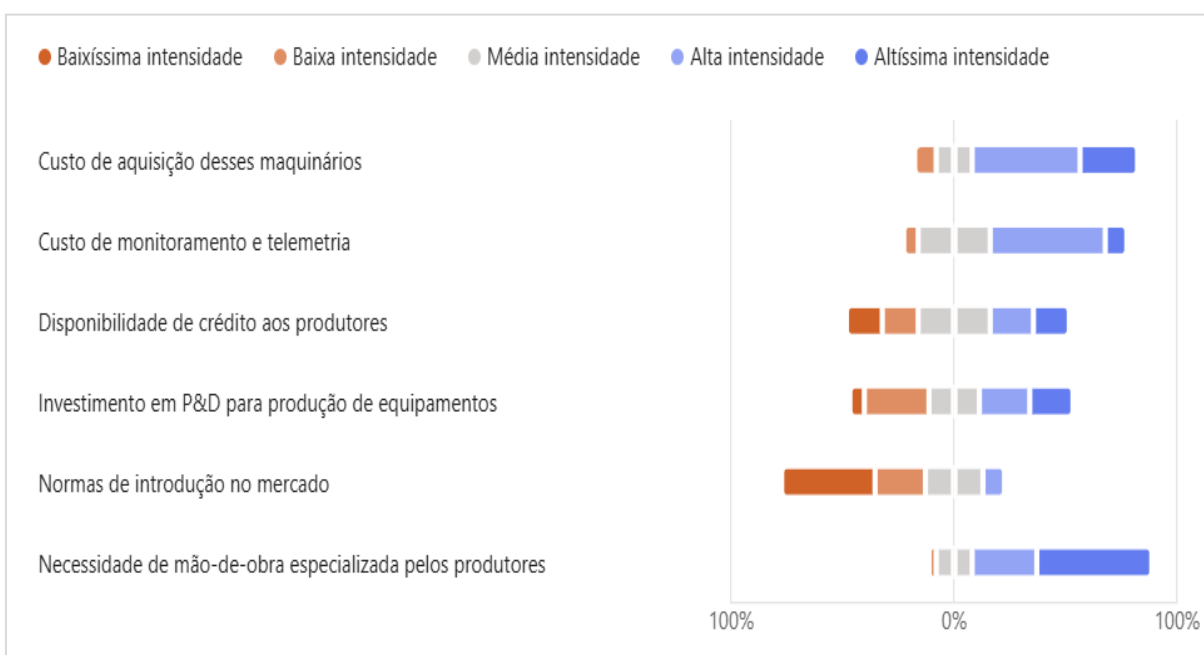
Fonte: Elaborado pelo autor.

Pelos resultados é possível notar então outra esfera importante para o sucesso produtivo da produção de cana-de-açúcar nacional, convergindo que, apesar de datado de 2013, o plano PAISS ainda faz sentido no ano atual desse trabalho. Máquinas e implementos de agricultura de precisão ganharam força em meados de 2015, quando as máquinas substituíram a colheita manual e penetraram de vez os campos agrícolas de cana-de-açúcar Brasil a fora. Além da colheita, a grande maioria das operações agrícolas conta já com tratores ou outros tipos de equipamentos que mecanizaram e trabalham associados a posicionamento geográfico, e por conta disso e da evolução constante que pode ser baseada a importância dada pelos especialistas.

A questão da precisão na agricultura ligada a produtividade está altamente associada aos parâmetros de pisoteamento, aplicação em 100% da área, volumes e doses corretas entre outros. Por conta dessa possibilidade atualmente o plantio tem espaçamento padrão na maioria da usina e produtores, e tratores e equipamentos moldados e montados a esses limites. A precisão de posicionamento chega a casa de centímetros, e auxiliam operadores e controladores a realizar o melhor processo operacional possível.

Essa O.I. possui seis fatores, e esses foram apresentados aos especialistas os quais deram os resultados apresentados pela Figura 13. Os fatores estão ligados a três classes do SSI, econômica, organizacional e externa, e variam entre fatores de aquisição, operacionais e normativos. Esses então buscaram compreender os fatores que afetam a utilização de máquinas e tecnologias de posicionamento no cultivo geral de cana-de-açúcar.

Figura 13 – Intensidade dos fatores para a O.I.2



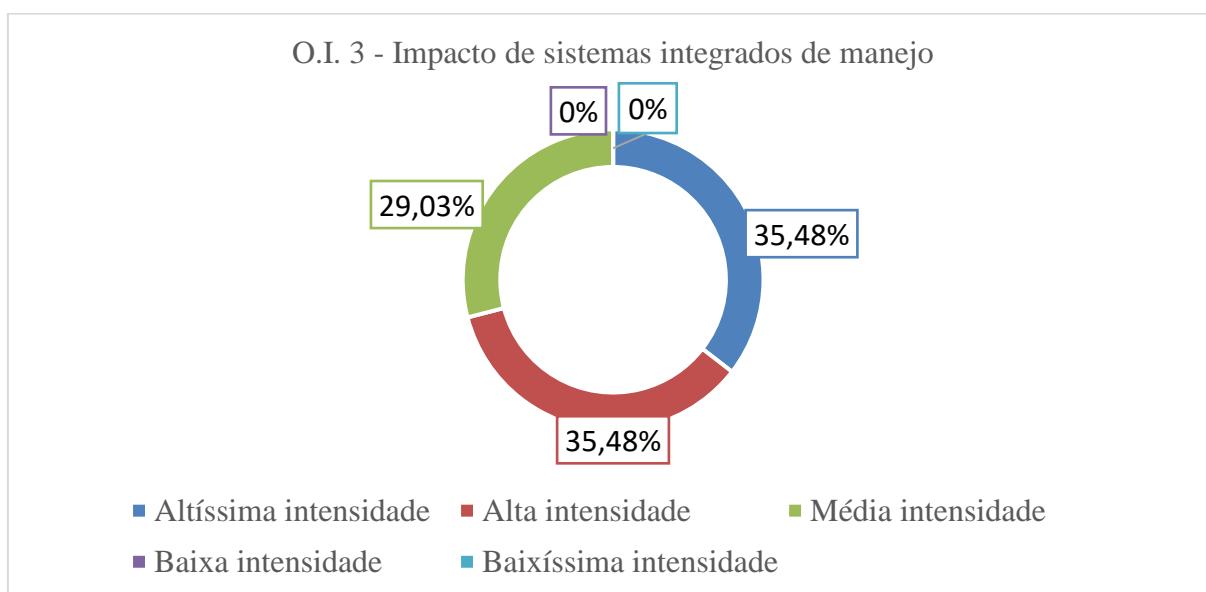
Fonte: Elaborado pelo autor.

Possivelmente por conta do alto investimento necessário, tanto na aquisição de novas máquinas, quanto para o controle de dados e posicionamento, os fatores ligados a esses custos possuíram as maiores notas de impacto, juntamente com a necessidade de mão de obra especializada. Esse último com alto índice de resposta com altíssimo impacto, o que representa o fator mais fator para os especialistas. Novamente fatores ligados a mão de obra se tornam peça-chave como na oportunidade anterior, o qual então nota-se já um ponto de alerta para o setor como um todo.

Disponibilidade de crédito aos produtores e investimentos para produção de equipamentos se tornaram fatores com notas em todas as categorias de impacto. Já normas de introdução não se tornou um fator impactante perante as respostas, com quase sua totalidade de votos entre baixíssima e baixa intensidade de impacto. Ou seja, o maior impacto ligado a questões de investimento, o qual as respostas também possam estar ligadas ao momento do setor, que encara preços em queda e uma margem muito apertada com as produções atuais.

Como é um investimento feito diretamente pelo grupo ou produtor, se torna uma questão que possa ter ligação aos planos atuais, o que é algo implícito das ideias de cada grupo. É por conta de fatores como esses ligados a investimento que a questão de peso na resposta dos especialistas se torna altamente importante, uma vez que se espera que quanto maior a experiência, maior a maturidade das decisões.

Figura 14 – Impacto da O.I.3 sobre a produtividade de cana-de-açúcar no Brasil.



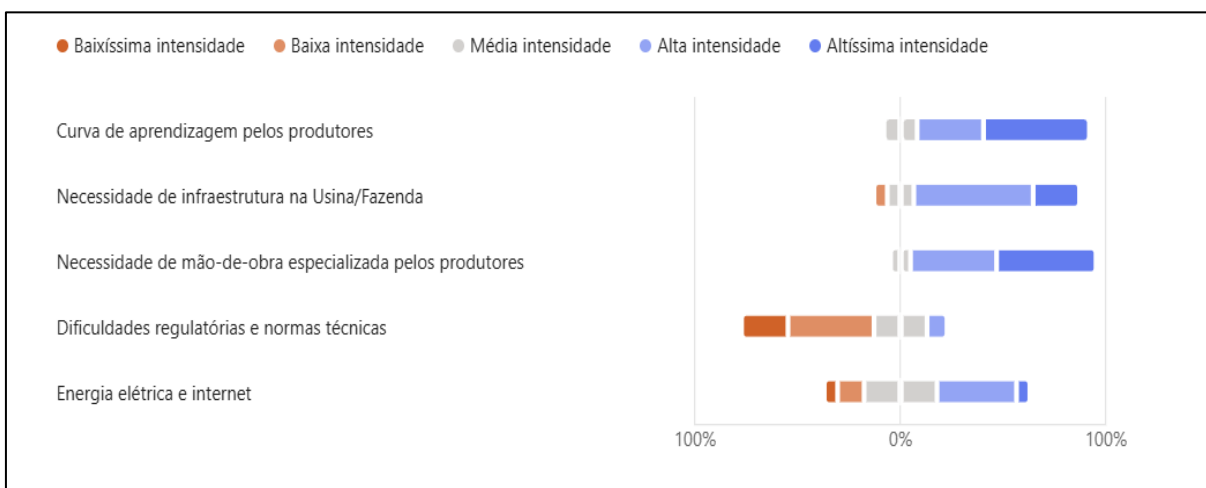
Fonte: Elaborado pelo autor.

A O.I.3 de inovação, voltada para a implantação de sistemas integrados de manejo em canaviais, apresentou resultados bastante expressivos nas avaliações dos especialistas. Pela Figura 14 observa-se que mais de 70% das respostas concentraram-se entre os níveis de impacto alto e altíssimo, reforçando a percepção de que a integração de práticas agrícolas, dados operacionais e ferramentas digitais tende a transformar de forma significativa o desempenho produtivo da cana-de-açúcar no Brasil. Esse alinhamento encontra respaldo em estudos que destacam a importância da agricultura digital e da integração de dados para aumentar a eficiência do manejo agrícola em culturas perenes (Basso; Antle, 2020; Pereira et al., 2021). No

entanto, sugerindo que, apesar do reconhecimento geral, ainda há divergências quanto ao grau de efetividade dos sistemas integrados de manejo no curto prazo, o grau médio teve grande relevância, com quase um terço indo para esse degrau de intensidade.

Esse resultado sugere que a adoção de sistemas integrados de manejo não é percebida de forma homogênea: para grupos mais estruturados, com acesso a tecnologias e equipes técnicas capacitadas, os ganhos tendem a ser imediatos; já para unidades produtivas menores, o custo de implantação e a complexidade de operação podem gerar dúvidas quanto ao retorno de curto prazo. Essa dualidade foi relatada por Molin et al. (2015), que identificaram diferenças marcantes na adoção de tecnologias de agricultura de precisão em função da escala de produção e da capacitação técnica disponível.

Figura 15 – Intensidade dos fatores para a O.I.3



Fonte: Elaborado pelo autor.

A consolidação dessa oportunidade é relevante sobretudo porque a produção canavieira nacional passa por um processo de transformação, em que a simples mecanização já não é suficiente. O diferencial competitivo agora está na capacidade de integrar informações sobre solo, clima, variedades, fertilidade, pragas e operações mecanizadas em um mesmo sistema de gestão (Torres et al., 2019). A interpretação dos especialistas converge para a ideia de que sistemas integrados podem reduzir desperdícios, ajustar doses de insumos com maior precisão e antecipar cenários de risco, elevando tanto a produtividade agrícola (TCH) quanto a eficiência industrial (ATR).

A O.I. 3 foi analisada a partir de cinco fatores-chave, classificados nas dimensões tecnológica, organizacional, política e externa. São eles: curva de aprendizagem dos produtores, necessidade de infraestrutura nas fazendas, disponibilidade de mão de obra especializada,

dificuldades regulatórias e normas técnicas, e acesso à energia elétrica e conectividade à internet. As respostas dos especialistas estão indicadas na Figura 15.

A curva de aprendizagem foi percebida pelos especialistas como fator de alta a altíssima intensidade de impacto, indicando que a adoção de tecnologias digitais em sistemas integrados ainda requer tempo e esforço para assimilação por parte dos produtores. Esse resultado converge com Basso e Antle (2020), que destacam que a agricultura digital depende de um processo de adaptação gradual, no qual a capacitação técnica e a cultura de gestão baseada em dados são essenciais para converter inovações em ganhos produtivos.

De forma semelhante, a necessidade de infraestrutura nas usinas e fazendas foi apontada como barreira crítica. Sistemas integrados demandam conectividade, softwares, sensores e equipamentos capazes de coletar, transmitir e processar dados em tempo real. A falta de estrutura básica compromete a viabilidade do processo, especialmente em regiões menos desenvolvidas. Estudos de Assis, Pereira e Silva (2020) reforçam essa percepção ao indicarem que a digitalização agrícola no Brasil enfrenta obstáculos estruturais, como baixa conectividade rural e limitações de investimento em tecnologia por parte dos produtores.

O fator de maior destaque foi a necessidade de mão de obra especializada, classificada majoritariamente como de altíssimo impacto. Esse resultado mostra que o gargalo central da inovação tecnológica no setor não está apenas na aquisição de sistemas, mas sobretudo na formação de profissionais capazes de interpretar indicadores agronômicos, manipular bases de dados e transformar informações em decisões estratégicas. Molin et al. (2015) e Pereira et al. (2021) reforçam que a carência de mão de obra capacitada é uma das principais limitações para a adoção plena da agricultura de precisão e das tecnologias digitais no campo.

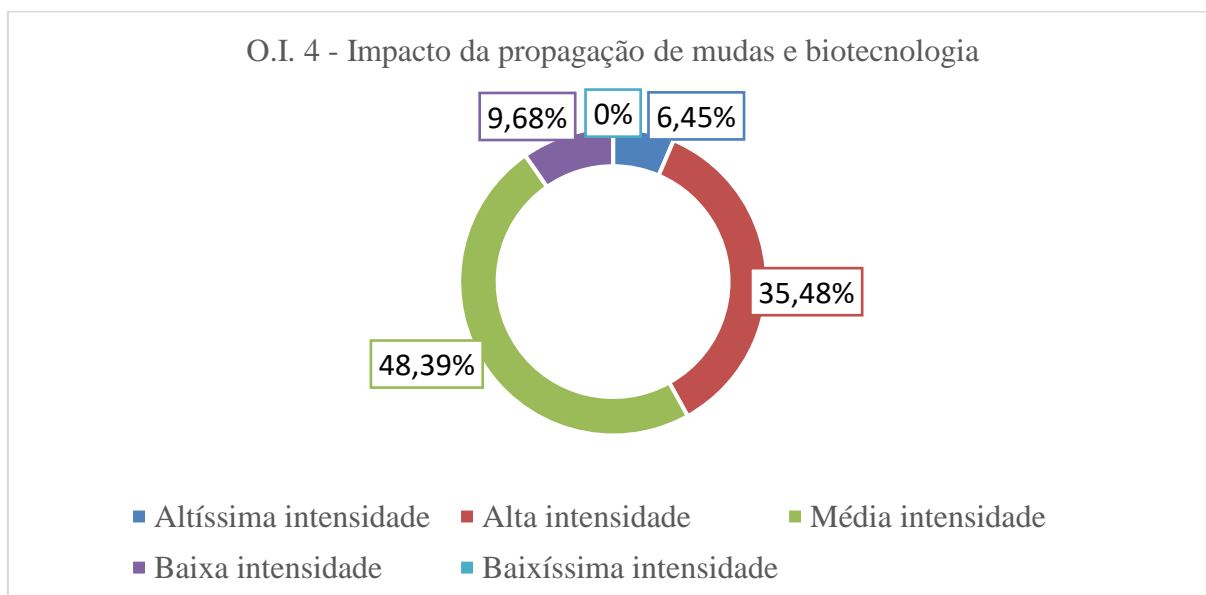
Em contrapartida, as dificuldades regulatórias e normas técnicas foram classificadas em sua maioria como de baixa a média intensidade, o que sugere que os especialistas não enxergam a regulação como barreira crítica à inovação. Esse resultado é coerente com Torres et al. (2019), que apontam que o avanço de agricultura digital no Brasil está mais condicionado a investimentos internos e capacitação organizacional do que a entraves legais.

Por fim, o fator energia elétrica e internet recebeu avaliações distribuídas, mas com predominância em alta e altíssima intensidade, refletindo a realidade de que a conectividade rural ainda é um desafio em grande parte das regiões produtoras. A disponibilidade de infraestrutura energética e digital é condição básica para viabilizar a coleta e análise de dados em sistemas integrados (Assis, Pereira e Silva, 2020), sendo, portanto, um ponto de atenção estratégico para políticas públicas e investimentos privados.

De forma geral, os resultados indicam que os entraves mais críticos para a implementação de sistemas integrados de manejo de cana-de-açúcar estão associados a três dimensões centrais: (i) curva de aprendizagem dos produtores, (ii) necessidade de infraestrutura adequada e (iii) mão de obra qualificada. Tais fatores mostram que a inovação tecnológica no setor só poderá alcançar todo o seu potencial produtivo e econômico se acompanhada por programas de capacitação, investimentos em conectividade e estratégias de difusão tecnológica adaptadas às diferentes realidades regionais.

A O.I.4 de inovação abordou a temática da propagação de mudas e o uso de biotecnologia aplicada à cana-de-açúcar. Pelos resultados apresentados na Figura 16, observa-se que quase a totalidade dos especialistas avaliou essa oportunidade como de média intensidade (48,39%) ou alta intensidade (35,48%), restando apenas uma parcela menor em baixa intensidade (9,68%) e nenhuma resposta em altíssima intensidade. Esse padrão de respostas sugere que, embora os especialistas reconheçam o potencial da biotecnologia e de novos métodos de propagação para a produtividade nacional, ainda existe cautela quanto ao seu impacto imediato, provavelmente devido a desafios técnicos, econômicos e regulatórios.

Figura 16 – Impacto da O.I.4 sobre a produtividade de cana-de-açúcar no Brasil



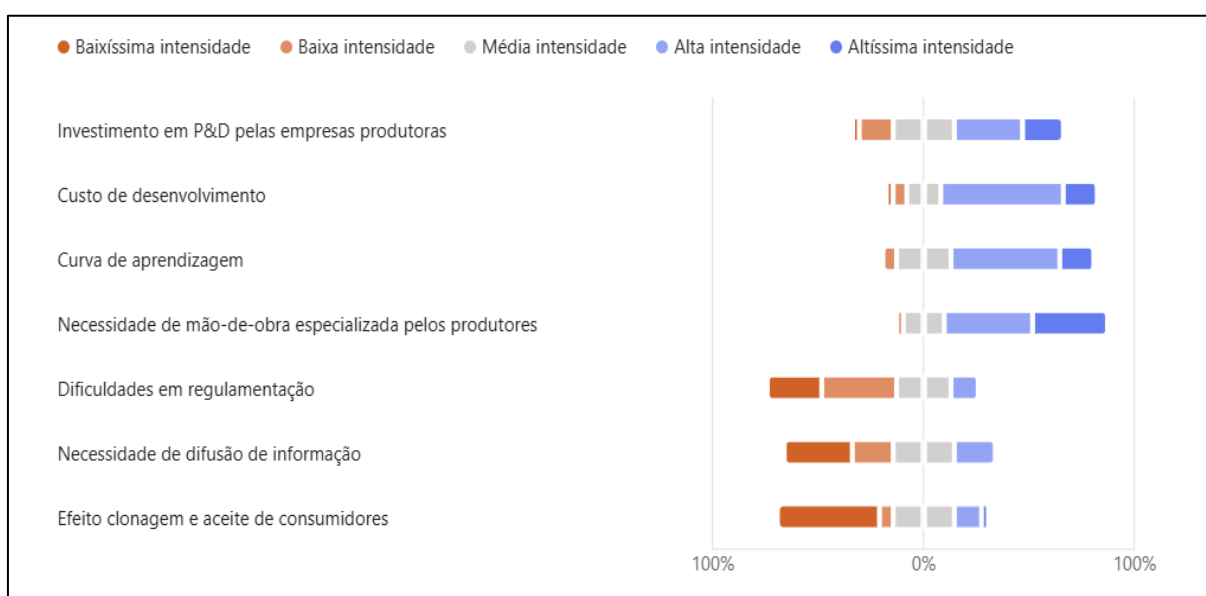
Fonte: Elaborado pelo autor.

A interpretação desses resultados reforça que a biotecnologia é vista como uma ferramenta de médio a longo prazo, cujo impacto positivo é esperado, mas condicionado a fatores estruturais. Essa percepção converge com estudos recentes que destacam que a adoção de técnicas como a micropropagação *in vitro*, a edição gênica e a clonagem avançada podem

elevar significativamente a qualidade e uniformidade dos viveiros, porém depende de tempo para validação em campo e aceitação pelo setor produtivo (Souza et al., 2019)

Na Figura 17 estão apresentados os fatores que condicionam a adoção dessa inovação. O investimento em P&D pelas empresas produtoras aparece como um dos fatores de maior impacto, concentrando respostas em alta e altíssima intensidade. Isso reflete a necessidade de investimentos consistentes em pesquisa aplicada para transformar o potencial biotecnológico em ganhos efetivos de produtividade.

Figura 17 – Intensidade dos fatores para a O.I.4.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Outro fator crítico é o custo de desenvolvimento das tecnologias, que também foi avaliado como de impacto elevado. A produção de mudas via biotecnologia, incluindo micropropagação e uso de biofábricas, ainda é mais onerosa do que métodos convencionais, o que pode limitar a difusão da tecnologia em larga escala. Estudos como os de Oliveira, Santos e Silva. (2022) reforçam que a redução de custos é condição fundamental para a popularização da biotecnologia em culturas de larga escala como a cana-de-açúcar.

A curva de aprendizagem e a necessidade de mão de obra especializada também receberam notas expressivas em alta intensidade, indicando que a formação de técnicos e a capacitação de viveiristas são elementos estratégicos para que a biotecnologia seja incorporada de forma eficiente ao setor. Essa percepção está alinhada à literatura que aponta que o gargalo da inovação em biotecnologia agrícola não é apenas financeiro, mas também humano (Molin et al., 2015).

Já as dificuldades em regulamentação e a necessidade de difusão de informação apresentaram respostas mais distribuídas, mas ainda com relevância considerável. Isso evidencia que, apesar de não serem os principais entraves, aspectos legais e de aceitação ainda influenciam na velocidade de adoção da tecnologia. Em especial, a regulação de organismos geneticamente modificados (OGMs) e a biossegurança de técnicas de edição gênica permanecem em debate no Brasil e no mundo (BRASIL, CTNBio, 2022).

Por fim, o fator efeito clonagem e aceitação dos consumidores foi destacado como relevante, com grande dispersão entre as respostas, mas ainda com impacto perceptível. Esse resultado mostra que, embora a biotecnologia seja amplamente aceita dentro do setor produtivo, questões de percepção social e de mercado podem influenciar a adoção em larga escala, especialmente em um setor que exporta para mercados exigentes em termos de rastreabilidade e certificações.

De maneira geral, a O.I.4 revela que a propagação de mudas e o uso de biotecnologia são percebidos como inovações estratégicas de médio prazo para a canavieira. Embora seu impacto atual seja avaliado majoritariamente entre médio e alto, os fatores condicionantes apontam que o sucesso da adoção dependerá de investimento contínuo em P&D, redução de custos de produção, capacitação de mão de obra e avanço regulatório. Além disso, a aceitação social e a percepção do consumidor devem ser acompanhadas de forma proativa, para garantir que a biotecnologia não apenas melhore a produtividade, mas também seja legitimada no mercado.

Assim, a O.I.4 de inovação representa uma das frentes mais disruptivas para o futuro da cana-de-açúcar, capaz de transformar os viveiros comerciais e ampliar a eficiência produtiva, desde que as barreiras técnicas e socioeconômicas sejam gradualmente superadas.

A análise das quatro oportunidades de inovação (O.I.1 – Variedades de cana-de-açúcar; O.I.2 – Agricultura de precisão e mecanização; O.I.3 – Sistemas integrados de manejo; O.I.4 – Propagação de mudas e biotecnologia) permitiu identificar elementos centrais para a evolução da produtividade e sustentabilidade do cultivo de cana-de-açúcar nacional. A O.I.1 (variedades) destacou-se como a oportunidade mais consensual, com quase unanimidade entre especialistas em considerar o impacto de alta ou altíssima intensidade. Isso reflete a compreensão de que a renovação varietal é o eixo estruturante da competitividade do setor, capaz de sustentar ganhos de produtividade agrícola (TCH), qualidade tecnológica (ATR) e resistência a estresses bióticos e abióticos. Contudo, sua efetividade depende de superar fatores condicionantes como custo, tempo de desenvolvimento, difusão de informações e adoção pelos produtores.

Na O.I.2 (agricultura de precisão e mecanização), os especialistas também atribuíram elevada relevância, destacando a contribuição direta das máquinas e tecnologias de posicionamento para a eficiência operacional. Entretanto, os resultados mostraram a importância de fatores econômicos e de capacitação, em especial os elevados custos de aquisição de equipamentos e a necessidade de mão de obra especializada. Assim, essa oportunidade reforça que a modernização tecnológica demanda investimentos expressivos e preparo organizacional para que seu potencial se traduza em ganhos efetivos.

A O.I.3 (sistemas integrados de manejo) apresentou grande reconhecimento do impacto positivo, mas com maior dispersão de opiniões. Essa variabilidade indica que, embora a integração de dados e práticas seja considerada estratégica, sua adoção depende fortemente de infraestrutura tecnológica, conectividade no campo e equipes capacitadas. Ainda assim, ficou evidente que a gestão integrada desponta como um dos caminhos mais promissores para a agricultura de cana-de-açúcar de precisão e para a sustentabilidade do setor no longo prazo.

Por fim, a O.I.4 (propagação de mudas e biotecnologia) foi percebida como inovação de médio prazo, com maioria das respostas situadas entre média e alta intensidade de impacto. Isso demonstra que, apesar do reconhecimento do potencial da biotecnologia para transformar viveiros comerciais e oferecer maior uniformidade e sanidade às lavouras, ainda existem desafios estruturais a superar. Entre eles, destacam-se os altos custos de desenvolvimento, a necessidade de P&D contínuo, a mão de obra especializada e a aceitação regulatória e social.

Em conjunto, os resultados evidenciam que, embora as quatro oportunidades apresentem graus variados de maturidade e desafios específicos, todas convergem em três condicionantes centrais: (i) necessidade de investimento consistente em pesquisa e infraestrutura, (ii) qualificação da mão de obra em todos os níveis, e (iii) difusão de informações e capacitação dos produtores. Além disso, observa-se que os fatores regulatórios possuem menor peso relativo em comparação a entraves internos de ordem técnica, econômica e organizacional.

Dessa forma, as quatro oportunidades analisadas representam vetores estratégicos e complementares para o futuro do cultivo de cana-de-açúcar no Brasil. A combinação de melhoramento varietal, mecanização de precisão, sistemas integrados de manejo e biotecnologia na propagação de mudas compõe um arcabouço inovador capaz de elevar a produtividade, reduzir custos e fortalecer a sustentabilidade do setor.

Com base nessas constatações, torna-se o momento de avançar para a próxima etapa de resultados, a análise de *Fuzzy TOPSIS-Class*, que permitirá hierarquizar e priorizar as oportunidades de inovação a partir da percepção dos especialistas, considerando os diferentes

graus de impacto e os fatores condicionantes identificados. Essa abordagem trará maior robustez ao processo decisório, fornecendo subsídios quantitativos e qualitativos para a definição de estratégias de inovação no setor sucroenergético.

4.3.2 *Análise Fuzzy Topsis Class (FTC)*

No presente estudo, a análise foi estruturada em três níveis complementares. Em primeiro lugar, foram examinadas as quatro oportunidades de inovação (OI) previamente delimitadas como centrais ao contexto do setor analisado. Essas oportunidades constituem o nível estratégico da investigação, representando dimensões amplas de transformação ou aprimoramento que podem impulsionar o desempenho do sistema produtivo.

Na sequência, procedeu-se à identificação e avaliação dos fatores condicionantes de cada oportunidade de inovação. Esses fatores expressam variáveis críticas, de natureza tecnológica, organizacional, regulatória ou ambiental, que modulam a viabilidade e a intensidade da inovação em questão. Sua análise permite compreender os elementos que fortalecem ou limitam a materialização das oportunidades.

Por fim, tais fatores foram relacionados às classes do Sistema Setorial de Inovação (SSI), uma abordagem teórica que concebe os setores como arranjos complexos de atores, instituições e fluxos de conhecimento. A análise setorial possibilitou enquadrar cada fator dentro de categorias específicas do SSI, permitindo verificar de que maneira a inovação agrícola dialoga com dimensões como pesquisa e desenvolvimento (P&D), capacitação institucional, regulação estatal, aprendizado organizacional e articulação entre empresas.

A aplicação da *fuzzy Topsis-Class* nesse encadeamento – oportunidades, fatores e classes do SSI – assegura não apenas uma hierarquização das alternativas, mas também uma leitura crítica sobre quais elementos do sistema setorial favorecem ou dificultam a inovação. Esse processo metodológico garante coerência entre a teoria dos Sistemas Setoriais de Inovação e a prática analítica baseada em avaliações especializadas, resultando em uma classificação convergente, validada e cientificamente consistente.

Para todas as análises foram definidas as classes esperadas e a linguagem de cálculo. Conforme descrito no tópico 3.4, foi realizado uma lógica triangular para conversão das respostas em números fuzzy, a qual está expressa na Tabela 10.

Tabela 10. Associação das respostas e conversão em números fuzzy

Alternativas		
Respostas questionário	Termos Linguísticos	Nº Fuzzy Triangular

		<i>low</i>	<i>medium</i>	<i>upper</i>
Baixíssima intensidade	1	0	0	2,5
Baixa intensidade	2	0	2,5	5
Média intensidade	3	2,5	5	7,5
Alta intensidade	4	5	7,5	10
Altíssima intensidade	5	7,5	10	10

Fonte: elaborador pelo autor.

Outro fator essencial da etapa é a definição das classes esperadas. Por definição junto ao comitê deste trabalho, foi definido que a resposta esperada foi a *Alta Intensidade* para todas as oportunidades de inovação e dos fatores em relação as suas oportunidades. A classe regular foi determinada como *Média Intensidade* e a classe inaceitável como fator *Baixíssima Intensidade*. A Tabela 11 apresenta tal representação.

Tabela 11. Classes e expectativas para análise de distâncias

Classe	Resposta questionário	Valor
Esperado	Alta intensidade	4
Regular	Média intensidade	3
Inaceitável	Baixíssima intensidade	1

Fonte: elaborador pelo autor.

Essa expectativa foi considerada para todos os especialistas de forma igual, uma vez das suas importâncias serem, até o momento, desconhecidas. Assim, o peso atribuído ao especialista, por seu tempo de experiência e perfil de atuação, foi atribuído às notas, porém, não às distâncias.

4.3.3 *Fuzzy topsys class para as oportunidades de inovação (O.I)*

A aplicação do método *Fuzzy TOPSIS-Class* às respostas dos especialistas possibilitou hierarquizar as quatro Oportunidades de Inovação (O.I.1 a O.I.4) em termos de impacto potencial sobre a produtividade agrícola da cana-de-açúcar. Esse método multicritério é particularmente adequado para contextos nos quais há incerteza e subjetividade nos julgamentos, pois traduz avaliações qualitativas em índices numéricos de proximidade ao ideal e ao não ideal, oferecendo maior robustez analítica (Basso; Antle, 2020).

Conforme evidenciado na Tabela 12, os resultados indicaram a seguinte ordem de prioridade: O.I.1 – Variedades de Cana-de-Açúcar em primeiro lugar, seguida por O.I.2 – Agricultura de Precisão e Mecanização, O.I.3 – Sistemas Integrados de Manejo e, por fim, O.I.4 – Propagação de Mudanças e Biotecnologia. A tabela 12 a seguir apresenta já os resultados de proximidade entre todas as O.I. de seus resultados. Os resultados estão em Anexo G.

Tabela 12. Análise de distâncias das oportunidades de inovação sobre a produtividade agrícola da cana-de-açúcar

Oportunidade	CC Esperado	CC Aceitável	CC Inaceitável
OI1	0,885	0,720	0,115
OI2	0,873	0,736	0,127
OI3	0,825	0,748	0,175
OI4	0,755	0,805	0,244

Fonte: elaborador pelo autor.

A O.I.1 apresentou a maior proximidade em relação à solução ideal, confirmando o consenso entre os especialistas de que o melhoramento genético constitui o eixo estruturante para ganhos de produtividade. Novas variedades permitem simultaneamente ampliar toneladas de cana por hectare (TCH), elevar açúcares totais recuperáveis (ATR) e conferir maior resiliência a estresses bióticos e abióticos. Esse resultado está em consonância com Landell et al. (2013) e Balsalobre et al. (2017), que destacam o papel central da renovação varietal e diversificação genética no aumento da competitividade e sustentabilidade do setor sucroenergético.

A O.I.2 ocupou a segunda posição, refletindo a percepção de que máquinas agrícolas, sensoriamento remoto e sistemas de posicionamento (GPS e telemetria) são fundamentais para reduzir perdas operacionais, otimizar o uso de insumos e aumentar a eficiência energética. Entretanto, fatores como elevado custo de aquisição e demanda por qualificação técnica ainda limitam sua difusão em propriedades de menor escala, corroborando os achados de Molin et al. (2015) e Assis, Pereira e Silva (2020), que destacam a assimetria de acesso à mecanização de precisão como um dos principais desafios para a expansão tecnológica no campo.

A O.I.3 apresentou posição intermediária, evidenciando que, embora reconhecida como promissora, a adoção de sistemas integrados de manejo ainda enfrenta barreiras práticas e estruturais. Fatores como infraestrutura limitada, conectividade rural insuficiente e curva de aprendizagem dos produtores foram decisivos para a dispersão das avaliações. Esses resultados se alinham a Pereira et al. (2021) e Torres et al. (2019), que indicam que o sucesso dos sistemas integrados depende diretamente do nível de maturidade tecnológica e da capacidade organizacional das unidades produtoras.

Por fim, a O.I.4 apresentou a menor proximidade ao ideal, revelando que a biotecnologia e a propagação clonal são percebidas como inovações de médio e longo prazo. Embora seu potencial seja amplamente reconhecido para garantir sanidade vegetal,

uniformidade de viveiros e aumento da eficiência genética, a percepção dos especialistas indicou que o alto custo de desenvolvimento, a dependência de investimentos intensivos em P&D e os entraves regulatórios e sociais ainda limitam sua difusão.

Trabalhos recentes reforçam essa leitura. Lu et al. (2024), Shabbir et al. (2021) e Kumar et al. (2024) apontam que os avanços em cultura de tecidos, edição gênica e transformação molecular são marcos importantes, mas exigem infraestrutura científica e recursos especializados. Paralelamente, Budeguer et al. (2023) e Meena et al. (2022) evidenciam que as biotecnologias de adaptação ao estresse climático e resistência a pragas já apresentam resultados concretos em laboratório, porém sua adoção em escala comercial ainda é incipiente.

Além disso, Cheavegatti-Gianotto et al. (2011) enfatizam que a curva de aprendizagem e o custo de implementação continuam sendo barreiras significativas para a consolidação dessas práticas. Finalmente, os mesmos destacam que a aceitação pública e os marcos regulatórios de OGMs ainda são pontos sensíveis, especialmente em países em desenvolvimento, exigindo políticas de incentivo e comunicação científica mais eficazes.

Os resultados obtidos pelo método *Fuzzy Topsis-Class* permitem destacar três dimensões centrais de interpretação:

- Maturidade da inovação: Tecnologias mais consolidadas, como melhoramento genético (O.I.1) e mecanização agrícola (O.I.2), apresentaram maior proximidade ao ideal, evidenciando alto grau de difusão e retorno produtivo imediato.
- Barreiras estruturais: Custos, infraestrutura e mão de obra qualificada foram os fatores limitantes que reduziram o impacto relativo das O.I.3 e O.I.4, demonstrando que a difusão tecnológica ainda depende de condições institucionais e organizacionais.
- Temporalidade do impacto: Enquanto as duas primeiras oportunidades representam ganhos imediatos e tangíveis, as duas últimas refletem avanços de médio e longo prazo, dependentes de investimentos contínuos em P&D, capacitação técnica e regulação adaptativa.

Em síntese, a análise evidencia que o setor sucroenergético deve equilibrar seus investimentos entre inovações consolidadas e emergentes. A curto prazo, o melhoramento genético (O.I.1) e a mecanização agrícola (O.I.2) permanecem como eixos prioritários para ganhos imediatos de produtividade. Entretanto, no médio e longo prazo, os sistemas integrados de manejo (O.I.3) e as biotecnologias de propagação e clonagem (O.I.4) tendem a se consolidar como fatores transformadores, desde que apoiados por políticas públicas de incentivo à pesquisa, difusão tecnológica e formação de capital humano especializado.

4.3.4 *Fuzzy topsys class para os fatores condicionantes da O.I. 1*

A aplicação do método *Fuzzy Topsis-Class* aos fatores relacionados à Oportunidade de Inovação 1 (O.I.1) — Novas Variedades de Cana-de-Açúcar — possibilitou compreender de forma quantitativa e estruturada as percepções dos especialistas sobre o impacto e a viabilidade das inovações genéticas no setor sucroenergético. Os resultados apresentados na Tabela 13 expressam a proximidade relativa de cada fator à solução ideal (CC Esperado), à solução aceitável (CC Aceitável) e à solução não ideal (CC Inaceitável), representando, portanto, o grau de prioridade e maturidade percebido de cada componente dentro da O.I.1. Os resultados estão em Anexo H.

Tabela 13. Análise de distâncias dos fatores condicionantes da O.I.1

Fator	SSI	C Final	CC Esperado	CC Aceitável	CC Inaceitável
FC1	Econômica	Esperado	0,867	0,753	0,133
FC2	Organizacional	Esperado	0,835	0,728	0,165
FC3	Político	Aceitável	0,589	0,708	0,411
FC4	Externo	Esperado	0,775	0,712	0,225
FC5	Externo	Aceitável	0,449	0,604	0,551
FC6	Organizacional	Inaceitável	0,374	0,519	0,626
FC7	Externo	Aceitável	0,677	0,719	0,323

Fonte: elaborado pelo autor.

A análise dos resultados evidencia um padrão de percepção coerente por parte dos especialistas sobre a intensidade de influência dos fatores que compõem o processo de criação varietal. A partir da conversão das respostas linguísticas em valores *fuzzy* triangulares e sua classificação segundo o método *Fuzzy Topsis-Class*, observou-se que os fatores FC1 (custo de desenvolvimento), FC2 (tempo de desenvolvimento) e FC4 (infraestrutura e mão de obra especializada) se concentraram na classe esperada, expressando alta intensidade; os fatores FC3 (normas para introdução no mercado), FC5 (dificuldade de acesso dos produtores) e FC7 (adoção pelos produtores) foram alocados na classe aceitável, refletindo intensidade média; e o FC6 (difusão de informação) foi classificado como inaceitável, indicando baixa intensidade no contexto da criação de novas variedades.

Os fatores de alta intensidade (esperados) expressam o núcleo científico e tecnológico que sustenta o desenvolvimento varietal. O FC1, relativo ao custo de desenvolvimento, foi percebido como um dos elementos de maior peso, o que se alinha à literatura sobre o caráter

intensivo em capital e tecnologia dos programas de melhoramento genético. Lu et al. (2024) e Kumar et al. (2024) destacam que o avanço de técnicas genômicas, edição gênica e modelagem preditiva exige altos investimentos iniciais, embora proporcione maior eficiência nos ciclos de P&D. O FC2 (tempo de desenvolvimento) segue o mesmo padrão de percepção: a pressão do setor por respostas rápidas em produtividade e resistência faz com que a duração dos ciclos de cruzamento e seleção seja vista como um fator determinante para o sucesso da inovação. Cursi et al. (2022) e Cheavegatti-Gianotto et al. (2011) ressaltam que a introdução de ferramentas de fenotipagem automatizada e análise molecular permitiu reduzir o tempo médio de obtenção de novas cultivares, reforçando a intensidade desse fator. Por sua vez, o FC4 (infraestrutura e mão de obra especializada) também se situou na classe esperada, refletindo o reconhecimento dos especialistas de que o Brasil dispõe de uma base sólida em infraestrutura científica e operacional. Instituições como RIDESA, IAC e CTC compõem uma rede de inovação altamente qualificada, com laboratórios, viveiros e programas estruturados de melhoramento, conforme salientam Gazaffi et al. (2017) e Cursi et al. (2022). Assim, os fatores de alta intensidade representam a capacidade interna e consolidada do sistema de inovação em conduzir, com eficiência, o processo de criação genética.

Entre os fatores de intensidade média (aceitáveis), encontram-se FC3 (normas para introdução no mercado), FC5 (dificuldade de acesso dos produtores) e FC7 (adoção pelos produtores), os quais refletem variáveis institucionais e de difusão tecnológica. O FC3 foi percebido como de média influência porque, embora as regulamentações sejam importantes para a liberação e comercialização de novas cultivares, elas atuam posteriormente à criação, não interferindo diretamente na fase de P&D. Nyko et al. (2013) e Bernardo (2019) apontam que o processo regulatório brasileiro, ainda que sólido, é moroso e burocrático, impactando mais o lançamento e menos o desenvolvimento inicial. Já o FC5, associado às dificuldades de acesso dos produtores às novas variedades, reflete a percepção de que a assimetria estrutural entre grandes grupos agroindustriais e pequenos fornecedores limita a difusão do conhecimento e da inovação. Mbingo (2020) e Thuo et al. (2022) indicam que o acesso a mudas certificadas e informações técnicas é desigual, o que afeta mais a escala de adoção do que o processo de criação, apesar de serem casos africanos. Por fim, o FC7 (adoção pelos produtores) também foi classificado como aceitável, revelando que, embora a aceitação varietal seja essencial para o sucesso setorial, ela ocorre a jusante da criação científica, influenciando a difusão e o impacto da inovação, mas não sua geração. Em suma, esses fatores refletem barreiras intermediárias, mais ligadas à governança, transferência e absorção tecnológica do que ao núcleo científico da inovação.

O fator de baixa intensidade (inaceitável) — FC6 (difusão de informação) — revelou a percepção de que a comunicação e disseminação de conhecimento têm pouca influência direta sobre a fase de criação varietal. Os especialistas, ao atribuírem notas mais baixas a esse fator, demonstraram compreender que a difusão de resultados e boas práticas é um processo posterior, relacionado à etapa de adoção e ampliação do uso das variedades desenvolvidas. Essa leitura encontra respaldo em Singh (2021) e Furtado (2011), que argumentam que a comunicação técnico-científica e as políticas de extensão agrícola são determinantes para a adoção e difusão, mas não influenciam significativamente o processo de geração da inovação genética. Assim, o enquadramento inaceitável não representa irrelevância do fator, mas reflete o entendimento de que sua atuação ocorre em outro estágio do sistema de inovação.

Quando se observa o comportamento das classes do Sistema Setorial de Inovação (SSI), torna-se possível identificar padrões estruturais e interdependências entre as dimensões. A dimensão econômica apresentou desempenho superior, com o fator FC1 na classe esperada, indicando um sistema que dispõe de mecanismos de financiamento e priorização adequados para sustentar a P&D em melhoramento genético. Esse resultado confirma a posição de que a inovação varietal no setor sucroenergético é fortemente dependente de intensidade tecnológica e de capital, corroborando a lógica de um SSI baseado em ciência, como propõe Malerba (2002). A dimensão organizacional, composta por FC2 e FC6, apresentou polarização: o primeiro foi classificado como esperado, mostrando a eficiência interna das instituições de pesquisa e a maturidade de seus processos; o segundo, inaceitável, evidenciando falhas de integração e difusão entre centros de pesquisa e produtores. Isso sugere que o SSI apresenta excelência na geração do conhecimento, mas deficiências na sua disseminação interna, um padrão que Furtado (2011) denomina de “inovação verticalizada”.

Na dimensão política, o fator FC3 reforça que o ambiente regulatório é percebido como moderadamente funcional — sólido o suficiente para garantir segurança jurídica, mas lento para acompanhar o ritmo da ciência. Essa constatação converge com Bernardo (2019) e Nyko et al. (2013), que apontam a necessidade de modernização dos instrumentos de registro e proteção varietal. Por fim, a dimensão externa, formada por FC4, FC5 e FC7, revela uma dualidade estrutural: de um lado, há forte capacidade técnico-infraestrutural (FC4), percebida como de alta intensidade; de outro, as limitações de acesso (FC5) e adoção (FC7) ainda restringem o alcance social e territorial das inovações, conforme observam Mbingo (2020) e Thuo et al. (2022). Esse comportamento indica que o SSI da cana-de-açúcar é caracterizado por densidade tecnológica e fragilidade social, um traço típico de setores altamente especializados, onde o conhecimento circula de forma concentrada entre poucos atores.

Em perspectiva integrada, os resultados fuzzy e a análise setorial mostram que o sistema de inovação varietal brasileiro é maduro na geração, mas incompleto na difusão. As dimensões econômica e organizacional apresentam alta intensidade e capacidade de sustentação científica, enquanto as dimensões política e externa manifestam médias intensidades, evidenciando entraves institucionais e de absorção tecnológica. A baixa intensidade observada na difusão de informação indica que o sistema ainda opera sob um modelo fechado de inovação, dependente de poucos polos tecnológicos e limitado pela ausência de mecanismos de comunicação eficazes com os usuários finais. Em síntese, o conjunto das evidências sugere que a O.I.1 se configura como o núcleo estruturante do SSI da cana-de-açúcar, sustentado por um forte aparato científico e econômico, mas que precisa evoluir para um modelo mais distribuído, interativo e inclusivo, capaz de transformar o avanço genético em ganhos produtivos efetivos e socialmente amplos.

4.3.5 *Fuzzy topsis class para os fatores condicionantes da O.I. 2*

A aplicação do método *Fuzzy Topsis-Class* aos fatores relacionados à Oportunidade de Inovação 2 (O.I.2) — Agricultura de Precisão e Mecanização — permitiu mensurar de forma estruturada e comparativa as percepções dos especialistas quanto à intensidade e relevância de cada componente no avanço tecnológico do setor sucroenergético. Essa abordagem possibilitou traduzir julgamentos qualitativos em indicadores quantitativos de proximidade com a solução ideal (CC Esperado), a solução aceitável (CC Aceitável) e a solução não ideal (CC Inaceitável), oferecendo uma visão detalhada sobre os pontos de força e fragilidade do sistema. Os resultados apresentados na Tabela 14 refletem, portanto, o grau de maturidade, impacto e prioridade percebido de cada fator dentro da O.I.2, permitindo compreender como a mecanização e a agricultura de precisão se consolidam — ou ainda enfrentam barreiras — no contexto da inovação agrícola brasileira.

A análise revelou percepções distintas entre os especialistas sobre a intensidade dos fatores que condicionam a adoção e o avanço dessas tecnologias no setor sucroenergético. Com base na classificação do método *Fuzzy Topsis-Class*, três fatores (FC1, FC2 e FC6) foram alocados na classe esperada, refletindo alta intensidade de influência sobre a oportunidade de inovação; dois fatores (FC3 e FC4) situaram-se na classe aceitável, indicando intensidade média; e um fator (FC5) foi enquadrado como inaceitável, evidenciando baixa intensidade. Esses resultados expressam um padrão coerente de percepção: a mecanização e a agricultura de precisão são vistas como áreas tecnológicas centrais, mas ainda enfrentam entraves econômicos e estruturais que limitam sua difusão em larga escala. Os resultados estão em Anexo I.

Tabela 14. Análise de distâncias dos fatores condicionantes da O.I.2

Fator	SSI	C Final	CC Esperado	CC Aceitável	CC Inaceitável
FC 1	Econômica	Esperado	0,830	0,727	0,170
FC 2	Econômica	Esperado	0,825	0,770	0,175
FC 3	Econômica	Aceitável	0,601	0,669	0,399
FC 4	Organizacional	Aceitável	0,637	0,677	0,363
FC 5	Organizacional	Inaceitável	0,335	0,465	0,665
FC 6	Externo	Esperado	0,830	0,717	0,170

Fonte: elaborador pelo autor.

Os fatores classificados como alta intensidade (classe esperada) — FC1 (custo de aquisição de máquinas), FC2 (custo de monitoramento e telemetria) e FC6 (investimento em P&D para produção de equipamentos) — refletem a compreensão de que o desempenho e a evolução da mecanização canavieira estão fortemente condicionados ao nível de investimento e disponibilidade de capital tecnológico. O FC1, com o maior valor de proximidade (CC = 0,830), expressa o consenso de que o alto custo de aquisição de máquinas agrícolas de precisão representa o principal fator de impacto na difusão tecnológica. Molin et al. (2015) e Assis Pereira e Silva (2020) ressaltam que o preço de colhedoras, plantadoras e sensores de monitoramento é determinante na decisão de investimento, sobretudo entre pequenos e médios produtores. Essa percepção reforça que, embora a mecanização traga ganhos expressivos em eficiência e qualidade operacional, a barreira econômica ainda é um fator limitante.

De forma semelhante, o FC2 (custo de monitoramento e telemetria), também na classe esperada (CC = 0,825), foi percebido como de alta intensidade, demonstrando que o uso de tecnologias digitais e de sensoriamento remoto ainda implica custos elevados de implementação, operação e manutenção. Fielke et al. (2021) e Carrer et al. (2022) observam que a adoção de sistemas de telemetria, automação e big data na agricultura depende não apenas do investimento inicial, mas também da capacidade de interpretar e gerir as informações coletadas. Já o FC6 (investimento em P&D para produção de equipamentos) foi igualmente classificado como esperado (CC = 0,830), refletindo a importância atribuída ao avanço industrial e tecnológico nacional. Pereira et al. (2021) e Bilal et al. (2024) argumentam que o fortalecimento da pesquisa aplicada e o desenvolvimento de equipamentos adaptados às condições locais são essenciais para reduzir dependências externas e adequar tecnologias às especificidades do sistema produtivo canavieiro. Assim, esses três fatores reforçam que, sob a

ótica dos especialistas, o eixo econômico e tecnológico permanece o mais determinante para o avanço da agricultura de precisão e da mecanização.

Os fatores FC3 (disponibilidade de crédito) e FC4 (normas de introdução no mercado) foram classificados na classe aceitável, representando intensidade intermediária. O FC3, com $CC = 0,669$, reflete a percepção de que as políticas de crédito agrícola, embora relevantes, ainda não são suficientemente estruturadas para fomentar a adoção de tecnologias mecanizadas de alto custo. Shankar et al. (2021) e Aslam Memon et al. (2020) apontam que, em países emergentes, os programas de financiamento agrícola muitas vezes carecem de mecanismos específicos para aquisição de tecnologias digitais, concentrando-se em insumos tradicionais. Essa limitação é particularmente evidente entre produtores independentes e fornecedores de cana, que têm menor acesso a linhas de crédito subsidiadas, como o BNDES ou o Plano Safra. Já o FC4, que trata das normas de introdução no mercado, reflete as barreiras regulatórias e técnicas enfrentadas por fabricantes de máquinas e equipamentos agrícolas. Bernardo (2019) e Pereira et al. (2021) observam que o ambiente regulatório brasileiro é fragmentado e por vezes desatualizado em relação às novas tecnologias agrícolas, o que gera insegurança jurídica e limita a agilidade de inovação. Assim, a classificação aceitável indica que os especialistas reconhecem sua relevância, mas avaliam que esses fatores possuem intensidade indireta, impactando mais o ritmo de expansão tecnológica do que a capacidade de criação de inovações.

Por fim, o FC5 (necessidade de mão de obra especializada), com $CC = 0,665$ e pertencente à classe inaceitável, evidencia a percepção crítica dos especialistas quanto à lacuna de qualificação técnica e operacional existente no setor. Essa leitura é reforçada por Souza et al. (2017) e Torres et al. (2019), que demonstram que a modernização dos sistemas mecanizados não tem sido acompanhada por programas de capacitação proporcionais. A operação de colhedoras, drones e plataformas digitais exige habilidades específicas em manutenção, análise de dados e gestão tecnológica — competências ainda pouco difundidas nas regiões canavieiras. Assim, a baixa intensidade atribuída a esse fator não reflete irrelevância, mas sim uma constatação de que a falta de mão de obra qualificada limita a absorção da inovação, tornando-se uma das principais barreiras práticas à consolidação da agricultura de precisão.

Quando os resultados são organizados segundo as dimensões do Sistema Setorial de Inovação (SSI), emergem padrões importantes. A dimensão econômica, composta por FC1, FC2 e FC3, apresentou predominância de alta intensidade (dois esperados e um aceitável), indicando que os entraves e potencialidades da mecanização estão fortemente ligados à disponibilidade de recursos e incentivos financeiros. Essa configuração confirma que o sistema de inovação da mecanização canavieira é capital-intensivo, caracterizado por altos custos de

entrada e forte dependência de investimento contínuo, o que reforça a centralidade da economia como motor da inovação.

A dimensão organizacional, representada por FC4 (normas de mercado) e FC5 (mão de obra especializada), mostrou-se mais frágil: enquanto o primeiro obteve intensidade média, o segundo foi classificado como inaceitável. Essa combinação sugere que, embora as estruturas institucionais de suporte existam, elas não garantem eficiência na coordenação e absorção tecnológica. O sistema organizacional do setor apresenta lacunas de gestão de competências e de adaptação regulatória, o que limita o ritmo de aprendizado tecnológico — uma característica típica de sistemas em transição tecnológica, conforme descrevem Malerba (2002) e Furtado (2011).

Por sua vez, a dimensão externa, representada pelo FC6 (investimento em P&D para produção de equipamentos), obteve alta intensidade, revelando que o ambiente de interação entre a indústria de máquinas, universidades e centros de pesquisa é reconhecido como fundamental. Essa relação público-privada de coevolução tecnológica é mencionada por Fielke et al. (2021) e Bilal et al. (2024) como característica essencial dos sistemas agrícolas modernos baseados em inovação aberta e colaboração setorial.

A integração dos resultados FuzzyTopsys Class com o SSI permite afirmar que o sistema de inovação da O.I.2 é maduro em seus aspectos econômicos e tecnológicos, mas estruturalmente limitado nas dimensões organizacional e social. Os especialistas percebem a mecanização e a agricultura de precisão como eixos transformadores da eficiência agrícola, mas ressaltam que os ganhos potenciais ainda são concentrados em grupos com maior capital e infraestrutura tecnológica. Em contrapartida, a baixa intensidade associada à mão de obra e às normas institucionais indica que a difusão dessas tecnologias enfrenta gargalos humanos e regulatórios.

Em síntese, a O.I.2 revela um SSI fortemente polarizado: de um lado, há um núcleo dinâmico e competitivo, sustentado por investimentos, inovação industrial e integração tecnológica; de outro, um entorno organizacional deficitário, marcado por carência de qualificação e por estruturas normativas que não acompanham o ritmo da inovação. Essa configuração confirma o diagnóstico de que a mecanização canavieira brasileira se encontra em estágio avançado de inovação técnica, mas em estágio intermediário de maturidade sistêmica, exigindo políticas de incentivo à formação de capital humano, modernização regulatória e ampliação do acesso financeiro. Assim, a O.I.2 consolida-se como uma oportunidade de inovação de alta intensidade tecnológica, mas de alcance desigual, cuja consolidação depende

da transformação das estruturas organizacionais e sociais que sustentam a adoção em larga escala.

4.3.6 *Fuzzy topsis class para os fatores condicionantes da O.I. 3*

A aplicação do método *Fuzzy Topsis-Class* aos fatores relacionados à Oportunidade de Inovação 3 (O.I.3) — Sistemas Integrados de Manejo — possibilitou identificar, de forma quantitativa e sistematizada, as percepções dos especialistas sobre a intensidade e relevância de cada componente envolvido na integração tecnológica e operacional das práticas agrícolas. O método permitiu mensurar o grau de proximidade de cada fator em relação à solução ideal (CC Esperado), à solução aceitável (CC Aceitável) e à solução não ideal (CC Inaceitável), revelando os níveis de maturidade, aderência e aplicabilidade das práticas de manejo integrado no contexto do setor sucroenergético. Os resultados sintetizados na Tabela 15 indicam o posicionamento relativo de cada fator dentro da O.I.3, permitindo compreender de forma mais precisa como aspectos organizacionais, institucionais e econômicos influenciam o desenvolvimento e a consolidação de sistemas de manejo integrados nas unidades produtoras de cana-de-açúcar. Os resultados estão em Anexo J.

Tabela 15. Análise de distâncias dos fatores condicionantes da O.I.3

Fator	SSI	C Final	CC Esperado	CC Aceitável	CC Inaceitável
FC 1	Organizacional	Esperado	0,848	0,721	0,151
FC 2	Organizacional	Esperado	0,866	0,730	0,134
FC 3	Organizacional	Esperado	0,872	0,717	0,128
FC 4	Institucional	Inaceitável	0,395	0,548	0,605
FC 5	Econômica	Aceitável	0,713	0,739	0,287

Fonte: elaborador pelo autor.

A análise revela um panorama técnico e institucional heterogêneo, refletindo tanto o avanço conceitual dessas práticas quanto as limitações estruturais e regulatórias que ainda restringem sua plena adoção no setor sucroenergético.

Os fatores organizacionais (FC1, FC2 e FC3) apresentaram os maiores índices de proximidade à solução ideal (0,848 a 0,872), o que confirma a percepção dos especialistas de que o sucesso dos sistemas integrados depende fundamentalmente de elementos internos de gestão, coordenação e capacitação. Essa elevada intensidade atribuída pelos respondentes demonstra que há consenso quanto à importância de fortalecer a integração entre setores técnicos, operacionais e gerenciais dentro das usinas e fornecedores, criando fluxos contínuos

de informação e padronização de procedimentos. Conforme destacado por Dinardo-Miranda et al. (2019) a adoção de manejo integrado demanda não apenas tecnologia, mas também planejamento coletivo, treinamento de equipes e governança interna eficaz, fatores que explicam as notas elevadas nessa classe.

O fator econômico (FC5), classificado na faixa aceitável (0,713), indica que os custos de implantação e manutenção dos sistemas integrados ainda representam um desafio para parte dos produtores. Apesar de o setor reconhecer o potencial de retorno econômico por meio da redução de perdas, melhoria da eficiência operacional e menor dependência de insumos, o investimento inicial elevado e a ausência de métricas claras de retorno dificultam a expansão dessas tecnologias entre pequenos e médios produtores.

Em contraste, o fator institucional (FC4) foi o único classificado como inaceitável (0,395), evidenciando a fragilidade do ambiente regulatório e a ausência de incentivos públicos consistentes para o manejo integrado. A percepção dos especialistas sugere que, embora existam normas técnicas (como as NRs 12 e 31) e recomendações de boas práticas, a falta de padronização nacional, de assistência técnica pública e de estrutura de fiscalização limita o avanço dos sistemas integrados em larga escala. Essa condição institucional incipiente está em consonância com as conclusões de Martins et al. (2022) e Pereira et al. (2021), que apontam que as barreiras regulatórias e de conectividade rural configuram-se como entraves à integração entre os eixos tecnológico, ambiental e social da produção.

Sob a ótica das classes do Sistema Setorial de Inovação (SSI), nota-se que a dimensão organizacional predomina de forma positiva, com três fatores classificados como esperados. Isso demonstra uma maturidade interna crescente dentro das empresas e usinas, especialmente na capacidade de absorção tecnológica, planejamento e gestão integrada das operações agrícolas. Por outro lado, a dimensão institucional representa o ponto de maior vulnerabilidade, reforçando que o sucesso de inovações sistêmicas depende não apenas de capacidade técnica, mas também de ambientes regulatórios e de políticas públicas que favoreçam a difusão tecnológica. A dimensão econômica, ainda que em nível aceitável, indica que o retorno econômico esperado pelos agentes do setor não é suficientemente rápido para estimular investimentos amplos e contínuos, o que requer mecanismos de financiamento e cooperação público-privada mais eficientes.

De forma geral, os resultados obtidos pela análise *Fuzzy Topsis-Class* demonstram que a O.I.3 possui maturidade operacional elevada, mas enfrenta barreiras externas e institucionais significativas. A consolidação dos sistemas integrados de manejo no setor sucroenergético depende da convergência entre gestão interna eficiente, infraestrutura digital rural, incentivos

econômicos adequados e marcos regulatórios modernos. Assim, enquanto as usinas mais tecnificadas já avançam em integração entre manejo de solo, pragas, nutrição e dados climáticos, a difusão ampla dessa inovação ainda exige esforços estruturais coordenados, reafirmando o papel estratégico do Estado, das universidades e das empresas de tecnologia agrícola na integração efetiva entre ciência, gestão e prática agrícola.

4.3.7 *Fuzzy topsis class para os fatores condicionantes da O.I. 4*

A aplicação do método *Fuzzy Topsis-Class* aos fatores relacionados à Oportunidade de Inovação 4 (O.I.4) — Propagação de Mudas e Biotecnologia — permitiu compreender de forma detalhada como os especialistas avaliam o impacto e a intensidade dos elementos que condicionam o avanço das biotecnologias e das técnicas de multiplicação vegetal na cana-de-açúcar. Os resultados (Tabela 16) expressam as distâncias relativas de cada fator em relação à solução ideal, aceitável e inaceitável, revelando não apenas o grau de maturidade tecnológica, mas também as limitações econômicas, políticas e estruturais que envolvem a adoção em larga escala dessas inovações no setor sucroenergético. Os resultados estão em Anexo K.

Tabela 16. Análise de distâncias dos fatores condicionantes da O.I.4

Fator	SSI	C Final	CC Esperado	CC Aceitável	CC Inaceitável
F1	Econômica	Aceitável	0,720	0,721	0,279
F2	Econômica	Esperado	0,831	0,725	0,168
F3	Tecnológica	Esperado	0,830	0,751	0,170
F4	Tecnológica	Esperado	0,843	0,734	0,157
F5	Política	Inaceitável	0,402	0,543	0,597
F6	Externa	Inaceitável	0,437	0,557	0,562
F7	Externa	Inaceitável	0,366	0,480	0,633

Fonte: elaborador pelo autor.

De modo geral, observa-se que os fatores tecnológicos (F3 e F4) apresentaram as maiores proximidades à solução ideal (0,830 e 0,843), sendo classificados como esperados. Isso indica um consenso entre os especialistas de que os avanços em engenharia genética, cultura de tecidos e clonagem representam o núcleo central da transformação tecnológica dessa oportunidade de inovação. Estudos como os de Lu et al. (2024), Singh et al. (2019) e Kumar et al. (2024) corroboram essa percepção, destacando que o uso de técnicas como transformação genética, propagação *in vitro* e edição gênica via CRISPR tem acelerado a geração de variedades mais adaptadas e resistentes a estresses bióticos e abióticos. A proximidade dos

resultados com o ideal reforça a maturidade científica dessas práticas e a percepção de que o gargalo atual não está na viabilidade técnica, mas na difusão comercial e institucional dessas tecnologias.

O fator econômico (F2) também obteve classificação esperada (0,831), demonstrando que o setor reconhece a importância dos investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D) como base para sustentar a competitividade da biotecnologia aplicada à cana-de-açúcar. Entretanto, o fator F1, também econômico, foi classificado como aceitável (0,720), revelando que o alto custo de implantação das tecnologias biotecnológicas e de manutenção de laboratórios e viveiros certificados ainda é uma barreira relevante, especialmente para produtores independentes e unidades com menor escala de capital. Autores como Shabbir et al. (2023) e Meena et al. (2022) enfatizam que, embora a biotecnologia reduza riscos fitossanitários e aumente a produtividade por área, o custo elevado da infraestrutura e da mão de obra especializada limita a difusão rápida dessas inovações, gerando um processo de adoção concentrado em grupos empresariais de maior porte.

Por outro lado, os resultados revelam entraves significativos nas dimensões política e externa. O fator político (F5) foi classificado como inaceitável (0,402), refletindo a percepção de ausência de políticas públicas consistentes e de um marco regulatório adequado para pesquisa, liberação e comercialização de organismos geneticamente modificados (OGMs). Essa lacuna institucional é apontada por Cheavegatti-Gianotto et al. (2011) como um dos maiores desafios à biotecnologia canavieira, uma vez que as exigências regulatórias prolongadas e a burocracia associada à aprovação de novas variedades transgênicas desestimulam a inovação. Além disso, a falta de harmonização entre normas nacionais e internacionais compromete a competitividade global da biotecnologia brasileira, mesmo em um contexto de crescente demanda por sustentabilidade e redução do uso de defensivos agrícolas.

Os fatores externos (F6 e F7) também foram classificados como inaceitáveis (0,437 e 0,366), evidenciando dificuldades relacionadas à aceitação pública e às barreiras de mercado. Esses fatores possivelmente indicam que a percepção social negativa em torno dos organismos geneticamente modificados, somada à insuficiência de campanhas de difusão científica, ainda limita o potencial de expansão das biotecnologias agrícolas. Adicionalmente, a ausência de estratégias coordenadas de comunicação entre centros de pesquisa, indústria e sociedade cria um ambiente de desconfiança, impactando a velocidade com que essas tecnologias são incorporadas aos sistemas produtivos.

Sob a perspectiva das classes do Sistema Setorial de Inovação (SSI), os resultados demonstram uma clara dicotomia entre os avanços tecnológicos e as fragilidades externas e

institucionais. A dimensão tecnológica foi a que apresentou maior maturidade e coerência entre os especialistas, confirmando o estágio avançado das pesquisas em biotecnologia, melhoramento genético e cultura de tecidos — áreas onde o Brasil se mantém competitivo globalmente. A dimensão econômica, embora apresente certa estabilidade, indica que o custo e a assimetria de acesso permanecem como gargalos à difusão. Já as dimensões política e externa configuram os principais pontos de atenção, demonstrando que o ambiente regulatório e a percepção pública ainda não acompanharam o ritmo da inovação científica.

De forma geral, a análise *fuzzy TOPSIS-Class* aplicada à O.I.4 evidencia que a biotecnologia para a cana-de-açúcar está em fase de transição entre o domínio científico e a consolidação produtiva. O setor possui conhecimento técnico consolidado, pesquisadores de referência e tecnologias promissoras — como apontam Budgeuer et al. (2023) —, mas carece de mecanismos institucionais e de mercado que viabilizem a adoção em larga escala. Assim, a maturidade observada nos fatores tecnológicos contrasta com as debilidades externas e políticas, reforçando que o avanço da biotecnologia no setor sucroenergético depende não apenas de inovação laboratorial, mas também de estratégias integradas de regulação, financiamento e aceitação social.

4.4 ESTRATÉGIAS E AÇÕES RECOMENDADAS

A análise multicritério realizada por meio do *Fuzzy TOPSIS-Class*, associada à interpretação sistêmica dos condicionantes estruturais e conjunturais, revela que o desafio da inovação agrícola na cana-de-açúcar não reside apenas na disponibilidade de tecnologias emergentes, mas sobretudo na capacidade institucional, organizacional e operacional de absorvê-las, difundir-las e sustentá-las em escala. Assim, os resultados indicam que as inovações não competem entre si, mas estão interligadas por um arcabouço que exige mudança de mentalidade, mecanismos de coordenação sistêmica e um ambiente habilitador — fatores conceituais diretamente alinhados à abordagem do Sistema Setorial de Inovação (SSI).

Do ponto de vista do SSI, os achados confirmam que o setor sucroenergético possui uma arquitetura fragmentada, com polos avançados (pesquisa varietal, biotecnologia, automação) coexistindo com gargalos organizacionais e institucionais. Tal assimetria é típica de setores agroindustriais baseados em conhecimento, destacando que a inovação depende de articulação entre atores, não apenas da existência de tecnologias.

Dentro dessa perspectiva, as oportunidades de inovação com maior grau de impacto (variedades, mecanização inteligente, sistemas de manejo integrados e biotecnologia aplicada

ao plantio) somente se materializam quando acompanhadas de políticas de sustentação e governança capazes de lidar com barreiras técnicas, organizacionais, cognitivas e regulatórias. Essa constatação é consistente com Malerba (2002; 2006), que afirma que a inovação em setores intensivos em conhecimento depende da interação coordenada entre atores heterogêneos, regimes tecnológicos e instituições.

Ao mesmo tempo, os resultados evidenciam que o fator humano, traduzido em capacidade de qualificação, absorção tecnológica e mudança organizacional, emerge como determinante transversal, segundo a qual a inovação agrícola exige não apenas insumos e tecnologias, mas processos ativos de aprendizagem, articulação e mediação entre agentes.

As diretrizes aqui propostas configuram um sistema de indução à inovação que articula os seguintes eixos:

- *Eixo Estratégico* (variedades e genética): reposicionar o melhoramento e a renovação varietal como pilares centrais de competitividade, não como insumos substituíveis;
- *Eixo Tecnológico* (mecanização, telemetria e digitalização): integrar máquinas, dados e decisões, transformando a mecanização em plataforma cognitiva do processo produtivo;
- *Eixo Organizacional* (sistemas integrados de manejo): estabelecer a gestão de dados como infraestrutura crítica, equivalente à terra, ao maquinário e à mão-de-obra;
- *Eixo Biotecnológico* (mudas e propagação): acelerar a transição para modelos de plantio de maior controle genético, sanitário e fisiológico, elevando os limites de produtividade.

Finalmente, propõe-se a adoção de modelos permanentes de governança da inovação, ancorados em comitês agrícolas internos, pactos institucionais de P&D e mecanismos de financiamento e difusão que conectem políticas públicas, capital privado e desenvolvimento científico.

Baseados nos resultados dessa pesquisa e visando potencializar a criação e a adoção de inovações agrícolas para o setor sucroenergético, estabelece-se um conjunto de proposições setoriais. O Quadro 19 sistematiza as diretrizes estratégicas para aceleração da inovação agrícola na cana-de-açúcar, definindo a suposição estratégica, a natureza das barreiras, a estratégia proposta, as ações concretas e os responsáveis pelas ações.

Por fim, segue então o quadro 19 e todas as explicações abaixo.

Quadro 19 – Diretrizes estratégicas para aceleração da inovação agrícola na cana-de-açúcar

Preposição Estratégica	Natureza das Barreiras	Estratégia Proposta	Ações Concretas	Responsável Primário
A inovação varietal é o motor estrutural da produtividade	Institucional e Tecnológica	Tratar variedades como ativo estratégico	Programas internos de renovação; contratos de adoção progressiva; consórcios de melhoramento	Usinas / Centros de Pesquisa
A mecanização não evolui sem inteligência embarcada	Operacional e Tecnológica	Transformar máquinas em plataformas de dados	Treinamento contínuo; telemetria integrada a indicadores; reinvestimento tecnológico vinculado à performance	Empresas (usinas e fornecedores)
Sistemas de manejo são a nova base infraestrutural	Organizacional e Cognitiva	Implementar núcleos de gestão agrícola de dados	Governança de dados; interoperabilidade digital; conectividade rural	Empresas / Gov. Estadual (infraestrutura)
Mudas biotecnológicas elevam o teto agrônomo	Tecnológica e Estrutural	Profissionalizar viveiros e multiplicação clonal	Certificação de viveiros; protocolos de biossegurança; parcerias em cultura de tecidos	Empresas / Instituições de P&D
A inovação depende de coordenação sistêmica	Institucional e Política	Criar um Comitê Permanente de Inovação Agrícola	Metas, indicadores, ciclos de atualização e adoção de tecnologias	Empresas / Cooperativas
A absorção tecnológica exige formação especializada	Cognitiva e Social	Capacitar profissionais híbridos	Programas internos de formação; bolsas setor-empresa; upskilling digital	Empresas / Instituições de Ensino

Fonte: elaborado pelo autor.

O último quadro consolida a principal contribuição desta tese ao transcender a identificação isolada de fatores condicionantes da inovação e avançar para uma síntese estratégica aplicada, capaz de articular diagnóstico, direção e ação no contexto do Sistema Setorial de Inovação agrícola do setor sucroenergético. Diferentemente de abordagens predominantemente descritivas, esta estrutura propõe um encadeamento lógico entre preposições estratégicas, natureza das barreiras, estratégias propostas, ações concretas e agentes responsáveis, configurando um instrumento analítico-operacional voltado à transformação efetiva da base produtiva. Nesse sentido, o quadro atua como uma ponte entre o conhecimento científico e a tomada de decisão institucional, empresarial e organizacional.

A primeira preposição, ao afirmar que a inovação varietal é o motor estrutural da produtividade, sintetiza um consenso técnico amplamente reconhecido, porém historicamente subexplorado em termos estratégicos. A identificação de barreiras institucionais e tecnológicas evidencia que os entraves à adoção varietal não residem apenas na geração de novas cultivares, mas na ausência de modelos organizacionais que tratem variedades como ativos estratégicos de longo prazo. A estratégia proposta — centrada na renovação planejada, adoção progressiva e

consórcios de melhoria — reposiciona a genética como eixo estruturante do sistema produtivo, deslocando-a de uma lógica reativa para uma lógica deliberada e sistêmica, com protagonismo claro de usinas e centros de pesquisa.

No campo da mecanização, a tese rompe com a visão tradicional de máquinas como meros instrumentos operacionais ao sustentar que a mecanização não evolui sem inteligência embarcada. A classificação das barreiras como operacionais e tecnológicas revela que o desafio central não é a disponibilidade de equipamentos, mas sua incapacidade de gerar, integrar e retroalimentar dados para a gestão agrícola. A proposição de transformar máquinas em plataformas de dados, associada a ações como telemetria integrada e reinvestimento tecnológico baseado em performance, estabelece uma mudança paradigmática: a mecanização passa a ser compreendida como infraestrutura informacional, exigindo corresponsabilidade entre usinas e fornecedores.

A terceira preposição reforça uma das contribuições conceituais mais relevantes do estudo ao afirmar que os sistemas de manejo constituem a nova base infraestrutural da agricultura canavieira. Ao identificar barreiras de natureza organizacional e cognitiva, a análise evidencia que a limitação não está na ausência de dados, mas na fragmentação de processos decisórios e na incapacidade de integração sistêmica. A estratégia de implementar núcleos de gestão agrícola de dados, aliada a ações de governança, interoperabilidade digital e conectividade rural, desloca o foco da tecnologia em si para a capacidade organizacional de uso da informação, reconhecendo o papel indutor do Estado na infraestrutura habilitadora.

No que se refere às mudas biotecnológicas, o quadro explicita que o aumento do teto agrônomo está condicionado não apenas ao avanço tecnológico, mas à superação de barreiras estruturais de escala, custo e padronização. A proposta de profissionalização de viveiros e da multiplicação clonal, sustentada por ações como certificação, protocolos de biossegurança e parcerias em cultura de tecidos, posiciona a biotecnologia como um sistema produtivo em si, e não como um insumo isolado. Essa abordagem reforça a necessidade de integração entre empresas e instituições de P&D, ampliando a eficiência e a confiabilidade do processo de difusão tecnológica.

A inovação dependente de coordenação sistêmica constitui um dos achados mais transversais da tese, ao revelar que a ausência de mecanismos permanentes de articulação institucional representa uma das principais fragilidades do sistema setorial. A proposição de criação de um Comitê Permanente de Inovação Agrícola responde diretamente a barreiras institucionais e políticas, oferecendo uma solução de governança capaz de alinhar metas, indicadores e ciclos de atualização tecnológica. Tal estrutura permite reduzir assimetrias de

informação, evitar sobreposições de esforços e acelerar processos de adoção, reforçando o caráter coletivo e coordenado da inovação agrícola.

Por fim, ao reconhecer que a absorção tecnológica exige formação especializada, o quadro incorpora uma dimensão frequentemente negligenciada nos debates sobre inovação: o capital humano. A caracterização das barreiras como cognitivas e sociais evidencia que a difusão tecnológica é limitada pela escassez de profissionais capazes de transitar entre agronomia, dados, gestão e tecnologia. A estratégia de capacitação de profissionais híbridos, associada a programas de formação contínua, bolsas setoriais e iniciativas de upskilling digital, reforça que a inovação sustentável depende da construção de competências, e não apenas da oferta de soluções tecnológicas.

Em síntese, o último quadro representa uma contribuição original e estruturante da tese, ao oferecer um modelo integrativo que articula diagnóstico sistêmico, proposição estratégica e operacionalização concreta da inovação no setor sucroenergético. Ao explicitar responsabilidades, alinhar níveis institucionais e propor mecanismos de coordenação, o modelo avança além da análise acadêmica, configurando-se como uma ferramenta aplicável para políticas públicas, estratégias empresariais e governança setorial. Essa abordagem consolida a tese não apenas como um exercício analítico, mas como um referencial prático para a condução do processo inovativo na agricultura canavieira brasileira.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa permitiu identificar, de forma estruturada, os principais fatores que impulsionam e inibem a inovação na atividade agrícola do setor sucroenergético brasileiro. A partir da análise integrada entre literatura, especialistas e aplicação da metodologia *Fuzzy TOPSIS-Class*, constatou-se que as oportunidades de inovação se concentram em quatro grandes eixos: novas variedades, máquinas e telemetria, sistemas integrados de manejo, e biotecnologia e distribuição de mudas.

Os resultados apontam que os fatores organizacionais e tecnológicos são os principais impulsionadores, enquanto os fatores políticos e externos configuram os maiores inibidores. Tal constatação reforça que, embora o setor possua um histórico consolidado de desenvolvimento tecnológico, ainda enfrenta desafios institucionais, regulatórios e de difusão de conhecimento, que limitam o avanço inovativo na base agrícola.

A análise confirma que a inovação setorial da cana-de-açúcar não depende apenas da criação de novas tecnologias, mas da articulação entre atores, redes e políticas públicas, conforme proposto pela abordagem do Sistema Setorial de Inovação (SSI). As interações entre universidades, centros de pesquisa, empresas e governo permanecem o elemento crítico para o fortalecimento do ecossistema inovador.

Em síntese, esta tese evidencia que o futuro da produtividade e sustentabilidade da cana-de-açúcar no Brasil depende da capacidade de transformar o conhecimento científico e tecnológico em inovação efetiva, o que exige um ambiente institucional favorável, políticas integradas e a contínua articulação entre os agentes do sistema de inovação.

A seguir, apresentam-se as contribuições do trabalho, as limitações da pesquisa e proposições de estudos futuros.

- Contribuições do trabalho

Considera-se que a presente pesquisa oferece contribuições multifacetadas nos âmbitos teórico, metodológico, empírico e prático. Academicamente, a pesquisa amplia a compreensão dos mecanismos de inovação no agronegócio ao associar a teoria evolutiva de inovação à realidade produtiva do setor sucroenergético. Ela também avança teoricamente ao integrar o Sistema Setorial de Inovação (SSI) à ferramenta *Fuzzy TOPSIS-Class*, convergindo a análise multicritério com a dinâmica sistêmica da inovação. Além disso, amplia o conceito de inovação agrícola para além da dimensão tecnológica, incorporando variáveis organizacionais, institucionais e cognitivas.

Metodologicamente, o trabalho desenvolve um modelo replicável de diagnóstico e priorização de oportunidades tecnológicas, que, como contribuição prática, pode ser utilizado como um modelo analítico replicável para outros setores agrícolas. Em termos práticos, a pesquisa fornece subsídios técnicos para decisões empresariais sobre investimentos em inovação e serve como base para o desenho de políticas públicas mais alinhadas à dinâmica sistêmica do setor.

As contribuições empíricas do estudo fornecem *insights* valiosos, evidenciando que os fatores organizacionais e tecnológicos são os maiores impulsionadores da inovação. Por outro lado, confirma-se que barreiras políticas e externas ainda restringem o avanço inovativo. O trabalho também valida a importância dos arranjos interinstitucionais — como universidades, empresas, centros de pesquisa e governo — no processo de inovação.

- Limitações da pesquisa

As limitações deste estudo podem ser categorizadas em três eixos principais: conceituais, metodológicas e empíricas. As limitações conceituais decorrem da própria natureza da coleta de dados, que se baseou na dependência das percepções dos especialistas, apesar de serem qualificados e diversificados. Esta abordagem pode introduzir a possibilidade de vieses cognitivos, que seriam derivados dos cargos, experiências e visões institucionais desses participantes. Outra limitação importante é que a análise foi centrada no elo agrícola da cadeia produtiva, o que resultou em uma menor ênfase nos segmentos industrial e logístico. No campo metodológico, a pesquisa enfrentou a limitação da natureza dinâmica dos fatores políticos, climáticos e tecnológicos, o que sugere a necessidade de revisões periódicas para manter a validade dos achados.

Por fim, as restrições empíricas do estudo circunscrevem-se ao seu escopo geográfico e setorial. A pesquisa está circunscrita ao contexto brasileiro, o que, por consequência, limita a generalização internacional dos resultados sem que sejam realizados ajustes comparativos. Complementarmente, o estudo não contemplou as diferenças entre as regiões produtivas do país, como o contraste entre o Centro-Sul e o Nordeste, por exemplo.

- Proposição de estudos futuros

As recomendações para estudos futuros buscam aprofundar a análise quantitativa e expandir o escopo do modelo desenvolvido para outros contextos. No aprofundamento quantitativo, sugere-se a integração de dados agronômicos, climáticos e produtivos em séries

temporais longas. Isso permitiria a modelagem estatística e econométrica para identificar causalidades entre inovação e desempenho.

Outra área crucial é a diferenciação entre tipos de inovação. Recomenda-se que pesquisas futuras explorem de forma mais aprofundada a inovação incremental *versus* disruptiva no setor. Isso inclui estudos específicos sobre a natureza incremental da inovação agrícola, como melhorias logísticas ou otimização do controle fitotécnico, e análises sobre a inovação disruptiva ainda emergente, como a edição gênica (CRISPR), a agricultura digital avançada e as biofábricas.

Ademais, é recomendado o avanço em análises sistêmicas e institucionais, com foco em estudos sobre a governança da inovação no agronegócio (parcerias público-privadas e redes colaborativas). Devem ser incluídas avaliações sobre o papel do Estado na indução da inovação agrícola e análises sobre como incentivos regulatórios, fiscais e ambientais condicionam o avanço tecnológico. Por fim, a expansão do modelo para outros setores agrícolas, a sua adaptação para sistemas mistos (pecuária x agricultura) e comparações internacionais podem validar a robustez e aplicabilidade da metodologia.

REFERÊNCIAS

- AHMAD, K.; AHMAD, M. F.; KARIM, M. R.; KHAN, M. S.; HOSSAIN, M. A. A review of sugarcane biotechnology in biofuel production. **Agriculture**, v. 14, n. 1, p. 1-22, 2024. DOI: 10.3390/agriculture14010022.
- ALVES, L. R. A.; BARBOSA, A. L. C. Impactos da mecanização na produtividade agrícola agregada da cana-de-açúcar no estado de São Paulo de 2007 a 2013. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, 2016.
- AMATO, B. Você sabia? São necessários cerca de 12 anos para o desenvolvimento de uma nova variedade de cana; entenda o processo. CanaOnline, 13 maio 2021. Disponível em: <https://www.canaonline.com.br/conteudo/voce-sabia-sao-necessarios-cerca-de-12-anos-para-o-desenvolvimento-de-uma-nova-variedade-de-cana-entenda-o-processo.html>. Acesso em: 05/08/2023.
- ANTLE, J. M.; CAPALBO, S. M. Agriculture as a complex system: Emerging challenges and implications for research and policy. **Applied Economic Perspectives and Policy**, v. 42, n. 4, p. 471–489, 2020.
- ARCHIBUGI, D.; FILIPPETTI, Andrea. Innovation and economic crisis: Lessons and prospects from the economic downturn. **Research Policy**, v. 40, n. 2, p. 139–149, 2011.
- ASSAD, E. D.; PINTO, H. S. Mudanças climáticas e a agricultura brasileira: impactos, vulnerabilidades e adaptação. **Revista USP**, n. 133, p. 17–34, 2022.
- ASSIS, C. A.; PEREIRA, R. S.; SILVA, V. H. Agricultura digital no Brasil: desafios e perspectivas. **Revista de Política Agrícola**, v. 29, n. 3, p. 45-58, 2020.
- BACCHI, M. R. P.; CALDARELLI, C. E. Impactos socioeconômicos da expansão do setor sucroenergético no Estado de São Paulo, entre 2005 e 2009. **Nova economia**, v. 25, p. 209-224, 2015.
- BALSALOBRE, T. W. A.; SOUZA, A. P.; LANDELL, M. G. A. Molecular breeding and genomic selection in sugarcane. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 130, p. 23–45, 2017.
- BANCHI, Â. D. et al. Operating cost of sugarcane harvester in function of agricultural productivity and harvester age. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 7, p. 513–519, 2019.
- BARROS, F. F.; MILAN, M. Qualidade operacional do plantio de cana-de-açúcar. **Bragantia**, v. 69, p. 221-229, 2010.
- BARROS, G. S. C.; MORAES, M. A. F. D. A desregulamentação do setor sucroalcooleiro. **Revista de Economia Política**, São Paulo, v. 22, n. 2, p. 156-173, 2002.
- BASSO, B.; ANTLE, J. Digital agriculture to design sustainable agricultural systems. **Nature Sustainability**, v. 3, p. 254–256, 2020.

- BERNARDO, R., LOURENZANI, W., SATOLO, E., & CALDAS, M. Analysis of the agricultural productivity of the sugarcane crop in regions of new agricultural expansions of sugarcane. **Gestão & Produção**, 2019. <https://doi.org/10.1590/0104-530X3554-19>.
- BELTON, V.; STEWART, T. J. Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers (**Springer**), 2002.
- BHADOURIA, R.; SINGH, R.; SINGH, V.K.; BORTHAKUR, A.; AHAMAD, A.; KUMAR, G.; SINGH, P. Agriculture in the era of climate change: Consequences and effects. In *Climate Change and Agricultural Ecosystems*; Elsevier: **Amsterdam**, The Netherlands, 2019; pp. 1–23.
- BIGGS, E.; JUST, D.; LUTFI, A. Agricultural innovation under climate risk: evidence, adoption pathways and decision frameworks. *Agricultural Systems*, v. 191, p. 103–128, 2021.
- BNDES **PAISS**. Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, Plano de Apoio a Inovação do Setor Sucroenergético – Agrícola. 2013. Disponível em <http://www.bndes.gov.br/paissagricola>. Acesso em 03 março de 2023.
- BORSBOOM, D.; DESERNO, M. K.; RHEMTULLA, M.; EPSKAMP, S.; FRIED, E. I.; McNALLY, R. J.; ROBINAUGH, D. J.; PERUGINI, M.; DALEGE, J.; COSTANTINI, G.; ISVORANU, A.-M.; WYSOCKI, A. C.; VAN BORKULO, C. D.; VAN BORK, R.; WALDORP, L. J. Network analysis of multivariate data in psychological science. *Nature Reviews Methods Primers*, v. 1, n. 1, p. 58, 2021.
- BRAIBANTE, M. E. F.; PAZINATO M. S.; ROCHA T. R.; FRIEDRICH L. S.; NARDY F.C. A cana-de-açúcar no Brasil sob um olhar químico e histórico: uma abordagem interdisciplinar. **Química nova na escola**, v. 35, n. 1, p. 3-10, 2013.
- BRANT, E.; ZUNIGA-SOTO, E.; ALTPETER, F. RNAi and genome editing of sugarcane: Progress and prospects. **The Plant Journal**, v. 121, n. 5, p. e70048, 2025. DOI: 10.1111/tpj.70048.
- BRASIL. Ministério do Trabalho. Brazilian Regulatory Standards – NR 12 (maquinaria) e NR 31 (rural). Brasília, 2024.
- BRASIL. NR-12 – Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos; NR-31 – Segurança e saúde no trabalho na agricultura. 2024.
- BUALAM, C.; SHIRAIWA, T. Benefits of crop rotation and intercropping systems on soil structure, nutrient cycling and sustainability in tropical agriculture: a review. *Journal of Agricultural Science*, v. 11, n. 4, p. 145–160, 2019.
- BUAINAIN, A. M.; VIEIRA, P. A. **Produtividade na agricultura: o fator esquecido**. 2018. Disponível em: <https://www.grupocultivar.com.br/artigos/produtividade-na-agricultura-o-fatoresquecido>. Acesso em: 10 jun. 2023.
- BUDEGUER, F.; MONFORT, A.; MOUTSY, F.; REYNA, N.; MARCONI, T.; NICOLOSI, J.; MEZA, C.; VELÁZQUEZ, S.; ACOSTA, N. Genetic transformation of sugarcane: current

status and future perspectives. **Biotechnology Advances**, v. 64, p. 108155, 2023. DOI: 10.1016/j.biotechadv.2023.108155.

BUDEGUER, F.; ENRIQUE, R.; PERERA, M. F.; RACEDO, J.; CASTAGNARO, A. P.; NOGUERA, A. S.; WELIN, B. Genetic Transformation of Sugarcane: Current Status and Future Prospects. **Frontiers in Plant Science**, v. 12, p. 1–18, 2021. DOI: 10.3389/fpls.2021.645891.

CALDARELLI, C. E.; GILIO, L. Expansion of the sugarcane industry and its effects on land use in São Paulo: Analysis from 2000 through 2015. **Land Use Policy**, v. 76, p. 264-274, 2018.

CAMARA, M. R. G. D.; CALDARELLI, C. E. Expansão canavieira e o uso da terra no estado de São Paulo. **Estudos Avançados**, v. 30, p. 93-116, 2016.

CAMEJO, G. M. G.; DE OLIVEIRA, A. F. Expressão espacial do agronegócio da cana-de-açúcar. **In: VI Mostra de estagiários e bolsistas**, 2020.

CARRER, M. J.; SOUZA FILHO, H. M.; VINHOLIS, M. M. B.; MOZAMBANI, C. I. Precision agriculture adoption and technical efficiency: An analysis of sugarcane farms in Brazil. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 177, p. 121510, 2022. DOI: 10.1016/j.techfore.2022.121510.

CARVALHO, J. L. N.; PIRES, R. R. L.; SCARCELLI, M. A.; ASSAD, E. D.; VILELA, L. M. Sistemas de integração lavoura-pecuária no Brasil: aspectos agrônômicos, ambientais e socioeconômicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 42, e0170066, 2018.

CARVALHO, L.; BUENO R. C. O. F.; CARVALHO M. M. FAVORETO A.L. Cana-de-açúcar e álcool combustível: histórico, sustentabilidade e segurança energética. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 16, 2013.

CARVALHO, L. F.; ANDRADE, F. S.; SOUSA, T. M.; SANTOS, Rodrigo M. Carbon footprint of sugarcane ethanol. *Journal of Cleaner Production*, v. 278, 2021.

CASTRO, N. R. et al. The Brazilian agribusiness labor market: measurement, characterization and analysis of income differentials. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 58, 2020.

CAZERI, G. T.; SIGAHI, T. F. A. C.; RAMPASSO, I. S.; DE MORAES, G. H. S. M.; ZANON, L. G.; DE OLIVEIRA GAVIRA, M.; PAULINO PIRES EUSTACHIO, J. H.; LEAL, W.; ANHOLON, R. A multicriteria approach for assessing the maturity of supply chains regarding the implementation of circular economy practices in Brazil. **International Journal of Sustainable Development & World Ecology**, v. 31, n. 5, p. 611-625, 2024. DOI: 10.1080/13504509.2024.2304616

CAZERI, G. T.; HERNANDEZ, J. M. C.; NAKANO, D. N.; OCARIZ, L. F. Content analysis in operations management research: Trends, patterns, and guiding principles. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 42, n. 13, p. 62–91, 2022.

CAZERI, G. T.; SANTA-EULALIA, L. A.; SERAFIM, M. P.; ANHOLON, R. Training for Industry 4.0: a systematic literature review and directions for future research. **Brazilian**

Journal of Operations & Production Management, v. 19, n. 3, e20221355, 2022. DOI: 10.14488/BJOPM.2022.007

CAZERI, G. T.; NAKANO, D. N.; SANTOS, L. C.; LIMA, R. H. P. Content analysis in operations management: Research trends and opportunities. **Production**, v. 26, n. 3, p. 479–491, 2016.

CESCO, S.; SAMBO, P.; BORIN, M.; BASSO, B.; ORZES, G.; MAZZETTO, F. Smart agriculture and digital twins: Applications and challenges in a vision of sustainability. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 216, p. 108416, 2023. DOI: 10.1016/j.compag.2023.108416.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 2015 . Disponível em: < https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2013/11/P4.231_Vinhaca_-Critérios-e-procedimentos-para-aplicacao-no-solo-agricola-3a-Ed-2a-VERSAO.pdf>. Acesso em: 04 de ago. 2023.

CHEAVEGATTI-GIANOTTO, A.; ABREU, H. M.; ARRUDA, P.; BASSO, L. C.; BELA, A. F.; BERTON, L. H. C.; CESNIK, R.; CONEGLIAN, C. M. G.; COUTO, N. L.; FERNANDES JUNIOR, A. R.; SOUZA, A. P. de; LEME, E. de J. A.; LIMA, M. L. de; LOPES, M. A.; MACEDO, N.; MATSUOKA, S.; OLIVEIRA, F. T. de; PATERNIANI, J. E. M.; SCHNEIDER, E.; SILVA-FILHO, M. C.; SOUZA, G. M. de; VIEIRA, L.G. E. Biotechnology of sugarcane: challenges and prospects. **Tropical Plant Biology**, v. 4, p. 62–89, 2011.

CHEAVEGATTI-GIANOTTO, A.; GENTILE, A.; OLDEMBURGO, D. A.; MERHEB, G. A.; SERENO, M. L.; LIRETTE, R. P.; FERREIRA, T. H. S.; OLIVEIRA, W. S. Lack of detection of Bt sugarcane Cry1Ab and NPTII DNA and proteins in sugarcane-derived products. **Frontiers in Bioengineering and Biotechnology**, v. 6, art. 24, 2018. DOI: 10.3389/fbioe.2018.00024.

CLIMATE POLICY INITIATIVE (CPI/PUC-Rio). Family farming in Brazil: inequalities in credit access. **Climate Policy Initiative**, 2023.

CINELLI, M.; COLES, S. R.; KIRWAN, K. Analysis of the potentials of multi criteria decision analysis methods to conduct sustainability assessment. **Ecological Indicators**, v. 46, p. 138–148, 2014.

COHEN, W.M., LEVINTHAL, D.A. Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation, **Adm. Sci. Q.** 35, pg. 128–152 1990.

COLETI, J.T.; STUPIELLO, J.J.; Plantio da cana-de-açúcar. In. SEGATO, S.V; PINTO, A.S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J.C.M.. Atualizações em produção de cana-de-açúcar. Piracicaba: **CP 2**, 2006.

CONSECANA, Conselho dos Produtores de Cana de Açúcar, Açúcar e Etanol do Estado de São Paulo, 2023. Disponível Em <https://www.consecana.com.br/Formacao.asp>>. Acesso em: 10 de Jul. 2023.

CONTINI, E.; CONCEIÇÃO, J. C. P.; MARRA, R.; GASQUES, J. G.; BASTOS, E. T.; REIS, José Carlos. *Desafios da Agricultura Brasileira*. Brasília: Embrapa, 2020.

CRISTOFOLETTI, A. Brazilian nutritional management index: conceptual basis and application for improving sugarcane production systems. **STAB – Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v. 27, n. 2, p. 32–38, 2009.

CTC. Centro de Tecnologia Canavieira, 2023. Disponível em; <https://ctc.com.br/>. Acesso em 05 de julho de 2023.

CURSI, D. E.; HOFFMANN, H. P.; BARBOSA, G. V. S.; BRESSIANI, J. A.; GAZAFFI, R.; CHAPOLA, R. G.; FERNANDES JUNIOR, A. R.; BALSALOBRE, T. W. A.; DINIZ, C. A.; SANTOS, J. M.; CARNEIRO, M. S. History and Current Status of Sugarcane Breeding, Germplasm Development and Molecular Genetics in Brazil. **Sugar Tech**, v. 24, n. 1, p. 112–133, 2022.

DAHESH, M. B.; MERTENS, L.; JONG, S.; CAI, J. Reviewing the intellectual structure and evolution of the innovation systems approach: A social network analysis. **Technology in Society**, v. 63, p. 101399, 2020.

DAMANPOUR, F. Organizational Innovation: A Meta-Analysis of Effects of Determinants and Moderators. **Academy of Management Journal**, v. 34, n. 3, p. 555-590, 1991.

DE NEGRI, F.; SQUEFF, F. de H. S. Sistemas setoriais de inovação e infraestrutura de pesquisa no Brasil. – Brasília : IPEA : **FINEP** : CNPq. 637 p, 2016.

DELMOND, J. G., JUNNYOR, W. D. S. G., DE BRITO, M. F., ROSSONI, D. F., ARAUJO JUNIOR, C. F., DA COSTA SEVERIANO, E., & SEVERIANO, E. C. Which operation in mechanized sugarcane harvesting is most critical for soil compaction? **Geoderma**, v. 459, 2024.

DEMANPOUR, F. Organizational Innovation: A Meta-Analysis of Effects of Determinants and Moderators. *The Academy of Management Journal*, Vol. 34, No. 3, pp. 555-590. 1991.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; FRACASSO, J. V.; COLETTI, C.; CAVICHIOLI, J. C.; COSTA, V. P. Integrated pest management in sugarcane: a case study from Brazil. **Sugar Tech**, v. 21, n. 4, p. 557-566, 2019.

DINESH BABU, K. S. et al. A short review on sugarcane: its domestication, molecular manipulations and future perspectives. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 69, n. 8, p. 2623-2643, 2022.

DOSI, G. Technological paradigms and technological trajectories. **Research Policy**, 11, 147–163, 1982.

DURÁN-SANDOVAL, D. Food, climate change, and the challenge of innovation. **Climate**, v. 3, n. 3, p. 1-16, 2023. DOI: 10.3390/climate3030060.

EDQUIST, C. Systems of innovation: Perspectives and challenges. **The Oxford Handbook of Innovation**, 2006. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199286805.003.0007>

ELO S, KYNGÄS H. The qualitative content analysis process. **J Adv Nurs**. 62(1):107–115. doi: 10.1111/j.1365- 2648.2007.04569.x, 2008.

FAGERBERG, J.; SRHOLEC, Martin. Capabilities, economic development and development strategies. **Journal of Economic Surveys**, v. 31, n. 2, p. 431–451, 2017.

FAO. United Nations Food and Agriculture Organization. Faostat. 2023. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 10 jun. 2023.

FERNANDES, M. et al. Challenges of digital solutions in sugarcane crop production: a review. **Sugar Tech**, v. 24, p. 135-147, 2022.

FERREIRA, L.; BORENSTEIN D; RIGHI M. B.; ALMEIDA FILHO A. T. A fuzzy hybrid integrated framework for portfolio optimization in private banking. **Expert Systems with Applications**, v. 92, p. 350–362, 2018.

FIELKE, S. J.; TAYLOR, B. M.; JAKKU, E.; MOOIJ, M.; STITZLEIN, C.; FLEMING, A.; THORBURN, P. J.; WEBSTER, A. J.; DAVIS, A.; VILAS, M. P. Grasping at digitalisation: turning imagination into fact in the sugarcane farming community. **Sustainability Science**, v. 16, p. 677-690, 2021. DOI: 10.1007/s11625-020-00885-9.

FOLEY, J. A.; RAMANKUTTY, N.; BRAUMAN, K. A.; CASSIDY, E. S.; GERBER, J. S.; JOHNSTON, M.; MUELLER, N. D.; O’CONNELL, C.; RAY, D. K.; WEST, P. C.; BALZER, C.; BENNETT, E. M.; CARPENTER, S. R.; HILL, J.; MONFREDA, C.; POLASKY, S.; ROCKSTRÖM, J.; SHEEHAN, J.; SIEBERT, S.; TILMAN, D.; ZAKS, David P. M. Solutions for a cultivated planet. **Nature**, v. 478, p. 337–342, 2011.

FREEMAN, C. The ‘national system of innovation’ in historical perspective. **Camb. J. Econ.** v.19, 5–24,1995.

FURLAN, R. L. et al. The role of training in integrated pest management adoption. *Journal of Integrated Pest Management*, v. 11, n. 1, 2020.

FURTADO, A. T.; SCANDIFFIO, M. I. G.; CORTEZ, L. A. B. The Brazilian sugarcane innovation system. **Energy Policy**, v. 39, n. 1, p. 156-166, 2011.

FURTADO, C. *Formação Econômica do Brasil*. 36. ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2007.

GANGADHAR, B. H.; SAJEEVAN, R. S.; MOHAN, C.; VENKATESH, J.; PRASAD, V.; UDAYAKUMAR, M.; KIM, D. H. Genome editing and genetic engineering in sugarcane: current applications and future prospects. **Plant Cell Reports**, v. 40, p. 9–24, 2021. DOI: 10.1007/s00299-020-02634-0.

GARCIA, M. ICT adoption in rural Brazil: implications for integrated management. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 29, n. 1, p. 132-161, 2019.

GASQUES, J. G.; BACCHI, M. R. P.; RODRIGUES, L.; BASTOS, E. T.; CONSTANZA, V. Produtividade da agricultura brasileira: a hipótese da desaceleração. **In: Agricultura**,

transformação produtiva e sustentabilidade. Brasília: Ipea, 391 p., 2016. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/9241>. Acesso em: 05 jul. 2023.

GASQUES, J. G.; BASTOS, E. T.; BACCHI, M. R. P.; VIEIRA FILHO, João Eduardo Raimundo. Produtividade da agricultura brasileira. Brasília: **Embrapa**, 2021.

GAULT, F. Defining and measuring innovation in all sectors of the economy. **Research policy**, v. 47, n. 3, p. 617-622, 2018.

GAZAFFI, R.; CURSI, D. E.; CHAPOLA, R. G. et al. RB varieties: a major contribution to the sugarcane industry in Brazil. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 17, n. 4, p. 371-379, 2017. DOI: 10.1590/1984-70332017v17n4a57.

GEELS, F.W. From sectoral systems of innovation to socio-technical system Insights about dynamics and change from sociology and institutional theory. **Res. Pol.** 33, 897-920, 2004.

GILIO, L.; DE MORAES, M. A. F. D. Sugarcane industry's socioeconomic impact in São Paulo, Brazil: A spatial dynamic panel approach. **Energy Economics**, v. 58, p. 27-37, 2016.

GOES, T.; MARRA, R. A expansão da cana-de-açúcar e sua sustentabilidade, 2008. Disponível em: <https://www.embrapa.br/imprensa/artigos/2008/A>. Acesso em: 11 jun. 2023.

GOLDEMBERG, J.; MELLO, F. F. C.; CERRI, C. E. P.; DAVIES, C. A.; CERRI, C. C. Meeting the global demand for biofuels in 2021 through sustainable land use change policy. **Energy Policy**, v. 69, p. 14-18, 2014.

GOLDEMBERG, J., COELHO, S. T., & GUARDABASSI, P. The sustainability of ethanol production from sugarcane. **Energy Policy**, v. 36, p. 2086– 2097, 2008.

GOUVÊA, J. R. F.; SENTELHAS, P. C.; MONTEIRO, L. A.; LYRA, Gustavo B. Climate change impacts on sugarcane yield in Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 140, p. 479–492, 2020.

GOUVEIA, J. R. F. Mudanças climáticas e a expectativas de seus impactos na cultura de cana-de-açúcar na região de Piracicaba, SP. Orientador: Paulo Cesar Sentelhas. 2008. 100 f. Dissertação (mestrado). Curso de física do meio ambiente, Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2008.

GRANCO, G.; CALDAS, M.M.; BERGTOLD, J.S.; SANT'ANNA, A.C. Exploring the policy and social factors fueling the expansion and shift of sugarcane production in the Brazilian Cerrado. **GeoJournal**, v. 82, p. 63-80, 2017

GROVES, R. M. et al. Survey methodology. **John Wiley & Sons**, 2011.

GUERZONI, J.T.S., BELINTANI, N.G., MOREIRA, R.M.P., HOSHINO, A.A., DOMINGUES, D.S., FILHO, J.C.B., VIEIRA, L.G.E., 2014. Stress-induced-pyrroline-5-carboxylate synthetase (P5CS) gene confers tolerance to salt stress in transgenic sugarcane. *Acta Physiol. Plant.* 36, 2309–2319. <https://doi.org/10.1007/s11738-014-1579-8>.

GUILHOTO, J. J. M., MARJOTTA-MAISTRO, M. C., BARROS, A., & ISTAKE, M. Emprego e Mecanização na Colheita da Cana-de-Açúcar: **diferenças regionais**. 2004.

HARHOFF, D.; LAKHANI, K. R. Revolutionizing innovation: Users, communities, and open innovation. **Mit Press**, 2016.

HEALY, A.; MORGAN, K. Spaces of innovation: Learning, proximity and the ecological turn. **Regional Studies**, v. 46, n. 8, p. 1041-1053, 2012.

HERRERA, F.; MARTÍNEZ, L. A 2-tuple fuzzy linguistic representation model for computing with words. **IEEE Transactions on Fuzzy Systems**, v. 8, n. 6, p. 746–752, 2000.

HWANG, C. L.; YOON, K. Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications. New York: **Springer-Verlag**, 1981.

IAA/PLANALSUCAR. Superintendente Geral, Piracicaba, SP. Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil. coordenação: José Orlando F. Piracicaba. 369 p. 1983.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Tabela 1612: Área plantada/colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção das lavouras temporárias. 2023. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1612>. Acesso em: 10 jul. 2023.

IEA. Instituto de Economia Agrícola. Protocolo agroambiental do setor sucroenergético Paulista: Dados consolidados das safras. 2015. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/Relat%C3%B3rioConsolidado1512.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2023.

ISHIKAWA, F. et al. A Data-Driven Approach to Sugarcane Breeding Programs with Agronomic Characteristics and Amino Acid Constituent Profiling. *Metabolites*, 2024.

ITURRA, A. R. Histórico das Microdestilarias de Álcool no Brasil. Relatório apresentado ao Ministério de Desenvolvimento Agrário (MDA) e à Comissão Executiva do Biodiesel, coordenada pela Casa Civil da Presidência da República. 2004.

IVO, W. M. P. M.; ROSSETO, R.; SANTIAGO, A. D.; BARBOSA, G. V. S.; VASCONCELOS, J. N. Impulsionando a produção e a produtividade da cana-de-açúcar. **In: Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e Políticas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008.

JADOSKI, C.J.; TOPPA, B.E.V.; JULIANETTI, A.; HULSBOF, T.; ONO, E.O.; RODRIGUES, J.D. Physiology development in the vegetative stage of sugarcane. **Pesquisa aplicada e agrotecnologia**, [S.l.], v. 3, n. 2, maio/ago. 2010.

JAVAID, M.; HALEEM, A.; SINGH, R. P.; SUMAN, R. — Enhancing smart farming through the applications of Agriculture 4.0 technologies. *International Journal of Intelligent Networks*, v. 3, n. 2, p. 150-164, 2022. DOI: 10.1016/j.ijin.2022.09.004.

JAVED, T. et al. Transcription factors in plant stress responses: Challenges and potential for sugarcane improvement. **Plants**, v. 9, n. 4, p. 491, 2020.

KAHRAMAN, C.; ÖZTAYŞI, B.; SARICI, S.; CUĞ, F. Fuzzy multicriteria decision-making for supplier selection using Fuzzy TOPSIS and Fuzzy AHP. **International Journal of Computational Intelligence Systems**, v. 9, n. 4, p. 1–17, 2016.

KAUR, A.; SANDHU, J. .. High throughput in vitro micropropagation of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) from spindle leaf roll segments: Cost analysis for agri-business industry. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, v. 120, p. 339-350, 2015. DOI: 10.1007/s11240-014-0610-5.

KLEIN, B. C.; MARTINS, F. H.; PIACENTIN, J. S.; MACIEL FILHO, R.; WOLF MACIEL, M. R. Low carbon biofuels and the New Brazilian National Biofuel Policy (RenovaBio): A case study for sugarcane mills and integrated sugarcane-microalgae biorefineries. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 115, p. 109365, 2019.

KLEINHEKSEL, A. J.; ROCKICH-WINCKEL, M.; KRETZER, K.; OTTEN, S. A. Qualitative research: A guide to design and implementation for practitioners. **The Qualitative Report**, v. 24, n. 12, p. 3183–3203, 2019.

KLEINHEKSEL, A. J.; ROCKICH-WINSTON N.; TAWFIK H.; WYATT T. R. Demystifying content analysis. **American journal of pharmaceutical education**, v. 84, n. 1, p. 7113, 2020.

KLERKX, L.; AARTS, N.; LEEUWIS, C. Adaptive management in agricultural innovation systems: The interactions between innovation networks and their environment. **Agricultural systems**, v. 103, n. 6, p. 390-400, 2010.

KLERKX, L.; VAN MIERLO, B.; LEEUWIS, C. Evolution of systems approaches to agricultural innovation. **Agricultural Systems**, v. 108, p. 1–6, 2012.

KIKER, G. A.; BRIDGES, T. S.; VARGHESE, A.; SEAGER, T. P.; LINKOV, I. Application of multicriteria decision analysis in environmental decision making. **Integrated Environmental Assessment and Management**, v. 1, n. 2, p. 95–108, 2005.

KODAMA, I. S.; LOURENZANI, W. L. Mudanças no uso da terra a partir da expansão do cultivo da cana-de-açúcar na região oeste do estado de São Paulo. **Desenvolvimento em Questão**, v. 19, n. 55, p. 132-153, 2021.

KUMAR, T.; KUMAR, B.; YADAV, D.; SINGH, J. S.r; SINGH, R. K.; KUMAR, Manoj. Genetic engineering for enhancing sugarcane tolerance to environmental stresses. **Plants**, v. 13, n. 13, p. 1739, 2024.

LANDELL, M. G. A.; BRESSIANI, José A. Cana-de-açúcar: variedades e melhoramento genético. **Boletim IAC**, 2018.

LAJOLO, F. M.; YOKOYAMA, S. M.; CHEAVEGATTI-GIANOTTO, A. Sugar derived from genetically modified sugarcane. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 41, n. 1, p. 1–7, 2021. DOI: 10.1590/FST.11520.

LANDELL, M. G. A.; CAMPANA, M. P.; FIGUEIREDO, P.; XAVIER, M. A.; VASCONCELOS, A. C. M.; PERECIN, D.; ANJOS, I. A.; CAVICHIOLI, J. C.; SILVA, M.

A.; DINARDO-MIRANDA, L. L. Melhoramento da cana-de-açúcar. In: BORÉM, A. (Org.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2013. p. 465-494.

LANDELL, M. G. A.; CAMPANA, M. P.; FIGUEIREDO, P.; XAVIER, M. A.; VASCONCELOS, A. C. M.; PERECIN, D.; ANJOS, I. A.; CAVICHIOLI, J. C.; SILVA, M. A.; DINARDO-MIRANDA, L. L. Sistema de multiplicação de cana-de-açúcar com uso de mudas pré-brotadas (MPB), oriundas de gemas individualizadas. Ribeirão Preto: **Instituto Agrônômico de Campinas**, 2012. 17 p. (Documentos IAC, 109).

LOBELL, D. B.; SCHLENKER, W.; COSTA-ROBERTS, J. Climate trends and global crop production since 1980. **Science**, v. 333, n. 6042, p. 616-620, 2011.

LIANG, Q.; LIU, X.; ZHOU, H.; LEI, J.; LIN, S.; YAN, M.; VERMA, K. K.; WEI, K.; WEI, H.; LI, W.; LI, Y.; SONG, X.; LI, Y. Breeding and regional production capacity performance of new sugarcane cultivar GT 66. *Scientific Reports*, v. 15, art. 12963, 2025. DOI: 10.1038/s41598-025-94458-4.

LIMA, A. C. D. de; BARBOSA, S. M.; CASTRO, G. F. A.; MAGALHÃES, M. H. C. Alterações sensoriais em respiradores orais: revisão sistemática baseada no método PRISMA. **Revista Paulista de Pediatria**, v. 37, n. 1, p. 97-103, 2018.

LOARIE, S. R.; LOBELL, D. B.; ASNER, G. P.; MU, Q.; FIELD, C. B. Direct impacts on local climate of sugar-cane expansion in Brazil. **Nature Climate Change**, v. 1, n. 2, p. 105–109, 2011.

LOWENBERG-DEBOER, J.; ERICKSON, B.; JANSSEN, M.; THOMPSON, N. Infrastructure needs for precision agriculture adoption. **Precision Agriculture**, v. 21, p. 1-22, 2020.

LU, G.; LIU, P.; WU, Q.; ZHANG, S.; ZHAO, P.; ZHANG, Y.; QUE, Y. Sugarcane breeding: a fantastic past and promising future driven by technology and methods. **Frontiers in Plant Science**, v. 15, p. 1375934, 2024.

LUNDEVALL, B. National innovation systems and globalization. **The learning economy and the economics of hope**, v. 351, 2016.

MACEDO, I. C.; SEABRA, J. E. A.; SILVA, J. E. A. R. Greenhouse gases emissions in the production and use of ethanol from sugarcane in Brazil: The 2005/2006 averages and a prediction for 2020. **Biomass and Bioenergy**, v. 32, p. 582–595, 2008.

MAHASUWEERACHAI, P.; SUKSAWAT, J. Incentives for mechanized cane harvesting in Thailand: a choice experiment. *Journal of Asian Economics*, v. 78, p. 101434, 2022. DOI: 10.1016/j.asieco.2021.101434.

MAHADEVAIAH, S.; RATHORE, A.; SINGH, M. K.; SINGH, R.; KUMAR, C.; MANJUNATHA, N.; PRASANNA, O. M.; MALLIKARJUNAIAH, C. P.; GOVINDA RAJ, P. V. S.; DESAI, A. M. Genomic selection in sugarcane: current status and future prospects. **Plants**, v. 9, n. 10, p. 1323, 2020. DOI: 10.3390/plants9101323.

MALERBA, F. Sectoral systems of innovation and production, **Res. Pol.**, v. 31, p. 247–264, 2002.

MALERBA, F. Sectoral Systems: How and Why Innovation Differs across Sectors. **the Oxford Handbook Of Innovation**, pg. 380-401, 2006.

MALERBA, F.; ORSENIGO, L. Knowledge, innovation activities and industrial evolution. **Industrial and Corporate Change**, v. 9, p. 289–313, 2000.

MANHÃES, C. M. C.; SOUZA, J. L.; MENDONÇA, E. S.; PEREIRA, J. R. Fatores que afetam a brotação e o perfilhamento da cana-de-açúcar. **Revista Vértices**, v. 17, n. 1, p. 163-181, 2015.

MARINATO, D. F.; ANHOLON, R.; SIGAHI, T. F. A. C.; RAMPASSO, I. S.; DE MORAES, G. H. S. M.; ÁVILA, L. V.; LEAL FILHO, W. Assessing the quality of virtual student internships in Brazilian organizations: potential and use of Fuzzy TOPSIS Class. **Applied Mathematics**, v. 5, n. 84, p. 1–18, 2025.

MARTINELLI, L. A.; FILOSO, S. Expansion of sugarcane ethanol production in brazil: environmental and social challenges. **Ecological Applications**, v. 18, n. 4, p. 885-898, 2008.

MARTINS, F. M.; BARIONI, L. G.; HERRERO, M.; FRANCO, J. G.; ASSAD, E.; LOPES, Marcio A. Climate trends and sugarcane productivity in Brazil. **Agricultural Systems**, v. 180, 2020.

MCFADDEN, J.; NJUKI, E.; GRIFFIN, T. Precision Agriculture in the Digital Era: Recent Adoption on U.S. **Farms**. USDA Economic Information Bulletin (EIB) 248, February 2023. CODE: U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service.

MEAD, R.; MAHONEY, M. Consumer acceptance of GM sugar and bioethanol. **Journal of Consumer Behaviour**, v. 10, n. 6, p. 307–315, 2011.

MEENA, R. et al. Recent advances in sugarcane genomics, physiology and phenomics for superior agronomic traits. **Frontiers in Genetics**, v. 13, 2022. DOI: 10.3389/fgene.2022.854936.

MELLO, R. da C. Plantio mecanizado de cana. 2020. Revista Cultivar. Disponível em: <https://revistacultivar.com.br/artigos/plantio-mecanizado-de-cana>. Acesso em 03 de agosto de 2023.

MELO, V.; DUTTA, Soumitra. Global Innovation Index 2020: Who Will Finance Innovation? Geneva: WIPO, 2020.

MOLIN, J. P.; AMARAL, L. R.; COLAÇO, A. Agricultura de precisão. São Paulo: **Oficina de Textos**, 2015.

MOORE, P. H.; PATERSON, A. H.; TEW, T. L. Sugarcane: The crop, the plant, and its domestication. In: MOORE, P. H.; BOTHA, F. C. (Org.). **Sugarcane: Physiology, Biochemistry & Functional Biology**. Ames: Wiley-Blackwell, 2014. p. 1-17.

MORAES, M. A.; ZILBERMAN, David. Production and innovation in the Brazilian ethanol industry. **Energy Economics**, v. 43, p. 1–12, 2014.

MORAES, M.A.F.D. Indicadores do mercado de trabalho do sistema agroindustrial da cana-de-açúcar do Brasil no período 1992-2005. **Estudos Econômicos**, v. 37, n. 4, p. 875-902, 2007.

x- MORETTO, G. A.; CAVICHIOLI, F. A. O plantio mecanizado da cana-de-açúcar: aspectos desse processo. **Revista Interface Tecnológica**, v. 19, n. 2, p. 572-583, 2022.

MORETTO, R. T.; CAVICHIOLI, João C. Sistema de mudas pré-brotadas. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 19, n. 1, p. 45–60, 2022.

MUNDA, G. Social Multi-Criteria Evaluation: Methodological Foundations and Operational Consequences. **European Journal of Operational Research**, v. 158, n. 3, p. 662–677, 2004.

MSOMBA, J. S.; ZHANG, H.; LI, X.; KIMARO, A. Sugarcane sustainability in a changing climate: a systematic review on pests, diseases, and adaptive strategies. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, v. 8, 2024. NARAYANAN, S. P. et al. Improving nitrogen use efficiency in sugarcane: current status and future perspectives. *Plant Science*, v. 323, p. 111358, 2022.

NASS, L.L.; PEREIRA, P.A.A.; ELLIS, D. Biofuels in Brazil: an overview. **Crop science**.v.47, n.6, p. 2228-2237, 2007.

NELSON, R. R. (ed.). *National Innovation Systems: A Comparative Analysis*. New York: **Oxford University Press**, 1993.

NELSON, R. R.; WINTER, S. G. *An evolutionary theory of economic change*. Cambridge: **Belknap Press of Harvard University Press**, 1982.

NEVES, M. F. *Mapeamento e quantificação do sistema agroindustrial da cana-de-açúcar*. São Paulo: **Atlas**, 2012.

NYKO, D.; VALENTE, M.; MILANEZ, A.; TANAKA, A.; RODRIGUES, A. A evolução das tecnologias agrícolas do setor sucroenergético: estagnação passageira ou crise estrutural? *Bionergia*. **BNDES Setorial** 37, p. 399-442, 2013.

OECD. *Oslo Manual: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation*. 4. ed. Paris: OECD Publishing, 2018.

OECD. *Oslo Manual: Proposed Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data*. 3. ed. Paris: OECD Publishing, 2005.

OLIVEIRA, A. C.; SANTOS, F.; SILVA, M. Sugarcane agribusiness in the Brazilian Northeast: economic growth and sustainability. **Economia Aplicada**, v. 26, 2022.

OLIVEIRA, M. D.; COELHO, Abdon R. Sugarcane yield variability and climate effects. **Scientia Agricola**, v. 78, n. 3, p. e20190128, 2021.

PAMPLONA, C. Proálcool: Impacto em termos técnico-econômicos e sociais do programa no Brasil. **Piracicaba**: setor de comunicação Planalsucar, 93 p. 1984.

PAVITT, K. Sectoral patterns of technical change: toward a taxonomy and a theory. **Res. Pol.** 13, pg. 343–373, 1984.

PELLEGRINO, G.; PIVA, M. Innovation, industry and firm age: are there new knowledge production functions? **Eurasian Business Review**, v.10, p. 65–95, 2019.

PEREIRA, A. S.; TORRES, J. L. R.; FURLANI, C. E. A. Big Data e agricultura de precisão: integração de dados e impactos na produtividade agrícola. **Ciência Rural**, v. 51, n. 2, e20200542, 2021.

PEREIRA, S. C.; BARROS, F. G.; SOUZA, G. F. Economic viability of bioelectricity generation from sugarcane bagasse. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 143, p. 110910, 2021.

PLANALSUCAR. Cultura da cana-de-açúcar. Manual de orientação. Piracicaba, SP, 56 p. 1986.

PORTER, M. E. The Competitive Advantage of Nations. New York: **Free Press**, 1990.

PRAY, C.; DA SILVA, J.; SANDERSON, K.; et al. Private agricultural R&D and innovation in Brazil, China and India. **Farm Foundation Report**, EIB-248, 2016.

PROENÇA, E. R. Caracterização da produção de cana-de-açúcar e de inovações tecnológicas adotadas por Usinas da Regional de Andradina (SP). 2008, 69p. Dissertação de Mestrado – **Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira**, Universidade Estadual Paulista, 2008.

RAJESWARI, S.; THIRUGNANAKUMAR, S.; ANANDAN, A.; KRISHNAMURTHI, M. Somaclonal variation in sugarcane through tissue culture and evaluation for quantitative and quality traits. **Euphytica**, v. 168, p. 71–80, 2012. DOI: 10.1007/s10681-009-9889-4.

REIS, L. F.; ALVES, F. J. C. Brazilian sugarcane agro-industry human resources' management: strategies to increase work intensity. **Gestão & Produção**, v. 27, n. 2, e5147, 2020. DOI: 10.1590/0104-530x5147-20.

RFA. Renewable Fuels Association. World Fuel Ethanol Production. Disponível em: <https://ethanolrfa.org/resources/industry/statistics/#1537559649968-e206480c-7160>. Acesso em: 12 ago. 2023.

RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C. Biomassa da cana-de-açúcar. **Piracicaba**: ESALQ/USP, 2009.

ROCKSTRÖM, J.; GAFFNEY, O.; ROGELJ, J.; MEINSHAUSEN, M.; NAKICENOVIC, N.; SCHELLNHUBER, Hans Joachim. A roadmap for rapid decarbonization. **Science**, v. 355, n. 6331, p. 1269–1271, 2017.

ROY, B. Multicriteria methodology for decision aiding. **Dordrecht**: Springer-Verlag, 1996.

RUIZ, M. **Proálcool e seu desenvolvimento**. Disponível em:

<https://www.biodieselbr.com/proalcool/pro-alcool/programa-etanol>. Acesso em: 2 jun. 2006.

SALVADOR-OLIVÁN, J. A.; MARCO-CUENCA, G.; ARQUERO-AVILÉS, R. Evaluación de la investigación con encuestas en artículos publicados en revistas del área de Biblioteconomía y Documentación. **Revista española de documentación científica**, v. 44, n. 2, p. e295-e295, 2021.

SANTOS, N. T.; DONAGEMMA, G. K.; MENDES, A. M.; ALVES, M. R. Environmental impacts of agricultural mechanization: advances in machine design and operational strategies to reduce emissions and soil degradation. **Journal of Cleaner Production**, v. 223, p. 244-256, 2019.

SATOLO, L. F.; BACCHI, M. R. P. Dinâmica econômica das flutuações na produção de cana-de-açúcar. **Economia Aplicada**, v. 13, n. 3, 2009, pp. 377-397, 2009.

SAVICKAS, D.; STEPONAVIČIUS, D.; DOMEIKA, R. Analysis of Telematics Data of Combine Harvesters and Evaluation of Potential to Reduce Environmental Pollution. **Atmosphere**, v. 12, n. 6, art. 674, 2021. DOI: 10.3390/atmos12060674.

SAXENIAN, A. Regional Advantage: Culture and Competition in Silicon Valley and Route 128, With a New Preface by the Author, **Harvard University Press**, 1996, p. I–IV. JSTOR, <https://doi.org/10.2307/j.ctvjnrsh.1>. Acesso 13 agosto 2023.

SCHUMPETER, J. A. *Capitalism, Socialism and Democracy*. New York: Harper & Brothers, 1942.

SEABRA, J. E. A.; MACEDO, Isaias C. Life-cycle impacts of ethanol from sugarcane. *Biomass & Bioenergy*, v. 35, p. 2581–2590, 2011.

SEARCHINGER, T.; HANSON, C.; RANGANATHAN, J.; LIPPI, R.; WAITE, R.; CLAUSSEN, U.; MALLET, P.; WU, Teresa. *Creating a sustainable food future*. World Resources Institute, 2019.

SHABBIR, R.; KHAN, M. S.; NIAZI, N. K.; AHMAD, M. Biotechnological developments in sugarcane improvement. **Biotechnology Advances**, v. 59, p. 108064, 2023. DOI: 10.1016/j.biotechadv.2022.108064.

SHABBIR, R.; WU, J.; SHAH, M.; ALI, Q.; IQBAL, S.; SHABBIR, M.; NASEEM, Z.; SALEEM, M. H.; DEBROY, S.; CHEN, S. Modern biotechnologies: innovative and sustainable approaches for the improvement of sugarcane tolerance to environmental stresses. **Agronomy**, v. 11, n. 9, p. 1758, 2021. DOI: 10.3390/agronomy11091758.

SCHEIDL, H. A.; SIMON, A. T.; PACAGNELLA JUNIOR, A. C.; SALGADO JÚNIOR, A. P. Environmental impacts of mechanization in Brazil's sugar and ethanol industry: The cutting, loading, and transportation process case. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, v. 34, n. 6, p. 1748-1755, 2015.

SILVA, D. F. S.; BOMTEMPO, J. V.; ALVES, F. C. Innovation opportunities in the Brazilian sugar-energy sector. **Journal of Cleaner Production**, v. 218, p. 871-879, 2019.

SILVA, D.; BOMTEMPO, J. V.; ALVES, F. The innovation system of the Brazilian bioeconomy. **Journal of Cleaner Production**, v. 278, p. 123-135, 2021.

SILVA, F. M.; CORDEIRO, M. A.; LOURENÇO, L. F.; MARTINS, J. F. S.; CHIODEROLI, C. A.; FURLANI, C. E. A. Advancements of agriculture 4.0 in mechanized sugarcane harvesting: a review. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 185, p. 106132, 2021.

SINGH, R. K.; KUMAR, T.; PATEL, A. K.; KUMAR, Manoj. Advances in tissue culture and genetic transformation in sugarcane. **Sugar Tech**, v. 23, p. 1-15, 2021.

SINGH, P.; KUMAR, S.; SHARMA, S.; SINGH, R. K. Integration of sugarcane production technologies for enhanced cane and sugar productivity targeting to increase farmers' income: strategies and prospects. **Biotech**, v. 9, n. 2, p. 1-12, 2019. DOI: 10.1007/s13205-019-1568-0.

SINGH, A.; SHRAOGI, N.; VERMA, R.; SAJI, J.; KAR, A. K.; TEHLAN, S.; GHOSH, D.; PATNAIK, S. Challenges in current pest management practices: navigating problems and a way forward by integrating controlled release system approach. **Chemical Engineering Journal**, v. 498, p. 154989, 2024.

SOUZA, G. M.; MARTINS, M. O.; BERNARDI, J. Sugarcane physiological responses to environmental stresses: recent advances and future directions. **Sugar Tech**, v. 22, n. 5, p. 787-803, 2020.

SOUZA, G. M.; GARCIA, A. A. F.; KIDO, E. A. Biotecnologia aplicada à canavieira: inovações em propagação e melhoramento. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 49, n. 1, p. 1-12, 2019.

SOUZA, J. L.; CARNEIRO, R. M.; SILVA, F. C.; SANTOS, N. J.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P. Development of mechanical equipment for transplanting sugarcane (*Saccharum* spp. hybrids) sprouts. **Sugar Tech**, v. 20, n. 1, p. 47-55, 2018.

SOUZA, Z. M.; CERRI, D. G. P.; TORMENA, C. A.; MARTINS FILHO, M. V.; JORGE, R. F. Labour requirements in mechanized sugarcane systems. **Biosystems Engineering**, v. 160, p. 92-103, 2017.

STOLF, R.; OLIVEIRA, A.P. R. de. The success of the Brazilian alcohol program (PROÁLCOOL)-a decade-by-decade brief history of ethanol in Brazil. **Engenharia Agrícola**, v. 40, p. 243-248, 2020.

SUOMINEN, A.; SEPPÄNEN, M.; DEDEHAYIR, O. A bibliometric review on innovation systems and ecosystems: a research agenda. **European Journal of Innovation Management**, v. 22, n. 2, p. 335-360, 2019.

SCHWARTZ, S. B. Sugar Plantations in the Formation of Brazilian Society: Bahia, 1550-1835. Cambridge: Cambridge University Press, 1988.

SPINOSO-CASTILLO, J. L.; SERRANO-FUENTES, M. K.; SORCIA-MORALES, M.; BELLO-BELLO, J. J. Temporary Immersion Bioreactors for Sugarcane Multiplication and Rooting. **Methods in Molecular Biology**, v. 2759, p. 53–61, 2024. DOI: 10.1007/978-1-0716-3654-1_5.

TANG, X.; JIANG, J.; HUANG, Z.; WU, H.; WANG, J.; HE, L.; XIONG, F.; ZHONG, R.; HAN, Z.; YE, Y.

Sugarcane/Peanut Intercropping System Improves the Soil Quality and Increases the Abundance of Beneficial Microbes. *Journal of Basic Microbiology*, v. 61, n. 2, p. 165-176, 2021. DOI: 10.1002/jobm.202000750.

TEECE, D.J. Explicating dynamic capabilities: the nature and microfoundations of (sustainable) enterprise performance. **Strat. Manag. J.**, v. 8, p.1319-1350, 2007.

TESTA, J. V. P.; MARTINS, M. B.; MARQUES FILHO, A. C.; LANÇAS, K. P.; SOBRINHO, R. L.; FINATTO, T.; OKLA, M. K.; ABDELGWAD, H. Continuous and Impact Cutting in Mechanized Sugarcane Harvest: Quality, Losses and Impurities. **Agriculture**, v. 13, n. 7, p. 1329, 2023. DOI: 10.3390/agriculture13071329.

TERCI, E., PERES, A., PERES, M., GUEDES, S., SHIKIDA, F. Impacto das transformações e do progresso técnico sobre os fornecedores de cana dos estados de São Paulo e Paraná. **In: SEMINÁRIO DE HISTÓRIA DO AÇÚCAR: HISTORIA E CULTURA MATERIAL – CANAVIAIS, ENGENHO E AÇÚCAR**, 1. 2005, Itu –SP. Anais... São Paulo: USP, 2005.

THUO, Caroline M.; OMBATI, Justus M.; NKURUMWA, Agnes O. Factors Related to Farmers' Acceptance of Improved Technologies: A Case Study of Small-scale Sugar Cane Farmers in Kakamega County, Kenya. **International Journal of Agriculture and Technology**, v. 2, n. 1, p. 1-11, 2022.

TORRES, J. L. R.; ALVES, M. C.; BARBOSA, F. S. Integração de dados edafoclimáticos e tomada de decisão na cultura da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 10, p. 749-756, 2019.

TSUTIYA, E. K.; ZAKIR, J. A.; PIGATTO, G. Substituição da pecuária de corte e expansão da cana-de-açúcar no estado de São Paulo: o impacto nas regiões oeste e noroeste do estado. **In: Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural (SOBER) - 46th Congress**, July 20-23, 2008, Rio Branco, Acre, Brazil.

TUNCEL, C.O.; POLAT, A. Sectoral system of innovation and sources of technological change in machinery industry: an investigation on Turkish machinery industry. **Procedia - Soc. Behav. Sci.** 229, 214-225, 2016.

UNFCCC – Katowice Committee of Experts on the Impacts of the Implementation of Response Measures (KCI). Draft case study: Assessing the implementation of Brazil's Plano Safra on just transitions in the agricultural sector. KCI/2025/13/12, 19 Sept. 2025. United Nations Framework Convention on Climate Change. DOI: (não especificado).

UNICA. Anuário Estatístico 2023. Disponível em: <https://unica.com.br>. Acesso em: 10 jun. 2023.

USDA. United States Department of Agriculture. Sugar: World Markets and Trade. Disponível em: <https://usda.library.cornell.edu/concern/publications/z029p472x?locale=en>. Acesso em: 18 abr. 2023.

VALEIRO, A.; BIAGGI, C. Critical review of the technological evolution of the sugarcane harvest in Argentina: Revisión crítica de la evolución tecnológica de la cosecha de la caña de azúcar en la Argentina. **RIA – Revista de Investigaciones Agropecuarias**, v. 45, n. 1, p. 31-43, 2019.

VANLAUWE, B. et al. têm um artigo relevante em 2015: “Integrated soil fertility management in sub-Saharan Africa: unravelling local adaptation” publicado em **SOIL**, v. 1, p. 491-508, 2015

VIEIRA, R. C. Desenvolvimento e avaliação de novas variedades de cana-de-açúcar visando maior produtividade e adaptação agroclimática. **STAB – Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v. 36, n. 2, p. 24-30, 2018.

VIEIRA, L. R.; FREITAS, N. C.; JUSTEN, F.; MIRANDA, V. J.; GARCIA, B. de O.; NEPOMUCENO, A. L.; PAGLIARINI, R. F.; FELIPE, M. S. S.; MOLINARI, H. B. C.; VELINI, E. D.; PINTO, E. R. C.; DAGLI, M. L. Z.; ANDRADE, G.; FERNANDES, P. M. B.; HENNING, L. M.; KOBAYASHI, A. K. Regulatory framework of genome editing in Brazil and worldwide. **Embrapa**, Brasília, DF, 2021. Cap. 5: p. 169-195.

WALTER, A.; CORTEZ, L. A. B. Sugarcane as an energy source. **Biomass and Bioenergy**, v. 12, n. 6, p. 489–505, 1997.

WERNERFELT, B. A. Resource-based view of the firm. **Strategic Management Journal**, v. 5, n. 2, p. 171-180, 1984.

ZAGÓRDA, M.; KIEŁBASA, P. The use of telematics systems to optimize the operation of agricultural machinery. *Przegląd Elektrotechniczny*, v. 99, n. 2, p. 246-249, 2023. DOI: 10.15199/48.2023.02.49.

ZIEMBA P., BECKER A., BECKER J. “A Consensus Measure of Expert Judgment in the Fuzzy TOPSIS Method”. **Symmetry**, v. 12, n., 18.p, 2020.

ANEXO**ANEXO A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO****Oportunidades de inovação para a produtividade agrícola no setor
sucroenergético brasileiro: Análise dos fatores críticos de sucesso**

**Vinicius Palácio
Wagner Luiz Lourenzani
Eduardo Guilherme Satolo
Rosley Anhalon**

Número do CAAE: 84315324.4.0000.5402

Você está sendo convidado a participar como voluntário de uma pesquisa. Antes de responder as perguntas, é apresentado para a sua anuência o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Este documento visa assegurar seus direitos como participante e é elaborado em duas vias, uma que deverá ficar com você e outra com o pesquisador. Por favor, leia com atenção e calma, aproveitando para esclarecer suas dúvidas. Se houver perguntas antes ou mesmo depois de assiná-lo, você poderá esclarecê-las com os pesquisadores. Se preferir, pode levar este termo para casa e consultar seus familiares ou outras pessoas antes de decidir participar. Não haverá nenhum tipo de penalização ou prejuízo se você não aceitar participar ou retirar sua autorização em qualquer momento. Como esta pesquisa acontece em ambiente virtual, enfatizamos a importância de você guardar em seus arquivos uma cópia eletrônica do TCLE. A pesquisa aplica-se apenas a maiores de 18 anos.

Justificativa e objetivo:

O destaque do agronegócio sucroenergético brasileiro se dá especialmente pela sua capacidade de aumentar os níveis da matriz energética nacional com fontes renováveis. Essa cadeia produtiva tem elevada importância econômica, social e ambiental para o país. Nesse contexto, a busca pela competitividade passa pelo desenvolvimento e adoção de novas tecnologias em todos os elos da cadeia.

O Brasil é referência mundial em tecnologias de produção e processamento de cana-de-açúcar. Nas últimas décadas os avanços tecnológicos nacionais permitiram prolongar a vida dos canaviais, bem como utilizar de forma mais eficiente os insumos e a mão de obra. Apesar dos avanços, a produtividade da cultura da cana-de-açúcar tem apresentado, nos últimos anos, uma trajetória distinta. O crescimento da produção brasileira se dá predominantemente pelo aumento da área plantada e muito pouco por ganhos de produtividade.

O risco associado ao não aumento da produtividade é a conseqüente perda de competitividade. Assim, produzir soluções inovadoras se torna um caminho a ser seguido. Partindo-se da premissa de que a atividade agrícola do setor sucroenergético é um ambiente dinâmico e complexo, torna-se relevante cientificamente avaliar suas oportunidades de inovação e, sobretudo, seus fatores condicionantes. A identificação e análise de tais oportunidades e fatores irão contribuir para o direcionamento de esforços públicos e privados na busca da competitividade do setor agrícola canavieiro e, conseqüentemente, sucroenergético.

Você está sendo convidado para participar deste estudo em função de seu conhecimento acerca da atividade agrícola canavieira, especialmente da sua produtividade.

Procedimentos:

Inicialmente assinale no formulário eletrônico (*Google Forms*) a opção de que você aceita participar da pesquisa como voluntário. Na primeira parte do questionário insira algumas informações que permitirão a caracterização do seu perfil profissional.

Posteriormente serão apresentadas as oportunidades de inovação para a atividade agrícola canavieira, segundo o plano PAISS (Plano de Apoio a Inovação do Setor Sucroenergético – Agrícola), e os fatores que as condicionam, obtidos por meio da revisão da literatura científica.

Cada oportunidade de inovação e seus respectivos fatores condicionantes serão avaliados sobre a ótica de intensidade de afetividade, por meio de cinco graus: (1) Baixíssima intensidade; (2) Baixa intensidade; (3) Média intensidade; (4) Alta intensidade; (5) Altíssima intensidade. Essas respostas serão analisadas por meio de uma metodologia multicritério denominada Lógica Fuzzy, que permitirá extrair com maior precisão a percepção dos entrevistados.

Tomando por base a experiência que possui, você irá analisar cada uma das oportunidades de inovação e seus fatores condicionantes.

O tempo estimado para elaborar as respostas é de 15 minutos. Você possui o direito de não responder à pergunta se assim desejar.

Desconfortos e riscos:

Os riscos envolvidos nessa pesquisa são mínimos. Você **não** deve participar do estudo se sentir qualquer desconforto em fornecer as informações solicitadas. Em relação ao uso da plataforma *Google Forms*, destacamos que conhecemos a política de privacidade da ferramenta para coleta de informações pessoais e compartilhamento dessas informações com parceiros comerciais para oferta de produtos e serviços de maneira a assegurar os aspectos éticos. Você tem o direito de não responder qualquer questão, sem necessidade de explicação ou justificativa para tal, podendo também se retirar da pesquisa a qualquer momento.

Ressaltamos ainda que ao convidá-lo(a), tomamos o cuidado de não utilizar listas que permitam a identificação dos participantes nem a visualização dos dados de contato por terceiros. O convite foi feito de forma individual por e-mail, tendo um remetente e um destinatário apenas. Existe o risco de a conexão de internet cair durante o preenchimento do formulário e de todo o preenchimento feito até aquele momento ser perdido.

É da responsabilidade do pesquisador o armazenamento adequado dos dados coletados, bem como os procedimentos para assegurar o sigilo e a confidencialidade das informações do participante da pesquisa. Uma vez concluída a coleta de dados, iremos fazer o *download* dos dados coletados para um dispositivo eletrônico local, apagando todo e qualquer registro da plataforma virtual, ambiente compartilhado ou nuvem.

Benefícios:

Não há benefícios diretos.

Sigilo e privacidade:

Você tem a garantia de que sua identidade será mantida em sigilo e nenhuma informação será dada a outras pessoas que não façam parte da equipe de pesquisadores. Ao assinalar o consentimento, você concorda com a divulgação dos resultados da pesquisa. Na

divulgação dos resultados desse estudo seu nome e o da organização à qual pertence não serão citados.

Ressarcimento e Indenização:

Não há previsão de custos relacionados à pesquisa para os participantes. No entanto, você tem a garantia ao direito à indenização diante de eventuais danos decorrentes da pesquisa e ao ressarcimento de eventuais despesas para participar da pesquisa.

Acompanhamento e assistência:

Os pesquisadores se colocam à disposição para dúvidas e esclarecimentos durante toda a pesquisa. Ainda, se comprometem a prestar assistência em qualquer momento (antes ou depois da entrevista) via meios eletrônicos (e-mail, telefone, etc.).

Contato:

Em caso de dúvidas sobre a pesquisa, você poderá entrar em contato com os seguintes pesquisadores:

Vinicius Palacio: Doutorando do programa de Pós-graduação em Agronegócios e Desenvolvimento (PGAD) da Faculdade de Ciências e Engenharia, Universidade Estadual Paulista, UNESP. Rua Domingos da Costa Lopes, 780. Telefon (34) 99810-6841 e-mail: vinicius.palacio@unesp.br

Wagner Luiz Lourenzani: Professor Doutor do Departamento de Gestão, Desenvolvimento e Tecnologia da Faculdade de Ciências e Engenharia, Universidade Estadual Paulista, UNESP. Rua Domingos da Costa Lopes, 780. e-mail: w.lourenzani@unesp.br

Eduardo Guilherme Satolo: Professor Doutor do Departamento de Gestão, Desenvolvimento e Tecnologia da Faculdade de Ciências e Engenharia, Universidade Estadual Paulista, UNESP. Rua Domingos da Costa Lopes, 780. e-mail: eduardo.satolo@unesp.br

Rosley Anhalon: Professor Doutor do Departamento de Engenharia de Manufatura e Materiais da Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade de Campinas (Unicamp).
Email: rosley@unicamp.br

Em caso de denúncias ou reclamações sobre sua participação e sobre questões éticas do estudo, você poderá entrar em contato com a secretaria do Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente, o qual possui contato abaixo:

Equipe e Contatos CEP | FCT

Coordenação:

Prof. Dr. Luis Alberto Gobbo (coordenador)

Profa. Dra. Nair Correia Salgado de Azevedo (vice-coordenadora)

Assessora:

Dra. Gisele Silva Araújo

Horário de Atendimento:

Período da Manhã: das 8h30 às 12h

Período da Tarde: das 14h às 17h

Contatos:

Fone: (18) 3229-5410 | E-mail: cep.fct@unesp.br

Endereço:

Seção Técnica Acadêmica (STA), Prédio da Principal Administração da Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente

Rua Roberto Simonsen, 305 - Centro Educacional, Presidente Prudente, SP - CEP: 19060-900

O Comitê de Ética em Pesquisa (CEP).

O papel do CEP é avaliar e acompanhar os aspectos éticos de todas as pesquisas envolvendo seres humanos. A Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP), tem por

objetivo desenvolver a regulamentação sobre proteção dos seres humanos envolvidos nas pesquisas. Desempenha um papel coordenador da rede de Comitês de Ética em Pesquisa (CEPs) das instituições, além de assumir a função de órgão consultor na área de ética em pesquisas

Dados CEP da pesquisa

O Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente foi constituído junto à Faculdade de Ciências e Tecnologia e ao Conselho Nacional de Ética em Pesquisa (Conep) em 2004, como órgão assessor.

Consentimento livre e esclarecido:

Após ter recebido esclarecimentos sobre a natureza da pesquisa, seus objetivos, métodos, benefícios previstos, potenciais riscos e o incômodo que esta possa acarretar, aceito participar como voluntário da pesquisa. O consentimento se dará de forma eletrônica.

Responsabilidade do Pesquisador:

Asseguro ter cumprido as exigências da resolução 510/2016 CNS/MS e complementares na elaboração do protocolo e na obtenção deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Asseguro, também, ter explicado e fornecido uma via deste documento ao participante. Informo que o estudo foi aprovado pelo CEP perante o qual o projeto foi apresentado e pela CONEP, quando pertinente. Comprometo-me a utilizar o material e os dados obtidos nesta pesquisa exclusivamente para as finalidades previstas neste documento ou conforme o consentimento dado pelo participante.

Data:

_____/_____/_____

Vinicius Palácio – responsável pela coleta de dados

ANEXO B – FORMULÁRIO SURVEY

Fatores condicionantes das oportunidades de inovação - área agrícola setor sucroenergético

* Obrigatória

INDICAÇÕES E TERMOS DA PESQUISA

Esta pesquisa faz parte da metodologia do trabalho de doutoramento de Vinicius Palácio, do Programa de Pós-graduação em Agronegócios e Desenvolvimento da Universidade Estadual Paulista (UNESP), que tem como objetivo analisar os condicionantes das oportunidades de inovação da produção agrícola do setor sucroenergético. Dessa forma, solicitamos a colaboração de V.S.^a para participar do levantamento de informações, por meio do preenchimento de um questionário sobre o tema, cuja duração estimada é de menos de 10 minutos.

Esse formulário busca elencar uma série de questões destinadas a avaliar quatro (4) oportunidades de inovação do setor sucroenergético, quais sejam:

- I -) Desenvolvimento de novas variedades de cana-de-açúcar com ênfase em questões ambientais e pragas;
- II -) Desenvolvimento de novas máquinas e implementos visando maior automatização agrícola;
- III -) Desenvolvimento de novos sistemas integrados de manejo, planejamento e controle de produção;
- IV -) Desenvolvimento de novas técnicas de propagação de mudas e uso de dispositivos biotecnológicos.

Para cada uma dessas oportunidades existem fatores que condicionam a possibilidade de realização. A partir da apresentação de tais fatores solicita-se ao especialista a avaliação sobre a intensidade de tal fator sobre cada uma das oportunidades. São apresentados cinco (5) possíveis respostas para cada uma das questões, sendo:

- 1 -) Baixíssima intensidade; 2 -) Baixa intensidade; 3 -) Média intensidade; 4 -) Alta intensidade; 5 -) Altíssima intensidade.

Asseguramos o anonimato do(a) respondente, bem como a confidencialidade no tratamento dos dados obtidos, os quais serão utilizados exclusivamente para os fins propostos neste estudo. A divulgação das informações e dos resultados ocorrerá por meio de veículos científicos, sem qualquer menção a nomes que possibilitem a identificação dos participantes, preservando, assim, seus interesses e os padrões éticos da pesquisa. Aprovação Comitê de Ética em Pesquisa: CAAE: 84315324.4.0000.5402

Todas essas informações estão detalhadas no **Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)**, disponível em: <https://1drv.ms/b/c/a7de059bb92ce848/EQvKBWklirRKjnA0akgtwqwBwc9CFLdzAuKRVhHh8OUsmw?e=zRjvTv>

Agradecemos, desde já, a atenção dispensada e nos colocamos à disposição para esclarecimentos adicionais, seja pessoalmente, por e-mail ou telefone.

Me. Vinicius Palácio: Doutorando Universidade Estadual Paulista, UNESP. Telefone (14) 3404-4246, email: vinicius.palacio@unesp.br

Professor Doutor Wagner Luiz Lourenzani: Universidade Estadual Paulista, UNESP. Telefone (14) 3404-4246, email: w.lourenzani@unesp.br

1. Concordância em participar da pesquisa.

- Declaro que li o TCLE, tenho mais de 18 anos e Aceito participar da pesquisa.

Informações do Especialista

Lembrando que esta pesquisa não pede identificação do nome e dados físicos do respondente, as informações abaixo servirão de base para análises conforme tais características

2. Caso deseje receber os resultados dessa pesquisa, pedimos por gentileza para informar seu e-mail (Opcional)

3. Setor de Atuação *

- Setor Público
- Setor Privado

4. Perfil de atuação *

- Pesquisador
- Gerencial
- Direção
- Consultor
- Outra

5. Tempo de experiência no setor *

- 0 - 5 anos
- 6 - 10 anos
- 11 - 15 anos
- 16 - 20 anos
- + 20 anos

1 OPORTUNIDADE DE INOVAÇÃO - CRIAÇÃO DE NOVAS VARIEDADES

CONTEXTUALIZAÇÃO: Baseada em estudos científicos, a criação de novas variedades tem a capacidade de resolver problemas complexos como a fragilidade a pragas, doenças e condições edafoclimáticas desfavoráveis para a produção canavieira.

6. EM QUE INTENSIDADE A CRIAÇÃO DE NOVAS VARIEDADES AFETA A PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA DO SETOR SUCROENERGÉTICO? *

- Baixíssima intensidade
- Baixa intensidade
- Média intensidade
- Alta intensidade
- Altíssima intensidade

7. Qual a intensidade do impacto dos seguintes fatores condicionantes para a criação de novas variedades de cana-de-açúcar? *

	Baixíssima intensidade	Baixa intensidade	Média intensidade	Alta intensidade	Altíssima intensidade
Custo de desenvolvimento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tempo de desenvolvimento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Normas para introdução no mercado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Infraestrutura e mão-de-obra especializada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Dificuldade de acesso das novas variedades pelos produtores	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Difusão de informações de fatores de produção dessas variedades	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Adoção (substituição de variedades antigas) pelos produtores	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

2 OPORTUNIDADE DE INOVAÇÃO - MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA

CONTEXTUALIZAÇÃO: A mecanização agrícola do setor sucroenergético evoluiu de forma significativa, tanto em termos tecnológicos quanto em termos de utilização. Além disso, os avanços em agricultura de precisão carregaram em si a necessidade de novos investimentos e busca por outros patamares de resultados. Então, o foco desta oportunidade de inovação é desenvolver soluções que possam dar dinamismo a opções mais baratas e produtivas das operações que movem o setor, desde o preparo da terra até a colheita do canavial.

8. EM QUE INTENSIDADE A CRIAÇÃO DE NOVAS MÁQUINAS AGRÍCOLAS E TECNOLOGIAS DE AGRICULTURA DE PRECISÃO AFETA A PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA DO SETOR SUCROENERGÉTICO? *

- Baixíssima intensidade
- Baixa intensidade
- Média intensidade
- Alta intensidade
- Altíssima intensidade

9. Qual a intensidade do impacto dos seguintes fatores condicionantes para a criação de máquinas agrícolas e tecnologias de agricultura de precisão para o setor agrícola sucroenergético? *

	Baixíssima intensidade	Baixa intensidade	Média intensidade	Alta intensidade	Altíssima intensidade
Custo de aquisição desses maquinários	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Custo de monitoramento e telemetria	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Disponibilidade de crédito aos produtores	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Investimento em P&D para produção de equipamentos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Normas de introdução no mercado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Necessidade de mão-de-obra especializada pelos produtores	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

3 OPORTUNIDADE DE INOVAÇÃO -

SISTEMAS INTEGRADOS DE MANEJO

CONTEXTUALIZAÇÃO: Por sistemas integrados de manejo, planejamento e controle agrícola temos uma ampla de soluções que buscam a otimização de processos (como irrigação, controle de liberação de insumo, entre outros), o gerenciamento de dados e a prevenção de riscos.

10. EM QUE INTENSIDADE A UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS INTEGRADOS DE MANEJO, PLANEJAMENTO E CONTROLE AFETA A PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA DO SETOR SUCROENERGÉTICO? *

- Baixíssima intensidade
- Baixa intensidade
- Média intensidade
- Alta intensidade
- Altíssima intensidade

11. Qual a intensidade do impacto dos seguintes fatores condicionantes sobre a inserção e utilização de sistemas integrados de manejo, planejamento e controle no setor agrícola sucroenergético? *

	Baixíssima intensidade	Baixa intensidade	Média intensidade	Alta intensidade	Altíssima intensidade
Curva de aprendizagem pelos produtores	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Necessidade de infraestrutura na Usina/Fazenda	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Necessidade de mão-de-obra especializada pelos produtores	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Dificuldades regulatórias e normas técnicas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Energia elétrica e internet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

4 OPORTUNIDADE DE INOVAÇÃO NOVOS MÉTODOS DE PROPAGAÇÃO DE MUDAS

CONTEXTUALIZAÇÃO: A utilização de técnicas como clonagem, micropropagação e uso da biotecnologia pode auxiliar no consumo de mudas, aumentar a velocidade de produção e diminuir a variabilidade genética, visando a diminuição dos riscos de doenças e de mudas não saudáveis.

12. EM QUE INTENSIDADE A UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS E MÉTODOS MAIS EFICIENTES DE PROPAGAÇÃO DE MUDAS E DISPOSITIVOS BIOTECNOLÓGICOS PARA O PLANTIO AFETA A PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA DO SETOR SUCROENERGÉTICO? *

- Baixíssima intensidade
- Baixa intensidade
- Média intensidade
- Alta intensidade
- Altíssima intensidade

13. Qual a intensidade do impacto dos seguintes fatores condicionantes sobre a inserção de técnicas e métodos mais eficientes de propagação de mudas e dispositivos biotecnológicos para o plantio no setor agrícola sucroenergético? *

	Baixíssima intensidade	Baixa intensidade	Média intensidade	Alta intensidade	Altíssima intensidade
Investimento em P&D pelas empresas produtoras	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Custo de desenvolvimento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Curva de aprendizagem	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Necessidade de mão-de-obra especializada pelos produtores	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Dificuldades em regulamentação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Necessidade de difusão de informação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Efeito clonagem e aceite de consumidores	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

ANEXO C – RESULTADOS REVISÃO SISTEMÁTICA O.I. 1

Artigo	Autores	Revista/Fonte	Ano	Indexação (Scopus/WoS)	Quartil
Sugarcane breeding: a fantastic past and promising future	LU, G. et al.		2024	Scopus + WoS	Q1
Recent Advances in Sugarcane Genomics, Physiology, and Phenomics for Superior Agronomic Traits	MEENA, R. et al.	Frontiers in Genetics	2022	Scopus + WoS	Q1
Genetic Engineering for Enhancing Sugarcane Tolerance to Biotic and Abiotic Stresses	KUMAR, T. et al.	Plants (MDPI)	2024	Scopus + WoS	Q1–Q2
A Data-Driven Approach to Sugarcane Breeding Programs with Agronomic Characteristics and Amino Acid Constituent Profiling	ISHIKAWA, F.	Metabolites (MDPI)	2024	Scopus + WoS	Q1–Q2
History and Current Status of Sugarcane Breeding, Germplasm Development and Molecular Genetics in Brazil	CURSI, D. E. et al.	Sugar Tech (Springer)	2022	Scopus (alguns artigos também WoS)	Q2–Q3
RB varieties: a major contribution to the sugarcane industry in Brazil	GAZAFFI, R. et al.	Crop Breeding and Applied Biotechnology	2017	Wos	Q2–Q3
A evolução das tecnologias agrícolas do setor sucroenergético	NYKO, D. et al.	BNDES Setorial	2013	Não indexado	Não se aplica
Análise da produtividade agrícola em regiões de novas expansões canavieiras	BERNARDO, W. D. et al.	Gestão & Produção (SciELO)	2019	Scopus (alguns artigos também WoS)	Q3
The Brazilian sugarcane innovation system	FURTADO, A. T.	Energy Policy (Elsevier)	2011	Scopus + WoS	Q1
A short review on sugarcane: its domestication, molecular manipulations and future perspectives	DINESH BABU, K. S. et al.	Sugar Tech	2021	Scopus + WoS	Q1
Genetic Transformation of Sugarcane, Current Status and Future Perspectives	BUDEGUER, F. et al.	Biotechnology Advances	2023	ResearchGate	Q1
Breeding and regional production capacity performance of advanced sugarcane cultivars	LIANG, Q. et al.	Nature	2020	-	Q1
Factors related to farmers' acceptance of improved technologies: small-scale sugarcane farmers in Kakamega County	THUO, C. M. et al.	ScivisionPub	2022	ResearchGate	Q3
Precision agriculture adoption and technical efficiency	CARRER, M. J. et al.	Technological Forecasting and Social Change	2022	Scopus + WoS	Q1
Modern Biotechnologies: Innovative and Sustainable Approaches for the Improvement of Sugarcane Tolerance to Environmental Stresses	SHABBIR, R. et al.	Agronomy (MDPI)	2021	Scopus + WoS	Q1–Q2

Integration of sugarcane production technologies for enhanced cane and sugar productivity targeting to increase farmers' income: strategies and prospects	SINGH, P. et al.	Open Agriculture	2019	Scopus + WoS	Q2–Q3
Grasping at digitalisation: turning imagination into fact in sugarcane farming	FIELKE, S. J. et al.	Journal of Rural Studies	2021	Scopus + WoS	Q1
A Review of Sugarcane Biotechnology in Biofuel Production	AHMAD, K. et al.	Agriculture (MDPI)	2024	Scopus + WoS	Q1–Q2

ANEXO D – RESULTADOS REVISÃO SISTEMÁTICA O.I. 2

Artigo	Autores	Revista/Fonte	Ano	Indexação (Scopus/WoS)	Quartil (Q1–Q4)
Operating cost of sugarcane harvester in function of agricultural productivity and harvester age	BANCHI, Â. D.; et al.	Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental (SciELO)	2019	Scopus (geralmente) / verificar WoS	Q2-Q3
Which operation in mechanized sugarcane harvesting is most critical for soil compaction?	DELMOND, J. G.; et al.	Geoderma (Elsevier)	2024	Scopus + WoS	Q1
Analysis of Telematics Data of Combine Harvesters and Evaluation of Potential to Reduce Environmental Pollution	SAVICKAS, D.; et al.	Atmosphere (MDPI)	2021	Scopus + WoS	Q2
The use of telematics systems to optimize the operation of agricultural machinery	ZAGÓRDA, M.; KIELBASA, P.	Przeгляд Elektrotechniczny	2023	Scopus	Q3-Q4
Precision Agriculture in the Digital Era: Recent Adoption on U.S. Farms	McFADDEN, J.; et al.	USDA ERS Report EIB-248	2023	Não indexado (relatório)	Não se aplica
The economic impacts of the rural credit: An analysis of the Brazilian National Family Farming Strengthening Program by biome	CAMPOS, R. F. de A.; et al.	Sustainable Production and Consumption (Elsevier)	2024	Scopus + WoS	Q1
The impacts of credit for agricultural investment in Brazil	BNDES	Anais da Sociedade Brasileira de Econometria	2023	Não indexado (anais)	Não se aplica
Family farming in Brazil: inequalities in credit access	CPI/PUC-Rio	Climate Policy Initiative (Relatório)	2023	Não indexado	Não se aplica
Draft case study: Assessing the implementation of Brazil's Plano Safra on just transitions in the agricultural sector	UNFCCC KCI	UNFCCC Draft Case Study	2025	Não indexado	Não se aplica
Rural investment: BNDES credit contributes to agricultural intensification	CPI/PUC-Rio; BNDES	CPI Insight	2022	Não indexado	Não se aplica
Private agricultural R&D and innovation in Brazil, China and India	PRAY, C.; et al.	Farm Foundation Report	2016	Scopus (via SciELO)	Q3
Brazilian Regulatory Standards – NR-12 (maquinaria) e NR-31 (rural)	Ministério do Trabalho	Normas Regulamentadoras	2024	Não indexado	Não se aplica
Brazilian sugarcane agro-industry human resources' management practices	REIS, L. F.; et al.	Gestão & Produção (SciELO)	2020	Scopus (SciELO)	Q3
Smart agriculture and digital twins: applications and perspectives	CESCO, S.; et al.	Computers and Electronics in Agriculture (Elsevier)	2023	Scopus + WoS	Q1

Enhancing smart farming through IoT/AI (survey)	JAVAID, M.; et al.	Sustainable Operations and Computers (Elsevier)	2022	Scopus + WoS	Q1
A case study of autonomous farm equipment and creating public trust	RELF-ECKSTEIN, J. E.; et al.	NJAS – Wageningen Journal of Life Sciences (Elsevier/T&F)	2019	Scopus + WoS	Q1
A evolução das tecnologias agrícolas do setor sucroenergético	NYKO, D.; VALENTE, M.; MILANEZ, A.; TANAKA, A.; RODRIGUES, J.	BNDES Setorial	2013	Não indexado	Não se aplica
Análise da produtividade agrícola em regiões de novas expansões canavieiras	BERNARDO, W. D. et al.	Gestão & Produção (SciELO)	2019	Scopus (alguns artigos também WoS)	Q3
Development of mechanical equipment for transplanting sugarcane (<i>Saccharum</i> spp. hybrids) sprouts	SOUZA, J. L.; et al.	Sugar Tech (Springer)	2018	Scopus + WoS	Q2
Advancements of agriculture 4.0 in mechanized sugarcane harvesting: a review	SILVA, F. M.; et al.	Computers and Electronics in Agriculture (Elsevier)	2021	Scopus + WoS	Q1
Continuous and Impact Cutting in Mechanized Sugarcane Harvest: Quality, Losses and Impurities	OLIVEIRA, R. A.; et al.	Sugar Tech (Springer)	2019	Scopus + WoS	Q2
Incentives for mechanized cane harvesting in Thailand: A choice experiment	MAHASUWEERACHAI, P.; SUKSAWAT, J.	Journal of Asian Economics (Elsevier)	2022	Scopus + WoS	Q1
Impactos da mecanização na produtividade agrícola agregada da cana-de-açúcar no estado de São Paulo de 2007 a 2013	ALVES, L. R. A.; BARBOSA, A. L. C.	Revista de Economia e Sociologia Rural (RESR, SciELO)	2016	Scopus	Q3
Critical review of the technological evolution of the sugarcane harvest in Argentina	VALERIO A.; BIAGGI C	RIA	2019	Scopus + WoS	Q2
Environmental impacts of mechanization in Brazil's sugar and ethanol industry: The cutting, loading, and transportation process case	SCHEIDL et al.	Journal of Cleaner Production (Elsevier)	2019	Scopus + WoS	Q1
Challenges of Digital Solutions in Sugarcane Crop Production: A Review	FERNANDES, M.; et al.	Sugar Tech (Springer)	2022	Scopus + WoS	Q2

ANEXO E – RESULTADOS REVISÃO SISTEMÁTICA O.I. 3

Artigo	Autores	Revista/Fonte	Ano	Indexação (Scopus/WoS)	Quartil (Q1–Q4)
Integrated pest management in sugarcane: a case study from Brazil	DINARDO-MIRANDA, L. L.; et al.	Sugar Tech (Springer)	2019	Scopus	Q2-Q3
Infrastructure needs for precision agriculture adoption	LOWENBERG-DEBOER, J.; et al.	Precision Agriculture (Springer)	2020	Scopus + WoS	Q1
Labour requirements in mechanized sugarcane systems	SOUZA, Z. M.; et al.	Biosystems Engineering (Elsevier)	2017	Scopus + WoS	Q1
Regulatory challenges in integrated pest management	SINGH, A. et al.	Chemical Engineering Journal	2024	Scopus + WoS	Q1
Technical norms for integrated crop-livestock systems in Brazil	CARVALHO, J. L. N.; et al.	Revista Brasileira de Ciência do Solo (SciELO)	2018	Scopus (SciELO)	Q2
ICT adoption in rural Brazil: implications for integrated management	GARCIA, M.;	Revista de Economia e Sociologia Rural (SciELO)	2019	Scopus (SciELO)	Q3
The role of training in integrated pest management adoption	FURLAN, R. L.; et al.	Journal of Integrated Pest Management (Oxford)	2020	Scopus + WoS	Q2
Digital infrastructure and agricultural regulation in Latin America	PEREIRA, A. M.; et al.	Telecommunications Policy (Elsevier)	2021	Scopus + WoS	Q1
Farmers' learning and innovation in integrated soil fertility management	VANLAUWE, B.; et al.	Agricultural Research (Springer)	2015	Scopus + WoS	Q2
Improving nitrogen use efficiency in sugarcane: current status and future perspectives	MSOMBA, J. S.; et al.	Plant Science	2022	Scopus + WoS	Q2
Big Data e agricultura de precisão: integração de dados e impactos na produtividade agrícola	PEREIRA, A. S.; TORRES, J. L. R.; FURLANI	Ciência Rural	2021	Scopus + WoS	Q1

ANEXO F – RESULTADOS REVISÃO SISTEMÁTICA O.I. 4

Artigo	Autores	Revista/Fonte	Ano	Indexação (Scopus/WoS)	Quartil (Q1–Q4)
Sugarcane breeding: a fantastic past and promising future driven by technology and methods	LU, G.; et al.	Frontiers in Plant Science	2024	Scopus + WoS	Q1
Genetic Transformation of Sugarcane: Current Status and Future Prospects	BUDEGUER, F.; et al.	Frontiers in Plant Science	2021	Scopus + WoS	Q1
Recent advances in sugarcane genomics, physiology, and phenomics for superior agronomic traits	MEENA, M. R.; et al.	Frontiers in Genetics	2022	Scopus + WoS	Q1
Genetic improvement of sugarcane for bioenergy: the Brazilian experience in network research with RIDESA	CURSI, D. E.; et al.	Genetics and Molecular Research	2014	Scopus	Q3
SUGARCANE BIOTECHNOLOGY – Emerging Trends	GOPINATHAN, NAIK E PUSHPAVALLI	Journal of sugarcane Research	2012	Scopus + WoS	Q1
Sugar derived from genetically modified sugarcane	LAJOLO, F. M.; et al.	Ciência e Tecnologia de Alimentos	2021	Scopus	Q2
Lack of detection of Bt sugarcane Cry1Ab and NPTII DNA and proteins in sugarcane-derived products	CHEAVEGATTI-GIANOTTO; et al.	Frontiers	2018	Scopus + WoS	Q1
Consumer Perception of Genetically Modified Organisms and Sources of Information	WUNDERLICH, S.; GATTO, K.	Advances in Nutrition	2015	Scopus + WoS	Q1
Regulatory framework of genome editing in Brazil and worldwide	VIEIRA.; et al.	EMBRAPA	2021	Scopus + WoS	Q1
The Brazilian sugarcane innovation system	FURTADO, A. T.; SCANDIFFIO, M.; CORTEZ, L. A. B.	Energy Policy	2011	Scopus + WoS	Q1
Genomic selection in sugarcane: current status and future prospects	MAHADEVAIAH.; et al.	Plants (MDPI)	2020	Scopus + WoS	Q1
RNAi and genome editing of sugarcane: progress and prospects	BRANT E., ZUNIGA-SOTO E., ALTPETER F.	publimed	2025	Scopus + WoS	Q1
Biotechnological developments in sugarcane improvement.	SHABBIR R.; et al.	Biotechnology Advances	2023	Scopus + WoS	Q1
High-throughput in vitro micropropagation of sugarcane: cost analysis for agri-business industry	KAUR A., SANDHU J. S.	Spring nature	2015	Scopus + WoS	Q1
Breeding sugarcane for continuous improvement in yield and resistance	MING, R.; WANG, J.	Theoretical and Applied Genetics	2020	Scopus + WoS	Q1
Genome editing and genetic engineering in sugarcane: current applications and future prospects	GANGADHAR, B. H.; et al.	Plant Cell Reports	2021	Scopus + WoS	Q1
Temporary Immersion Bioreactors for Sugarcane Micropropagation: Improved Multiplication Rate and Rooting	Castillo et al.	Publimed	2024	Scopus + WoS	Q2
Modern Biotechnologies: Innovative and Sustainable Approaches for the Improvement of Sugarcane Tolerance to Environmental Stresses	Shabbir R. et al.	Agronomy	2021	Scopus + WoS	Q1

Biosafety regulation and governance of agricultural biotechnology in Latin America	PAREDES, D.; et al.	GM Crops & Food	2021	Scopus + WoS	Q1
--	---------------------	-----------------	------	--------------	----

ANEXO G – DADOS FUZZY TOPSIS-CLASS – Oportunidade de Inovação

MATRIZ DE JULGAMENTOS						
ESP	DIST	OI1	OI2	OI3	OI4	PESO
E01	l	5	2,5	7,5	5	0,8
	m	7,5	5	10	7,5	1
	u	10	7,5	10	10	1
E02	l	7,5	2,5	2,5	2,5	0,4
	m	10	5	5	5	0,6
	u	10	7,5	7,5	7,5	0,8
E03	l	2,5	5	5	5	0,6
	m	5	7,5	7,5	7,5	0,8
	u	7,5	10	10	10	1
E04	l	7,5	2,5	5	5	0,2
	m	10	5	7,5	7,5	0,4
	u	10	7,5	10	10	0,6
E05	l	7,5	5	2,5	2,5	0,8
	m	10	7,5	5	5	1
	u	10	10	7,5	7,5	1
E06	l	5	7,5	5	5	0,4
	m	7,5	10	7,5	7,5	0,6
	u	10	10	10	10	0,8
E07	l	2,5	5	7,5	5	0,4
	m	5	7,5	10	7,5	0,6
	u	7,5	10	10	10	0,8
E08	l	5	7,5	2,5	0	0,6
	m	7,5	10	5	2,5	0,8
	u	10	10	7,5	5	1
E09	l	7,5	7,5	2,5	2,5	0,4
	m	10	10	5	5	0,6
	u	10	10	7,5	7,5	0,8
E10	l	7,5	5	5	2,5	0,6
	m	10	7,5	7,5	5	0,8
	u	10	10	10	7,5	1
E11	l	7,5	5	2,5	2,5	0,2
	m	10,00	7,50	5,00	5,00	0,40
	u	10	10	7,5	7,5	0,6
E12	l	7,5	5	5	2,5	0,4
	m	10	7,5	7,5	5	0,6
	u	10	10	10	7,5	0,8
E13	l	7,5	5	7,5	2,5	0,8
	m	10	7,5	10	5	1
	u	10	10	10	7,5	1
E14	l	7,5	7,5	7,5	2,5	0,8
	m	10	10	10	5	1
	u	10	10	10	7,5	1
E15	l	5	5	2,5	5	0,6
	m	7,5	7,5	5	7,5	0,8
	u	10	10	7,5	10	1
E16	l	5	5	7,5	7,5	0,2
	m	7,5	7,5	10	10	0,4

MATRIZ DE JULGAMENTOS NORMALIZADA						
ESP	DIST	OI1	OI2	OI3	OI4	PESO
E01	l	0,5	0,25	0,75	0,5	0,8
	m	0,75	0,5	1	0,75	1
	u	1	0,75	1	1	1
E02	l	0,75	0,25	0,25	0,25	0,4
	m	1	0,5	0,5	0,5	0,6
	u	1	0,75	0,75	0,75	0,8
E03	l	0,25	0,5	0,5	0,5	0,6
	m	0,5	0,75	0,75	0,75	0,8
	u	0,75	1	1	1	1
E04	l	0,75	0,25	0,5	0,5	0,2
	m	1	0,5	0,75	0,75	0,4
	u	1	0,75	1	1	0,6
E05	l	0,75	0,5	0,25	0,25	0,8
	m	1	0,75	0,5	0,5	1
	u	1	1	0,75	0,75	1
E06	l	0,5	0,75	0,5	0,5	0,4
	m	0,75	1	0,75	0,75	0,6
	u	1	1	1	1	0,8
E07	l	0,25	0,5	0,75	0,5	0,4
	m	0,5	0,75	1	0,75	0,6
	u	0,75	1	1	1	0,8
E08	l	0,5	0,75	0,25	0	0,6
	m	0,75	1	0,5	0,25	0,8
	u	1	1	0,75	0,5	1
E09	l	0,75	0,75	0,25	0,25	0,4
	m	1	1	0,5	0,5	0,6
	u	1	1	0,75	0,75	0,8
E10	l	0,75	0,5	0,5	0,25	0,6
	m	1	0,75	0,75	0,5	0,8
	u	1	1	1	0,75	1
E11	l	0,75	0,5	0,25	0,25	0,2
	m	1,00	0,75	0,50	0,50	0,40
	u	1	1	0,75	0,75	0,6
E12	l	0,75	0,5	0,5	0,25	0,4
	m	1	0,75	0,75	0,5	0,6
	u	1	1	1	0,75	0,8
E13	l	0,75	0,5	0,75	0,25	0,8
	m	1	0,75	1	0,5	1
	u	1	1	1	0,75	1
E14	l	0,75	0,75	0,75	0,25	0,8
	m	1	1	1	0,5	1
	u	1	1	1	0,75	1
E15	l	0,5	0,5	0,25	0,5	0,6
	m	0,75	0,75	0,5	0,75	0,8
	u	1	1	0,75	1	1
E16	l	0,5	0,5	0,75	0,75	0,2
	m	0,75	0,75	1	1	0,4

E17	u	10	10	10	10	0,6
	l	7,5	7,5	7,5	5	0,6
	m	10	10	10	7,5	0,8
E18	u	10	10	10	10	1
	l	7,5	7,5	7,5	5	0,8
	m	10	10	10	7,5	1
E19	u	10	10	10	10	1
	l	5	5	5	5	0,4
	m	7,5	7,5	7,5	7,5	0,6
E20	u	10	10	10	10	0,8
	l	5	5	2,5	2,5	0,4
	m	7,5	7,5	5	5	0,6
E21	u	10	10	7,5	7,5	0,8
	l	5	7,5	7,5	5	0,4
	m	7,5	10	10	7,5	0,6
E22	u	10	10	10	10	0,8
	l	5	7,5	5	2,5	0,4
	m	7,5	10	7,5	5	0,6
E23	u	10	10	10	7,5	0,8
	l	7,50	5,00	5,00	0,00	0,20
	m	10	7,5	7,5	2,5	0,2
E24	u	10	10	10	5	0,4
	l	2,5	0	5	5	0,2
	m	5	2,5	7,5	7,5	0,4
E25	u	7,5	5	10	10	0,6
	l	5	5	7,5	2,5	0,6
	m	7,5	7,5	10	5	0,8
E26	u	10	10	10	7,5	1
	l	5	5	2,5	0	0,8
	m	7,5	7,5	5	2,5	1
E27	u	10	10	7,5	5	1
	l	5	2,5	5	2,5	0,6
	m	7,5	5	7,5	5	0,8
E28	u	10	7,5	10	7,5	1
	l	5	5	5	2,5	0,2
	m	7,5	7,5	7,5	5	0,4
E29	u	10	10	10	7,5	0,6
	l	5	5	7,5	2,5	0,4
	m	7,5	7,5	10	5	0,6
E30	u	10	10	10	7,5	0,8
	l	7,5	5	7,5	2,5	0,2
	m	10	7,5	10	5	0,4
E31	u	10	10	10	7,5	0,6
	l	5	2,5	2,5	7,5	0,4
	m	7,5	5	5	10	0,6
	u	10	7,5	7,5	10	0,8

E17	u	1	1	1	1	0,6
	l	0,75	0,75	0,75	0,5	0,6
	m	1	1	1	0,75	0,8
E18	u	1	1	1	1	1
	l	0,75	0,75	0,75	0,5	0,8
	m	1	1	1	0,75	1
E19	u	1	1	1	1	1
	l	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4
	m	0,75	0,75	0,75	0,75	0,6
E20	u	1	1	1	1	0,8
	l	0,5	0,5	0,25	0,25	0,4
	m	0,75	0,75	0,5	0,5	0,6
E21	u	1	1	0,75	0,75	0,8
	l	0,5	0,75	0,75	0,5	0,4
	m	0,75	1	1	0,75	0,6
E22	u	1	1	1	1	0,8
	l	0,5	0,75	0,5	0,25	0,4
	m	0,75	1	0,75	0,5	0,6
E23	u	1	1	1	0,75	0,8
	l	0,75	0,50	0,50	0,00	0,20
	m	1	0,75	0,75	0,25	0,2
E24	u	1	1	1	0,5	0,4
	l	0,25	0	0,5	0,5	0,2
	m	0,5	0,25	0,75	0,75	0,4
E25	u	0,75	0,5	1	1	0,6
	l	0,5	0,5	0,75	0,25	0,6
	m	0,75	0,75	1	0,5	0,8
E26	u	1	1	1	0,75	1
	l	0,5	0,5	0,25	0	0,8
	m	0,75	0,75	0,5	0,25	1
E27	u	1	1	0,75	0,5	1
	l	0,5	0,25	0,5	0,25	0,6
	m	0,75	0,5	0,75	0,5	0,8
E28	u	1	0,75	1	0,75	1
	l	0,5	0,5	0,5	0,25	0,2
	m	0,75	0,75	0,75	0,5	0,4
E29	u	1	1	1	0,75	0,6
	l	0,5	0,5	0,75	0,25	0,4
	m	0,75	0,75	1	0,5	0,6
E30	u	1	1	1	0,75	0,8
	l	0,75	0,5	0,75	0,25	0,2
	m	1	0,75	1	0,5	0,4
E31	u	1	1	1	0,75	0,6
	l	0,5	0,25	0,25	0,75	0,4
	m	0,75	0,5	0,5	1	0,6
	u	1	0,75	0,75	1	0,8

MATRIZ DE JULGAMENTOS NORMALIZADA E PONDERADA						CLASSES E LIMITES NORMALIZADO				CLASSES E LIMITES NORMALIZADO E PONDERADO			
ESP	DIST	OI1	OI2	OI3	OI4	DI ST	Espe rado	Reg ular	Inace itável	DIS T	Espera do	Regul ar	Inaceitá vel
E01	l	0,4	0,2	0,6	0,4	l	0,5	0,25	0	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	1	0,75	m	0,75	0,5	0	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	1	1	u	1	0,75	0,25	u	1	0,75	0,25
E02	l	0,3	0,1	0,1	0,1	l	0,5	0,25	0	l	0,5	0,25	0
	m	0,6	0,3	0,3	0,3	m	0,75	0,5	0	m	0,75	0,5	0
	u	0,8	0,6	0,6	0,6	u	1	0,75	0,25	u	1	0,75	0,25
E03	l	0,15	0,3	0,3	0,3	l	0,5	0,25	0	l	0,5	0,25	0
	m	0,4	0,6	0,6	0,6	m	0,75	0,5	0	m	0,75	0,5	0
	u	0,75	1	1	1	u	1	0,75	0,25	u	1	0,75	0,25
E04	l	0,15	0,05	0,1	0,1	l	0,5	0,25	0	l	0,5	0,25	0
	m	0,4	0,2	0,3	0,3	m	0,75	0,5	0	m	0,75	0,5	0
	u	0,6	0,45	0,6	0,6	u	1	0,75	0,25	u	1	0,75	0,25
E05	l	0,6	0,4	0,2	0,2	l	0,5	0,25	0	l	0,5	0,25	0
	m	1	0,75	0,5	0,5	m	0,75	0,5	0	m	0,75	0,5	0
	u	1	1	0,75	0,75	u	1	0,75	0,25	u	1	0,75	0,25
E06	l	0,2	0,3	0,2	0,2	l	0,5	0,25	0	l	0,5	0,25	0
	m	0,45	0,6	0,45	0,45	m	0,75	0,5	0	m	0,75	0,5	0
	u	0,8	0,8	0,8	0,8	u	1	0,75	0,25	u	1	0,75	0,25
E07	l	0,1	0,2	0,3	0,2	l	0,5	0,25	0	l	0,5	0,25	0
	m	0,3	0,45	0,6	0,45	m	0,75	0,5	0	m	0,75	0,5	0
	u	0,6	0,8	0,8	0,8	u	1	0,75	0,25	u	1	0,75	0,25
E08	l	0,3	0,45	0,15	0	l	0,5	0,25	0	l	0,5	0,25	0
	m	0,6	0,8	0,4	0,2	m	0,75	0,5	0	m	0,75	0,5	0
	u	1	1	0,75	0,5	u	1	0,75	0,25	u	1	0,75	0,25
E09	l	0,3	0,3	0,1	0,1	l	0,5	0,25	0	l	0,5	0,25	0
	m	0,6	0,6	0,3	0,3	m	0,75	0,5	0	m	0,75	0,5	0
	u	0,8	0,8	0,6	0,6	u	1	0,75	0,25	u	1	0,75	0,25
E10	l	0,45	0,3	0,3	0,15	l	0,5	0,25	0	l	0,5	0,25	0
	m	0,8	0,6	0,6	0,4	m	0,75	0,5	0	m	0,75	0,5	0
	u	1	1	1	0,75	u	1	0,75	0,25	u	1	0,75	0,25
E11	l	0,15	0,1	0,05	0,05	l	0,5	0,25	0	l	0,5	0,25	0
	m	0,40	0,30	0,20	0,20	m	0,75	0,50	0,00	m	0,75	0,50	0,00
	u	0,6	0,6	0,45	0,45	u	1	0,75	0,25	u	1	0,75	0,25
E12	l	0,3	0,2	0,2	0,1	l	0,5	0,25	0	l	0,5	0,25	0
	m	0,6	0,45	0,45	0,3	m	0,75	0,5	0	m	0,75	0,5	0
	u	0,8	0,8	0,8	0,6	u	1	0,75	0,25	u	1	0,75	0,25
E13	l	0,6	0,4	0,6	0,2	l	0,5	0,25	0	l	0,5	0,25	0
	m	1	0,75	1	0,5	m	0,75	0,5	0	m	0,75	0,5	0
	u	1	1	1	0,75	u	1	0,75	0,25	u	1	0,75	0,25
E14	l	0,6	0,6	0,6	0,2	l	0,5	0,25	0	l	0,5	0,25	0
	m	1	1	1	0,5	m	0,75	0,5	0	m	0,75	0,5	0
	u	1	1	1	0,75	u	1	0,75	0,25	u	1	0,75	0,25
E15	l	0,3	0,3	0,15	0,3	l	0,5	0,25	0	l	0,5	0,25	0
	m	0,6	0,6	0,4	0,6	m	0,75	0,5	0	m	0,75	0,5	0
	u	1	1	0,75	1	u	1	0,75	0,25	u	1	0,75	0,25
E16	l	0,1	0,1	0,15	0,15	l	0,5	0,25	0	l	0,5	0,25	0

E17	m	0,3	0,3	0,4	0,4	m	0,75	0,5	0	m	0,75	0,5	0
	u	0,6	0,6	0,6	0,6	u	1	0,75	0,25	u	1	0,75	0,25
	l	0,45	0,45	0,45	0,3	l	0,5	0,25	0	l	0,5	0,25	0
E18	m	0,8	0,8	0,8	0,6	m	0,75	0,5	0	m	0,75	0,5	0
	u	1	1	1	1	u	1	0,75	0,25	u	1	0,75	0,25
	l	0,6	0,6	0,6	0,4	l	0,5	0,25	0	l	0,5	0,25	0
E19	m	1	1	1	0,75	m	0,75	0,5	0	m	0,75	0,5	0
	u	1	1	1	1	u	1	0,75	0,25	u	1	0,75	0,25
	l	0,2	0,2	0,2	0,2	l	0,5	0,25	0	l	0,5	0,25	0
E20	m	0,45	0,45	0,45	0,45	m	0,75	0,5	0	m	0,75	0,5	0
	u	0,8	0,8	0,8	0,8	u	1	0,75	0,25	u	1	0,75	0,25
	l	0,2	0,2	0,1	0,1	l	0,5	0,25	0	l	0,5	0,25	0
E21	m	0,45	0,45	0,3	0,3	m	0,75	0,5	0	m	0,75	0,5	0
	u	0,8	0,8	0,6	0,6	u	1	0,75	0,25	u	1	0,75	0,25
	l	0,2	0,3	0,3	0,2	l	0,5	0,25	0	l	0,5	0,25	0
E22	m	0,45	0,6	0,6	0,45	m	0,75	0,5	0	m	0,75	0,5	0
	u	0,8	0,8	0,8	0,8	u	1	0,75	0,25	u	1	0,75	0,25
	l	0,2	0,3	0,2	0,1	l	0,5	0,25	0	l	0,5	0,25	0
E23	m	0,45	0,6	0,45	0,3	m	0,75	0,5	0	m	0,75	0,5	0
	u	0,8	0,8	0,8	0,6	u	1	0,75	0,25	u	1	0,75	0,25
	l	0,15	0,10	0,10	0,00	l	0,50	0,25	0,00	l	0,50	0,25	0,00
E24	m	0,2	0,15	0,15	0,05	m	0,75	0,5	0	m	0,75	0,5	0
	u	0,4	0,4	0,4	0,2	u	1	0,75	0,25	u	1	0,75	0,25
	l	0,05	0	0,1	0,1	l	0,5	0,25	0	l	0,5	0,25	0
E25	m	0,2	0,1	0,3	0,3	m	0,75	0,5	0	m	0,75	0,5	0
	u	0,45	0,3	0,6	0,6	u	1	0,75	0,25	u	1	0,75	0,25
	l	0,3	0,3	0,45	0,15	l	0,5	0,25	0	l	0,5	0,25	0
E26	m	0,6	0,6	0,8	0,4	m	0,75	0,5	0	m	0,75	0,5	0
	u	1	1	1	0,75	u	1	0,75	0,25	u	1	0,75	0,25
	l	0,4	0,4	0,2	0	l	0,5	0,25	0	l	0,5	0,25	0
E27	m	0,75	0,75	0,5	0,25	m	0,75	0,5	0	m	0,75	0,5	0
	u	1	1	0,75	0,5	u	1	0,75	0,25	u	1	0,75	0,25
	l	0,3	0,15	0,3	0,15	l	0,5	0,25	0	l	0,5	0,25	0
E28	m	0,6	0,4	0,6	0,4	m	0,75	0,5	0	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	1	0,75	u	1	0,75	0,25	u	1	0,75	0,25
	l	0,1	0,1	0,1	0,05	l	0,5	0,25	0	l	0,5	0,25	0
E29	m	0,3	0,3	0,3	0,2	m	0,75	0,5	0	m	0,75	0,5	0
	u	0,6	0,6	0,6	0,45	u	1	0,75	0,25	u	1	0,75	0,25
	l	0,2	0,2	0,3	0,1	l	0,5	0,25	0	l	0,5	0,25	0
E30	m	0,45	0,45	0,6	0,3	m	0,75	0,5	0	m	0,75	0,5	0
	u	0,8	0,8	0,8	0,6	u	1	0,75	0,25	u	1	0,75	0,25
	l	0,15	0,1	0,15	0,05	l	0,5	0,25	0	l	0,5	0,25	0
E31	m	0,4	0,3	0,4	0,2	m	0,75	0,5	0	m	0,75	0,5	0
	u	0,6	0,6	0,6	0,45	u	1	0,75	0,25	u	1	0,75	0,25
	l	0,2	0,1	0,1	0,3	l	0,5	0,25	0	l	0,5	0,25	0
E31	m	0,45	0,3	0,3	0,6	m	0,75	0,5	0	m	0,75	0,5	0
	u	0,8	0,6	0,6	0,8	u	1	0,75	0,25	u	1	0,75	0,25

SOLUÇÃO IDEAL POSITIVA (A+) E NEGATIVA (A-)

ESP	Classe Esperado			Classe Regular			Classe Inaceitável		
	DIST	A+	A-	DIST	A+	A-	DIST	A+	A-
E01	l	0,4	0	l	0,2	0	l	0	0,4
	m	0,75	0	m	0,5	0	m	0	0,75
	u	1	0,25	u	0,75	0,25	u	0,25	1
E02	l	0,2	0	l	0,1	0	l	0	0,2
	m	0,45	0	m	0,3	0	m	0	0,45
	u	0,8	0,2	u	0,6	0,2	u	0,2	0,8
E03	l	0,3	0	l	0,15	0	l	0	0,3
	m	0,6	0	m	0,4	0	m	0	0,6
	u	1	0,25	u	0,75	0,25	u	0,25	1
E04	l	0,1	0	l	0,05	0	l	0	0,1
	m	0,3	0	m	0,2	0	m	0	0,3
	u	0,6	0,15	u	0,45	0,15	u	0,15	0,6
E05	l	0,4	0	l	0,2	0	l	0	0,4
	m	0,75	0	m	0,5	0	m	0	0,75
	u	1	0,25	u	0,75	0,25	u	0,25	1
E06	l	0,2	0	l	0,1	0	l	0	0,2
	m	0,45	0	m	0,3	0	m	0	0,45
	u	0,8	0,2	u	0,6	0,2	u	0,2	0,8
E07	l	0,2	0	l	0,1	0	l	0	0,2
	m	0,45	0	m	0,3	0	m	0	0,45
	u	0,8	0,2	u	0,6	0,2	u	0,2	0,8
E08	l	0,3	0	l	0,15	0	l	0	0,3
	m	0,6	0	m	0,4	0	m	0	0,6
	u	1	0,25	u	0,75	0,25	u	0,25	1
E09	l	0,2	0	l	0,1	0	l	0	0,2
	m	0,45	0	m	0,3	0	m	0	0,45
	u	0,8	0,2	u	0,6	0,2	u	0,2	0,8
E10	l	0,3	0	l	0,15	0	l	0	0,3
	m	0,6	0	m	0,4	0	m	0	0,6
	u	1	0,25	u	0,75	0,25	u	0,25	1
E11	l	0,1	0	l	0,05	0	l	0	0,1
	m	0,30	0,00	m	0,20	0,00	m	0,00	0,30
	u	0,6	0,15	u	0,45	0,15	u	0,15	0,6
E12	l	0,2	0	l	0,1	0	l	0	0,2
	m	0,45	0	m	0,3	0	m	0	0,45
	u	0,8	0,2	u	0,6	0,2	u	0,2	0,8
E13	l	0,4	0	l	0,2	0	l	0	0,4
	m	0,75	0	m	0,5	0	m	0	0,75
	u	1	0,25	u	0,75	0,25	u	0,25	1
E14	l	0,4	0	l	0,2	0	l	0	0,4
	m	0,75	0	m	0,5	0	m	0	0,75
	u	1	0,25	u	0,75	0,25	u	0,25	1
E15	l	0,3	0	l	0,15	0	l	0	0,3
	m	0,6	0	m	0,4	0	m	0	0,6
	u	1	0,25	u	0,75	0,25	u	0,25	1
E16	l	0,1	0	l	0,05	0	l	0	0,1
	m	0,3	0	m	0,2	0	m	0	0,3

E17	u	0,6	0,15	u	0,45	0,15	u	0,15	0,6
	l	0,3	0	l	0,15	0	l	0	0,3
	m	0,6	0	m	0,4	0	m	0	0,6
E18	u	1	0,25	u	0,75	0,25	u	0,25	1
	l	0,4	0	l	0,2	0	l	0	0,4
	m	0,75	0	m	0,5	0	m	0	0,75
E19	u	1	0,25	u	0,75	0,25	u	0,25	1
	l	0,2	0	l	0,1	0	l	0	0,2
	m	0,45	0	m	0,3	0	m	0	0,45
E20	u	0,8	0,2	u	0,6	0,2	u	0,2	0,8
	l	0,2	0	l	0,1	0	l	0	0,2
	m	0,45	0	m	0,3	0	m	0	0,45
E21	u	0,8	0,2	u	0,6	0,2	u	0,2	0,8
	l	0,2	0	l	0,1	0	l	0	0,2
	m	0,45	0	m	0,3	0	m	0	0,45
E22	u	0,8	0,2	u	0,6	0,2	u	0,2	0,8
	l	0,2	0	l	0,1	0	l	0	0,2
	m	0,45	0	m	0,3	0	m	0	0,45
E23	u	0,8	0,2	u	0,6	0,2	u	0,2	0,8
	l	0,10	0,00	l	0,05	0,00	l	0,00	0,10
	m	0,15	0	m	0,1	0	m	0	0,15
E24	u	0,4	0,1	u	0,3	0,1	u	0,1	0,4
	l	0,1	0	l	0,05	0	l	0	0,1
	m	0,3	0	m	0,2	0	m	0	0,3
E25	u	0,6	0,15	u	0,45	0,15	u	0,15	0,6
	l	0,3	0	l	0,15	0	l	0	0,3
	m	0,6	0	m	0,4	0	m	0	0,6
E26	u	1	0,25	u	0,75	0,25	u	0,25	1
	l	0,4	0	l	0,2	0	l	0	0,4
	m	0,75	0	m	0,5	0	m	0	0,75
E27	u	1	0,25	u	0,75	0,25	u	0,25	1
	l	0,3	0	l	0,15	0	l	0	0,3
	m	0,6	0	m	0,4	0	m	0	0,6
E28	u	1	0,25	u	0,75	0,25	u	0,25	1
	l	0,1	0	l	0,05	0	l	0	0,1
	m	0,3	0	m	0,2	0	m	0	0,3
E29	u	0,6	0,15	u	0,45	0,15	u	0,15	0,6
	l	0,2	0	l	0,1	0	l	0	0,2
	m	0,45	0	m	0,3	0	m	0	0,45
E30	u	0,8	0,2	u	0,6	0,2	u	0,2	0,8
	l	0,1	0	l	0,05	0	l	0	0,1
	m	0,3	0	m	0,2	0	m	0	0,3
E31	u	0,6	0,15	u	0,45	0,15	u	0,15	0,6
	l	0,2	0	l	0,1	0	l	0	0,2
	m	0,45	0	m	0,3	0	m	0	0,45
	u	0,8	0,2	u	0,6	0,2	u	0,2	0,8

Distância D+ Classe Esperado

ESP	OI1	OI2	OI3	OI4
E01	0,00	0,23	0,18	0,00
E02	0,10	0,16	0,16	0,16
E03	0,20	0,00	0,00	0,00
E04	0,06	0,11	0,00	0,00
E05	0,18	0,00	0,23	0,23
E06	0,00	0,10	0,00	0,00
E07	0,16	0,00	0,10	0,00
E08	0,00	0,14	0,20	0,41
E09	0,10	0,10	0,16	0,16
E10	0,14	0,00	0,00	0,20
E11	0,06	0,00	0,11	0,11
E12	0,10	0,00	0,00	0,16
E13	0,18	0,00	0,18	0,23
E14	0,18	0,18	0,18	0,23
E15	0,00	0,00	0,20	0,00
E16	0,00	0,00	0,06	0,06
E17	0,14	0,14	0,14	0,00
E18	0,18	0,18	0,18	0,00
E19	0,00	0,00	0,00	0,00
E20	0,00	0,00	0,16	0,16
E21	0,00	0,10	0,10	0,00
E22	0,00	0,10	0,00	0,16
E23	0,04	0,00	0,00	0,14
E24	0,11	0,22	0,00	0,00
E25	0,00	0,00	0,14	0,20
E26	0,00	0,00	0,23	0,47
E27	0,00	0,20	0,00	0,20
E28	0,00	0,00	0,00	0,11
E29	0,00	0,00	0,10	0,16
E30	0,06	0,00	0,06	0,11
E31	0,00	0,16	0,16	0,10
TOTAL	2,04	2,15	3,08	3,76

Distância D- Classe Esperado

ESP	OI1	OI2	OI3	OI4
E01	0,65	0,42	0,80	0,65
E02	0,52	0,29	0,29	0,29
E03	0,38	0,58	0,58	0,58
E04	0,36	0,21	0,32	0,32
E05	0,80	0,65	0,42	0,42
E06	0,45	0,52	0,45	0,45
E07	0,29	0,45	0,52	0,45
E08	0,58	0,68	0,38	0,18
E09	0,52	0,52	0,29	0,29
E10	0,68	0,58	0,58	0,38
E11	0,36	0,32	0,21	0,21
E12	0,52	0,45	0,45	0,29
E13	0,80	0,65	0,80	0,42
E14	0,80	0,80	0,80	0,42
E15	0,58	0,58	0,38	0,58
E16	0,32	0,32	0,36	0,36
E17	0,68	0,68	0,68	0,58
E18	0,80	0,80	0,80	0,65
E19	0,45	0,45	0,45	0,45
E20	0,45	0,45	0,29	0,29
E21	0,45	0,52	0,52	0,45
E22	0,45	0,52	0,45	0,29
E23	0,23	0,20	0,20	0,06
E24	0,21	0,10	0,32	0,32
E25	0,58	0,58	0,68	0,38
E26	0,65	0,65	0,42	0,20
E27	0,58	0,38	0,58	0,38
E28	0,32	0,32	0,32	0,21
E29	0,45	0,45	0,52	0,29
E30	0,36	0,32	0,36	0,21
E31	0,43	0,29	0,29	0,49
TOTAL	15,70	14,75	14,53	11,59

Distância D+ Classe Regular

ESP	O11	O12	O13	O14
E01	0,23	0,00	0,40	0,23
E02	0,24	0,00	0,00	0,00
E03	0,00	0,20	0,20	0,20
E04	0,16	0,00	0,11	0,11
E05	0,40	0,23	0,00	0,00
E06	0,16	0,24	0,16	0,16
E07	0,00	0,16	0,24	0,16
E08	0,20	0,32	0,00	0,20
E09	0,24	0,24	0,00	0,00
E10	0,32	0,20	0,20	0,00
E11	0,16	0,11	0,00	0,00
E12	0,24	0,16	0,16	0,00
E13	0,40	0,23	0,40	0,00
E14	0,40	0,40	0,40	0,00
E15	0,20	0,20	0,00	0,20
E16	0,11	0,11	0,16	0,16
E17	0,32	0,32	0,32	0,20
E18	0,40	0,40	0,40	0,23
E19	0,16	0,16	0,16	0,16
E20	0,16	0,16	0,00	0,00
E21	0,16	0,24	0,24	0,16
E22	0,16	0,24	0,16	0,00
E23	0,10	0,07	0,07	0,07
E24	0,00	0,11	0,11	0,11
E25	0,20	0,20	0,32	0,00
E26	0,23	0,23	0,00	0,23
E27	0,20	0,00	0,20	0,00
E28	0,11	0,11	0,11	0,00
E29	0,16	0,16	0,24	0,00
E30	0,16	0,11	0,16	0,00
E31	0,16	0,00	0,00	0,24
TOTAL	6,10	5,30	4,89	2,82

Distância D- Classe Regular

ESP	O11	O12	O13	O14
E01	0,65	0,42	0,80	0,65
E02	0,52	0,29	0,29	0,29
E03	0,38	0,58	0,58	0,58
E04	0,36	0,21	0,32	0,32
E05	0,80	0,65	0,42	0,42
E06	0,45	0,52	0,45	0,45
E07	0,29	0,45	0,52	0,45
E08	0,58	0,68	0,38	0,18
E09	0,52	0,52	0,29	0,29
E10	0,68	0,58	0,58	0,38
E11	0,36	0,32	0,21	0,21
E12	0,52	0,45	0,45	0,29
E13	0,80	0,65	0,80	0,42
E14	0,80	0,80	0,80	0,42
E15	0,58	0,58	0,38	0,58
E16	0,32	0,32	0,36	0,36
E17	0,68	0,68	0,68	0,58
E18	0,80	0,80	0,80	0,65
E19	0,45	0,45	0,45	0,45
E20	0,45	0,45	0,29	0,29
E21	0,45	0,52	0,52	0,45
E22	0,45	0,52	0,45	0,29
E23	0,23	0,20	0,20	0,06
E24	0,21	0,10	0,32	0,32
E25	0,58	0,58	0,68	0,38
E26	0,65	0,65	0,42	0,20
E27	0,58	0,38	0,58	0,38
E28	0,32	0,32	0,32	0,21
E29	0,45	0,45	0,52	0,29
E30	0,36	0,32	0,36	0,21
E31	0,45	0,29	0,29	0,52
TOTAL	15,72	14,76	14,53	11,62

Distância D+ Classe Inaceitável

ESP	OI1	OI2	OI3	OI4
E01	0,65	0,42	0,80	0,65
E02	0,52	0,29	0,29	0,29
E03	0,38	0,58	0,58	0,58
E04	0,36	0,21	0,32	0,32
E05	0,80	0,65	0,42	0,42
E06	0,45	0,52	0,45	0,45
E07	0,29	0,45	0,52	0,45
E08	0,58	0,68	0,38	0,18
E09	0,52	0,52	0,29	0,29
E10	0,68	0,58	0,58	0,38
E11	0,36	0,32	0,21	0,21
E12	0,52	0,45	0,45	0,29
E13	0,80	0,65	0,80	0,42
E14	0,80	0,80	0,80	0,42
E15	0,58	0,58	0,38	0,58
E16	0,32	0,32	0,36	0,36
E17	0,68	0,68	0,68	0,58
E18	0,80	0,80	0,80	0,65
E19	0,45	0,45	0,45	0,45
E20	0,45	0,45	0,29	0,29
E21	0,45	0,52	0,52	0,45
E22	0,45	0,52	0,45	0,29
E23	0,23	0,20	0,20	0,06
E24	0,21	0,10	0,32	0,32
E25	0,58	0,58	0,68	0,38
E26	0,65	0,65	0,42	0,20
E27	0,58	0,38	0,58	0,38
E28	0,32	0,32	0,32	0,21
E29	0,45	0,45	0,52	0,29
E30	0,36	0,32	0,36	0,21
E31	0,45	0,29	0,29	0,52
TOTAL	15,72	14,76	14,53	11,62

Distância D- Classe Inaceitável

ESP	OI1	OI2	OI3	OI4
E01	0,00	0,23	0,18	0,00
E02	0,10	0,16	0,16	0,16
E03	0,20	0,00	0,00	0,00
E04	0,06	0,11	0,00	0,00
E05	0,18	0,00	0,23	0,23
E06	0,00	0,10	0,00	0,00
E07	0,16	0,00	0,10	0,00
E08	0,00	0,14	0,20	0,41
E09	0,10	0,10	0,16	0,16
E10	0,14	0,00	0,00	0,20
E11	0,06	0,00	0,11	0,11
E12	0,10	0,00	0,00	0,16
E13	0,18	0,00	0,18	0,23
E14	0,18	0,18	0,18	0,23
E15	0,00	0,00	0,20	0,00
E16	0,00	0,00	0,06	0,06
E17	0,14	0,14	0,14	0,00
E18	0,18	0,18	0,18	0,00
E19	0,00	0,00	0,00	0,00
E20	0,00	0,00	0,16	0,16
E21	0,00	0,10	0,10	0,00
E22	0,00	0,10	0,00	0,16
E23	0,04	0,00	0,00	0,14
E24	0,11	0,22	0,00	0,00
E25	0,00	0,00	0,14	0,20
E26	0,00	0,00	0,23	0,47
E27	0,00	0,20	0,00	0,20
E28	0,00	0,00	0,00	0,11
E29	0,00	0,00	0,10	0,16
E30	0,06	0,00	0,06	0,11
E31	0,00	0,16	0,16	0,10
TOTAL	2,04	2,15	3,08	3,76

ANEXO H – DADOS FUZZY TOPSIS-CLASS – Oportunidade de Inovação 1

MATRIZ DE JULGAMENTOS

ESP	DIST	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	PESO
E01	l	5	7,5	0	7,5	2,5	2,5	2,5	0,8
	m	7,5	10	2,5	10	5	5	5	1
	u	10	10	5	10	7,5	7,5	7,5	1
E02	l	2,5	7,5	0	5	0	0	2,5	0,4
	m	5	10	0	7,5	0	2,5	5	0,6
	u	7,5	10	2,5	10	2,5	5	7,5	0,8
E03	l	5	5	2,5	5	2,5	5	5	0,6
	m	7,5	7,5	5	7,5	5	7,5	7,5	0,8
	u	10	10	7,5	10	7,5	10	10	1
E04	l	5	7,5	0	7,5	0	0	2,5	0,2
	m	7,5	10	0	10	2,5	2,5	5	0,4
	u	10	10	2,5	10	5	5	7,5	0,6
E05	l	5	5	2,5	7,5	2,5	2,5	2,5	0,8
	m	7,5	7,5	5	10	5	5	5	1
	u	10	10	7,5	10	7,5	7,5	7,5	1
E06	l	5	7,5	2,5	7,5	0	0	0	0,4
	m	7,5	10	5	10	2,5	2,5	2,5	0,6
	u	10	10	7,5	10	5	5	5	0,8
E07	l	5	5	2,5	7,5	5	2,5	0	0,4
	m	7,5	7,5	5	10	7,5	5	2,5	0,6
	u	10	10	7,5	10	10	7,5	5	0,8
E08	l	2,5	2,5	0	2,5	0	0	5	0,6
	m	5	5	2,5	5	0	2,5	7,5	0,8
	u	7,5	7,5	5	7,5	2,5	5	10	1
E09	l	7,5	7,5	0	2,5	5	0	2,5	0,4
	m	10	10	0	5	7,5	2,5	5	0,6
	u	10	10	2,5	7,5	10	5	7,5	0,8
E10	l	7,5	7,5	5	7,5	2,5	5	7,5	0,6
	m	10	10	7,5	10	5	7,5	10	0,8
	u	10	10	10	10	7,5	10	10	1
E11	l	0	0	5	5	0	0	0	0,2
	m	2,50	2,50	7,50	7,50	0,00	0,00	2,50	0,40
	u	5	5	10	10	2,5	2,5	5	0,6
E12	l	7,5	5	5	2,5	0	0	5	0,4
	m	10	7,5	7,5	5	2,5	2,5	7,5	0,6
	u	10	10	10	7,5	5	5	10	0,8
E13	l	7,5	7,5	0	7,5	0	0	5	0,8
	m	10	10	0	10	0	2,5	7,5	1
	u	10	10	2,5	10	2,5	5	10	1
E14	l	5	5	2,5	7,5	2,5	0	0	0,8
	m	7,5	7,5	5	10	5	2,5	2,5	1
	u	10	10	7,5	10	7,5	5	5	1
E15	l	5	5	2,5	7,5	2,5	0	5	0,6
	m	7,5	7,5	5	10	5	2,5	7,5	0,8
	u	10	10	7,5	10	7,5	5	10	1
E16	l	5	2,5	7,5	2,5	0	0	0	0,2
	m	7,5	5	10	5	0	0	2,5	0,4

	u	10	7,5	10	7,5	2,5	2,5	5	0,6
	l	5	5	5	7,5	0	2,5	7,5	0,6
E17	m	7,5	7,5	7,5	10	2,5	5	10	0,8
	u	10	10	10	10	5	7,5	10	1
	l	7,5	7,5	2,5	7,5	2,5	0	2,5	0,8
E18	m	10	10	5	10	5	2,5	5	1
	u	10	10	7,5	10	7,5	5	7,5	1
	l	5	7,5	2,5	7,5	0	0	0	0,4
E19	m	7,5	10	5	10	2,5	0	0	0,6
	u	10	10	7,5	10	5	2,5	2,5	0,8
	l	5	2,5	2,5	5	0	0	5	0,4
E20	m	7,5	5	5	7,5	2,5	2,5	7,5	0,6
	u	10	7,5	7,5	10	5	5	10	0,8
	l	5	7,5	5	0	0	0	5	0,4
E21	m	7,5	10	7,5	2,5	2,5	2,5	7,5	0,6
	u	10	10	10	5	5	5	10	0,8
	l	2,5	5	5	2,5	5	0	2,5	0,4
E22	m	5	7,5	7,5	5	7,5	2,5	5	0,6
	u	7,5	10	10	7,5	10	5	7,5	0,8
	l	5,00	7,50	2,50	5,00	0,00	0,00	0,00	0,2
E23	m	7,5	10	5	7,5	0	0	0	0,2
	u	10	10	7,5	10	2,5	2,5	2,5	0,4
	l	2,5	2,5	5	2,5	2,5	0	0	0,2
E24	m	5	5	7,5	5	5	0	2,5	0,4
	u	7,5	7,5	10	7,5	7,5	2,5	5	0,6
	l	5	5	0	7,5	2,5	0	5	0,6
E25	m	7,5	7,5	0	10	5	0	7,5	0,8
	u	10	10	2,5	10	7,5	2,5	10	1
	l	5	5	2,5	5	0	0	5	0,8
E26	m	7,5	7,5	5	7,5	2,5	0	7,5	1
	u	10	10	7,5	10	5	2,5	10	1
	l	2,5	2,5	0	7,5	0	0	5	0,6
E27	m	5	5	2,5	10	2,5	0	7,5	0,8
	u	7,5	7,5	5	10	5	2,5	10	1
	l	5	7,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	0,2
E28	m	7,5	10	5	5	5	5	5	0,4
	u	10	10	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	0,6
	l	5	2,5	0	0	0	2,5	2,5	0,4
E29	m	7,5	5	2,5	0	0	5	5	0,6
	u	10	7,5	5	2,5	2,5	7,5	7,5	0,8
	l	2,5	7,5	2,5	5	7,5	5	7,5	0,2
E30	m	5	10	5	7,5	10	7,5	10	0,4
	u	7,5	10	7,5	10	10	10	10	0,6
	l	2,5	5	2,5	0	2,5	2,5	2,5	0,4
E31	m	5	7,5	5	2,5	5	5	5	0,6
	u	7,5	10	7,5	5	7,5	7,5	7,5	0,8

MATRIZ DE JULGAMENTOS NORMALIZADA

ESP	DIST	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	PESO
E01	l	0,5	0,75	0	0,75	0,25	0,25	0,25	0,8
	m	0,75	1	0,25	1	0,5	0,5	0,5	1
	u	1	1	0,5	1	0,75	0,75	0,75	1
E02	l	0,25	0,75	0	0,5	0	0	0,25	0,4
	m	0,5	1	0	0,75	0	0,25	0,5	0,6
	u	0,75	1	0,25	1	0,25	0,5	0,75	0,8
E03	l	0,5	0,5	0,25	0,5	0,25	0,5	0,5	0,6
	m	0,75	0,75	0,5	0,75	0,5	0,75	0,75	0,8
	u	1	1	0,75	1	0,75	1	1	1
E04	l	0,5	0,75	0	0,75	0	0	0,25	0,2
	m	0,75	1	0	1	0,25	0,25	0,5	0,4
	u	1	1	0,25	1	0,5	0,5	0,75	0,6
E05	l	0,5	0,5	0,25	0,75	0,25	0,25	0,25	0,8
	m	0,75	0,75	0,5	1	0,5	0,5	0,5	1
	u	1	1	0,75	1	0,75	0,75	0,75	1
E06	l	0,5	0,75	0,25	0,75	0	0	0	0,4
	m	0,75	1	0,5	1	0,25	0,25	0,25	0,6
	u	1	1	0,75	1	0,5	0,5	0,5	0,8
E07	l	0,5	0,5	0,25	0,75	0,5	0,25	0	0,4
	m	0,75	0,75	0,5	1	0,75	0,5	0,25	0,6
	u	1	1	0,75	1	1	0,75	0,5	0,8
E08	l	0,25	0,25	0	0,25	0	0	0,5	0,6
	m	0,5	0,5	0,25	0,5	0	0,25	0,75	0,8
	u	0,75	0,75	0,5	0,75	0,25	0,5	1	1
E09	l	0,75	0,75	0	0,25	0,5	0	0,25	0,4
	m	1	1	0	0,5	0,75	0,25	0,5	0,6
	u	1	1	0,25	0,75	1	0,5	0,75	0,8
E10	l	0,75	0,75	0,5	0,75	0,25	0,5	0,75	0,6
	m	1	1	0,75	1	0,5	0,75	1	0,8
	u	1	1	1	1	0,75	1	1	1
E11	l	0	0	0,5	0,5	0	0	0	0,2
	m	0,25	0,25	0,75	0,75	0,00	0,00	0,25	0,40
	u	0,5	0,5	1	1	0,25	0,25	0,5	0,6
E12	l	0,75	0,5	0,5	0,25	0	0	0,5	0,4
	m	1	0,75	0,75	0,5	0,25	0,25	0,75	0,6
	u	1	1	1	0,75	0,5	0,5	1	0,8
E13	l	0,75	0,75	0	0,75	0	0	0,5	0,8
	m	1	1	0	1	0	0,25	0,75	1
	u	1	1	0,25	1	0,25	0,5	1	1
E14	l	0,5	0,5	0,25	0,75	0,25	0	0	0,8
	m	0,75	0,75	0,5	1	0,5	0,25	0,25	1
	u	1	1	0,75	1	0,75	0,5	0,5	1
E15	l	0,5	0,5	0,25	0,75	0,25	0	0,5	0,6
	m	0,75	0,75	0,5	1	0,5	0,25	0,75	0,8
	u	1	1	0,75	1	0,75	0,5	1	1
E16	l	0,5	0,25	0,75	0,25	0	0	0	0,2
	m	0,75	0,5	1	0,5	0	0	0,25	0,4
	u	1	0,75	1	0,75	0,25	0,25	0,5	0,6
E17	l	0,5	0,5	0,5	0,75	0	0,25	0,75	0,6

	m	0,75	0,75	0,75	1	0,25	0,5	1	0,8
	u	1	1	1	1	0,5	0,75	1	1
	l	0,75	0,75	0,25	0,75	0,25	0	0,25	0,8
E18	m	1	1	0,5	1	0,5	0,25	0,5	1
	u	1	1	0,75	1	0,75	0,5	0,75	1
	l	0,5	0,75	0,25	0,75	0	0	0	0,4
E19	m	0,75	1	0,5	1	0,25	0	0	0,6
	u	1	1	0,75	1	0,5	0,25	0,25	0,8
	l	0,5	0,25	0,25	0,5	0	0	0,5	0,4
E20	m	0,75	0,5	0,5	0,75	0,25	0,25	0,75	0,6
	u	1	0,75	0,75	1	0,5	0,5	1	0,8
	l	0,5	0,75	0,5	0	0	0	0,5	0,4
E21	m	0,75	1	0,75	0,25	0,25	0,25	0,75	0,6
	u	1	1	1	0,5	0,5	0,5	1	0,8
	l	0,25	0,5	0,5	0,25	0,5	0	0,25	0,4
E22	m	0,5	0,75	0,75	0,5	0,75	0,25	0,5	0,6
	u	0,75	1	1	0,75	1	0,5	0,75	0,8
	l	0,50	0,75	0,25	0,50	0,00	0,00	0,00	0,2
E23	m	0,75	1	0,5	0,75	0	0	0	0,2
	u	1	1	0,75	1	0,25	0,25	0,25	0,4
	l	0,25	0,25	0,5	0,25	0,25	0	0	0,2
E24	m	0,5	0,5	0,75	0,5	0,5	0	0,25	0,4
	u	0,75	0,75	1	0,75	0,75	0,25	0,5	0,6
	l	0,5	0,5	0	0,75	0,25	0	0,5	0,6
E25	m	0,75	0,75	0	1	0,5	0	0,75	0,8
	u	1	1	0,25	1	0,75	0,25	1	1
	l	0,5	0,5	0,25	0,5	0	0	0,5	0,8
E26	m	0,75	0,75	0,5	0,75	0,25	0	0,75	1
	u	1	1	0,75	1	0,5	0,25	1	1
	l	0,25	0,25	0	0,75	0	0	0,5	0,6
E27	m	0,5	0,5	0,25	1	0,25	0	0,75	0,8
	u	0,75	0,75	0,5	1	0,5	0,25	1	1
	l	0,5	0,75	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,2
E28	m	0,75	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4
	u	1	1	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,6
	l	0,5	0,25	0	0	0	0,25	0,25	0,4
E29	m	0,75	0,5	0,25	0	0	0,5	0,5	0,6
	u	1	0,75	0,5	0,25	0,25	0,75	0,75	0,8
	l	0,25	0,75	0,25	0,5	0,75	0,5	0,75	0,2
E30	m	0,5	1	0,5	0,75	1	0,75	1	0,4
	u	0,75	1	0,75	1	1	1	1	0,6
	l	0,25	0,5	0,25	0	0,25	0,25	0,25	0,4
E31	m	0,5	0,75	0,5	0,25	0,5	0,5	0,5	0,6
	u	0,75	1	0,75	0,5	0,75	0,75	0,75	0,8

MATRIZ DE JULGAMENTOS NORMALIZADA E PONDERADA

ESP	DIST	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
E01	l	0,4	0,6	0	0,6	0,2	0,2	0,2
	m	0,75	1	0,25	1	0,5	0,5	0,5
	u	1	1	0,5	1	0,75	0,75	0,75
E02	l	0,1	0,3	0	0,2	0	0	0,1
	m	0,3	0,6	0	0,45	0	0,15	0,3
	u	0,6	0,8	0,2	0,8	0,2	0,4	0,6
E03	l	0,3	0,3	0,15	0,3	0,15	0,3	0,3
	m	0,6	0,6	0,4	0,6	0,4	0,6	0,6
	u	1	1	0,75	1	0,75	1	1
E04	l	0,1	0,15	0	0,15	0	0	0,05
	m	0,3	0,4	0	0,4	0,1	0,1	0,2
	u	0,6	0,6	0,15	0,6	0,3	0,3	0,45
E05	l	0,4	0,4	0,2	0,6	0,2	0,2	0,2
	m	0,75	0,75	0,5	1	0,5	0,5	0,5
	u	1	1	0,75	1	0,75	0,75	0,75
E06	l	0,2	0,3	0,1	0,3	0	0	0
	m	0,45	0,6	0,3	0,6	0,15	0,15	0,15
	u	0,8	0,8	0,6	0,8	0,4	0,4	0,4
E07	l	0,2	0,2	0,1	0,3	0,2	0,1	0
	m	0,45	0,45	0,3	0,6	0,45	0,3	0,15
	u	0,8	0,8	0,6	0,8	0,8	0,6	0,4
E08	l	0,15	0,15	0	0,15	0	0	0,3
	m	0,4	0,4	0,2	0,4	0	0,2	0,6
	u	0,75	0,75	0,5	0,75	0,25	0,5	1
E09	l	0,3	0,3	0	0,1	0,2	0	0,1
	m	0,6	0,6	0	0,3	0,45	0,15	0,3
	u	0,8	0,8	0,2	0,6	0,8	0,4	0,6
E10	l	0,45	0,45	0,3	0,45	0,15	0,3	0,45
	m	0,8	0,8	0,6	0,8	0,4	0,6	0,8
	u	1	1	1	1	0,75	1	1
E11	l	0	0	0,1	0,1	0	0	0
	m	0,10	0,10	0,30	0,30	0,00	0,00	0,10
	u	0,3	0,3	0,6	0,6	0,15	0,15	0,3
E12	l	0,3	0,2	0,2	0,1	0	0	0,2
	m	0,6	0,45	0,45	0,3	0,15	0,15	0,45
	u	0,8	0,8	0,8	0,6	0,4	0,4	0,8
E13	l	0,6	0,6	0	0,6	0	0	0,4
	m	1	1	0	1	0	0,25	0,75
	u	1	1	0,25	1	0,25	0,5	1
E14	l	0,4	0,4	0,2	0,6	0,2	0	0
	m	0,75	0,75	0,5	1	0,5	0,25	0,25
	u	1	1	0,75	1	0,75	0,5	0,5
E15	l	0,3	0,3	0,15	0,45	0,15	0	0,3
	m	0,6	0,6	0,4	0,8	0,4	0,2	0,6
	u	1	1	0,75	1	0,75	0,5	1
E16	l	0,1	0,05	0,15	0,05	0	0	0
	m	0,3	0,2	0,4	0,2	0	0	0,1
	u	0,6	0,45	0,6	0,45	0,15	0,15	0,3
E17	l	0,3	0,3	0,3	0,45	0	0,15	0,45

	m	0,6	0,6	0,6	0,8	0,2	0,4	0,8
	u	1	1	1	1	0,5	0,75	1
	l	0,6	0,6	0,2	0,6	0,2	0	0,2
E18	m	1	1	0,5	1	0,5	0,25	0,5
	u	1	1	0,75	1	0,75	0,5	0,75
	l	0,2	0,3	0,1	0,3	0	0	0
E19	m	0,45	0,6	0,3	0,6	0,15	0	0
	u	0,8	0,8	0,6	0,8	0,4	0,2	0,2
	l	0,2	0,1	0,1	0,2	0	0	0,2
E20	m	0,45	0,3	0,3	0,45	0,15	0,15	0,45
	u	0,8	0,6	0,6	0,8	0,4	0,4	0,8
	l	0,2	0,3	0,2	0	0	0	0,2
E21	m	0,45	0,6	0,45	0,15	0,15	0,15	0,45
	u	0,8	0,8	0,8	0,4	0,4	0,4	0,8
	l	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0	0,1
E22	m	0,3	0,45	0,45	0,3	0,45	0,15	0,3
	u	0,6	0,8	0,8	0,6	0,8	0,4	0,6
	l	0,10	0,15	0,05	0,10	0,00	0,00	0,00
E23	m	0,15	0,2	0,1	0,15	0	0	0
	u	0,4	0,4	0,3	0,4	0,1	0,1	0,1
	l	0,05	0,05	0,1	0,05	0,05	0	0
E24	m	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0	0,1
	u	0,45	0,45	0,6	0,45	0,45	0,15	0,3
	l	0,3	0,3	0	0,45	0,15	0	0,3
E25	m	0,6	0,6	0	0,8	0,4	0	0,6
	u	1	1	0,25	1	0,75	0,25	1
	l	0,4	0,4	0,2	0,4	0	0	0,4
E26	m	0,75	0,75	0,5	0,75	0,25	0	0,75
	u	1	1	0,75	1	0,5	0,25	1
	l	0,15	0,15	0	0,45	0	0	0,3
E27	m	0,4	0,4	0,2	0,8	0,2	0	0,6
	u	0,75	0,75	0,5	1	0,5	0,25	1
	l	0,1	0,15	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
E28	m	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	u	0,6	0,6	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
	l	0,2	0,1	0	0	0	0,1	0,1
E29	m	0,45	0,3	0,15	0	0	0,3	0,3
	u	0,8	0,6	0,4	0,2	0,2	0,6	0,6
	l	0,05	0,15	0,05	0,1	0,15	0,1	0,15
E30	m	0,2	0,4	0,2	0,3	0,4	0,3	0,4
	u	0,45	0,6	0,45	0,6	0,6	0,6	0,6
	l	0,1	0,2	0,1	0	0,1	0,1	0,1
E31	m	0,3	0,45	0,3	0,15	0,3	0,3	0,3
	u	0,6	0,8	0,6	0,4	0,6	0,6	0,6

CLASSES E LIMITES NORMALIZADO

ESP	DIST	Esperado	Regular	Inaceitável
E01	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
E02	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
E03	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
E04	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
E05	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
E06	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
E07	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
E08	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
E09	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
E10	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
E11	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,50	0,00
	u	1	0,75	0,25
E12	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
E13	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
E14	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
E15	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
E16	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
E17	l	0,5	0,25	0

CLASSES E LIMITES NORMALIZADO E PONDERADO

ESP	DIST	Esperado	Regular	Inaceitável
E01	l	0,4	0,2	0
	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
E02	l	0,2	0,1	0
	m	0,45	0,3	0
	u	0,8	0,6	0,2
E03	l	0,3	0,15	0
	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
E04	l	0,1	0,05	0
	m	0,3	0,2	0
	u	0,6	0,45	0,15
E05	l	0,4	0,2	0
	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
E06	l	0,2	0,1	0
	m	0,45	0,3	0
	u	0,8	0,6	0,2
E07	l	0,2	0,1	0
	m	0,45	0,3	0
	u	0,8	0,6	0,2
E08	l	0,3	0,15	0
	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
E09	l	0,2	0,1	0
	m	0,45	0,3	0
	u	0,8	0,6	0,2
E10	l	0,3	0,15	0
	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
E11	l	0,1	0,05	0
	m	0,30	0,20	0,00
	u	0,6	0,45	0,15
E12	l	0,2	0,1	0
	m	0,45	0,3	0
	u	0,8	0,6	0,2
E13	l	0,4	0,2	0
	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
E14	l	0,4	0,2	0
	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
E15	l	0,3	0,15	0
	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
E16	l	0,1	0,05	0
	m	0,3	0,2	0
	u	0,6	0,45	0,15
E17	l	0,3	0,15	0

E18	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,5	0,25	0
E19	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,5	0,25	0
E20	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,5	0,25	0
E21	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,5	0,25	0
E22	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,50	0,25	0,00
E23	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,5	0,25	0
E24	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,5	0,25	0
E25	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,5	0,25	0
E26	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,5	0,25	0
E27	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,5	0,25	0
E28	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,5	0,25	0
E29	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,5	0,25	0
E30	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,5	0,25	0
E31	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25

E18	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,4	0,2	0
E19	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,2	0,1	0
E20	m	0,45	0,3	0
	u	0,8	0,6	0,2
	l	0,2	0,1	0
E21	m	0,45	0,3	0
	u	0,8	0,6	0,2
	l	0,2	0,1	0
E22	m	0,45	0,3	0
	u	0,8	0,6	0,2
	l	0,10	0,05	0,00
E23	m	0,15	0,1	0
	u	0,4	0,3	0,1
	l	0,1	0,05	0
E24	m	0,3	0,2	0
	u	0,6	0,45	0,15
	l	0,3	0,15	0
E25	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,4	0,2	0
E26	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,3	0,15	0
E27	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,1	0,05	0
E28	m	0,3	0,2	0
	u	0,6	0,45	0,15
	l	0,2	0,1	0
E29	m	0,45	0,3	0
	u	0,8	0,6	0,2
	l	0,1	0,05	0
E30	m	0,3	0,2	0
	u	0,6	0,45	0,15
	l	0,2	0,1	0
E31	m	0,45	0,3	0
	u	0,8	0,6	0,2

ESP	DIST	Classe Esperado		Classe Regular		Classe Inaceitável	
		A+	A-	A+	A-	A+	A-
E01	l	0,4	0	0,2	0	0	0,4
	m	0,75	0	0,5	0	0	0,75
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
E02	l	0,2	0	0,1	0	0	0,2
	m	0,45	0	0,3	0	0	0,45
	u	0,8	0,2	0,6	0,2	0,2	0,8
E03	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
E04	l	0,1	0	0,05	0	0	0,1
	m	0,3	0	0,2	0	0	0,3
	u	0,6	0,15	0,45	0,15	0,15	0,6
E05	l	0,4	0	0,2	0	0	0,4
	m	0,75	0	0,5	0	0	0,75
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
E06	l	0,2	0	0,1	0	0	0,2
	m	0,45	0	0,3	0	0	0,45
	u	0,8	0,2	0,6	0,2	0,2	0,8
E07	l	0,2	0	0,1	0	0	0,2
	m	0,45	0	0,3	0	0	0,45
	u	0,8	0,2	0,6	0,2	0,2	0,8
E08	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
E09	l	0,2	0	0,1	0	0	0,2
	m	0,45	0	0,3	0	0	0,45
	u	0,8	0,2	0,6	0,2	0,2	0,8
E10	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
E11	l	0,1	0	0,05	0	0	0,1
	m	0,30	0,00	0,20	0,00	0,00	0,30
	u	0,6	0,15	0,45	0,15	0,15	0,6
E12	l	0,2	0	0,1	0	0	0,2
	m	0,45	0	0,3	0	0	0,45
	u	0,8	0,2	0,6	0,2	0,2	0,8
E13	l	0,4	0	0,2	0	0	0,4
	m	0,75	0	0,5	0	0	0,75
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
E14	l	0,4	0	0,2	0	0	0,4
	m	0,75	0	0,5	0	0	0,75
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
E15	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
E16	l	0,1	0	0,05	0	0	0,1
	m	0,3	0	0,2	0	0	0,3
	u	0,6	0,15	0,45	0,15	0,15	0,6
E17	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3

	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
	l	0,4	0	0,2	0	0	0,4
E18	m	0,75	0	0,5	0	0	0,75
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
	l	0,2	0	0,1	0	0	0,2
E19	m	0,45	0	0,3	0	0	0,45
	u	0,8	0,2	0,6	0,2	0,2	0,8
	l	0,2	0	0,1	0	0	0,2
E20	m	0,45	0	0,3	0	0	0,45
	u	0,8	0,2	0,6	0,2	0,2	0,8
	l	0,2	0	0,1	0	0	0,2
E21	m	0,45	0	0,3	0	0	0,45
	u	0,8	0,2	0,6	0,2	0,2	0,8
	l	0,2	0	0,1	0	0	0,2
E22	m	0,45	0	0,3	0	0	0,45
	u	0,8	0,2	0,6	0,2	0,2	0,8
	l	0,10	0,00	0,05	0,00	0,00	0,10
E23	m	0,15	0	0,1	0	0	0,15
	u	0,4	0,1	0,3	0,1	0,1	0,4
	l	0,1	0	0,05	0	0	0,1
E24	m	0,3	0	0,2	0	0	0,3
	u	0,6	0,15	0,45	0,15	0,15	0,6
	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
E25	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
	l	0,4	0	0,2	0	0	0,4
E26	m	0,75	0	0,5	0	0	0,75
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
E27	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
	l	0,1	0	0,05	0	0	0,1
E28	m	0,3	0	0,2	0	0	0,3
	u	0,6	0,15	0,45	0,15	0,15	0,6
	l	0,2	0	0,1	0	0	0,2
E29	m	0,45	0	0,3	0	0	0,45
	u	0,8	0,2	0,6	0,2	0,2	0,8
	l	0,1	0	0,05	0	0	0,1
E30	m	0,3	0	0,2	0	0	0,3
	u	0,6	0,15	0,45	0,15	0,15	0,6
	l	0,2	0	0,1	0	0	0,2
E31	m	0,45	0	0,3	0	0	0,45
	u	0,8	0,2	0,6	0,2	0,2	0,8

Distância D+ Classe Esperado

ESP	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
E01	0,00	0,18	0,47	0,18	0,23	0,23	0,23
E02	0,16	0,10	0,45	0,00	0,45	0,31	0,16
E03	0,00	0,00	0,20	0,00	0,20	0,00	0,00
E04	0,00	0,06	0,32	0,06	0,22	0,22	0,11
E05	0,00	0,00	0,23	0,18	0,23	0,23	0,23
E06	0,00	0,10	0,16	0,10	0,31	0,31	0,31
E07	0,00	0,00	0,16	0,10	0,00	0,16	0,31
E08	0,20	0,20	0,41	0,20	0,58	0,41	0,00
E09	0,10	0,10	0,45	0,16	0,00	0,31	0,16
E10	0,14	0,14	0,00	0,14	0,20	0,00	0,14
E11	0,22	0,22	0,00	0,00	0,32	0,32	0,22
E12	0,10	0,00	0,00	0,16	0,31	0,31	0,00
E13	0,18	0,18	0,65	0,18	0,65	0,47	0,00
E14	0,00	0,00	0,23	0,18	0,23	0,47	0,47
E15	0,00	0,00	0,20	0,14	0,20	0,41	0,00
E16	0,00	0,11	0,06	0,11	0,32	0,32	0,22
E17	0,00	0,00	0,00	0,14	0,41	0,20	0,14
E18	0,18	0,18	0,23	0,18	0,23	0,47	0,23
E19	0,00	0,10	0,16	0,10	0,31	0,45	0,45
E20	0,00	0,16	0,16	0,00	0,31	0,31	0,00
E21	0,00	0,10	0,00	0,31	0,31	0,31	0,00
E22	0,16	0,00	0,00	0,16	0,00	0,31	0,16
E23	0,00	0,04	0,07	0,00	0,20	0,20	0,20
E24	0,11	0,11	0,00	0,11	0,11	0,32	0,22
E25	0,00	0,00	0,58	0,14	0,20	0,58	0,00
E26	0,00	0,00	0,23	0,00	0,47	0,65	0,00
E27	0,20	0,20	0,41	0,14	0,41	0,58	0,00
E28	0,00	0,06	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
E29	0,00	0,16	0,31	0,45	0,45	0,16	0,16
E30	0,11	0,06	0,11	0,00	0,06	0,00	0,06
E31	0,16	0,00	0,16	0,31	0,16	0,16	0,16
TOTAL	2,03	2,60	6,52	4,09	8,22	9,28	4,44

Distância D- Classe Esperado

ESP	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
E01	0,65	0,80	0,20	0,80	0,42	0,42	0,42
E02	0,29	0,52	0,00	0,45	0,00	0,14	0,29
E03	0,58	0,58	0,38	0,58	0,38	0,58	0,58
E04	0,32	0,36	0,00	0,36	0,10	0,10	0,21
E05	0,65	0,65	0,42	0,80	0,42	0,42	0,42
E06	0,45	0,52	0,29	0,52	0,14	0,14	0,14
E07	0,45	0,45	0,29	0,52	0,45	0,29	0,14
E08	0,38	0,38	0,18	0,38	0,00	0,18	0,58
E09	0,52	0,52	0,00	0,29	0,45	0,14	0,29
E10	0,68	0,68	0,58	0,68	0,38	0,58	0,68
E11	0,10	0,10	0,32	0,32	0,00	0,00	0,10
E12	0,52	0,45	0,45	0,29	0,14	0,14	0,45
E13	0,80	0,80	0,00	0,80	0,00	0,20	0,65
E14	0,65	0,65	0,42	0,80	0,42	0,20	0,20
E15	0,58	0,58	0,38	0,68	0,38	0,18	0,58
E16	0,32	0,21	0,36	0,21	0,00	0,00	0,10
E17	0,58	0,58	0,58	0,68	0,18	0,38	0,68
E18	0,80	0,80	0,42	0,80	0,42	0,20	0,42
E19	0,45	0,52	0,29	0,52	0,14	0,00	0,00
E20	0,45	0,29	0,29	0,45	0,14	0,14	0,45
E21	0,45	0,52	0,45	0,14	0,14	0,14	0,45
E22	0,29	0,45	0,45	0,29	0,45	0,14	0,29
E23	0,20	0,23	0,13	0,20	0,00	0,00	0,00
E24	0,21	0,21	0,32	0,21	0,21	0,00	0,10
E25	0,58	0,58	0,00	0,68	0,38	0,00	0,58
E26	0,65	0,65	0,42	0,65	0,20	0,00	0,65
E27	0,38	0,38	0,18	0,68	0,18	0,00	0,58
E28	0,32	0,36	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
E29	0,45	0,29	0,14	0,00	0,00	0,29	0,29
E30	0,21	0,36	0,21	0,32	0,36	0,32	0,36
E31	0,29	0,43	0,29	0,14	0,29	0,29	0,29
TOTAL	14,27	14,92	8,69	14,49	7,03	5,89	11,25

Distância D+ Classe Regular

ESP	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
E01	0,23	0,40	0,23	0,40	0,00	0,00	0,00
E02	0,00	0,24	0,29	0,16	0,29	0,16	0,00
E03	0,20	0,20	0,00	0,20	0,00	0,20	0,20
E04	0,11	0,16	0,21	0,16	0,11	0,11	0,00
E05	0,23	0,23	0,00	0,40	0,00	0,00	0,00
E06	0,16	0,24	0,00	0,24	0,16	0,16	0,16
E07	0,16	0,16	0,00	0,24	0,16	0,00	0,16
E08	0,00	0,00	0,20	0,00	0,38	0,20	0,20
E09	0,24	0,24	0,29	0,00	0,16	0,16	0,00
E10	0,32	0,32	0,20	0,32	0,00	0,20	0,32
E11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,21	0,21	0,11
E12	0,24	0,16	0,16	0,00	0,16	0,16	0,16
E13	0,40	0,40	0,42	0,40	0,42	0,23	0,23
E14	0,23	0,23	0,00	0,40	0,00	0,23	0,23
E15	0,20	0,20	0,00	0,32	0,00	0,20	0,20
E16	0,11	0,00	0,16	0,00	0,21	0,21	0,11
E17	0,20	0,20	0,20	0,32	0,20	0,00	0,32
E18	0,40	0,40	0,00	0,40	0,00	0,23	0,00
E19	0,16	0,24	0,00	0,24	0,16	0,29	0,29
E20	0,16	0,00	0,00	0,16	0,16	0,16	0,16
E21	0,16	0,24	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
E22	0,00	0,16	0,16	0,00	0,16	0,16	0,00
E23	0,07	0,10	0,00	0,07	0,13	0,13	0,13
E24	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,21	0,11
E25	0,20	0,20	0,38	0,32	0,00	0,38	0,20
E26	0,23	0,23	0,00	0,23	0,23	0,42	0,23
E27	0,00	0,00	0,20	0,32	0,20	0,38	0,20
E28	0,11	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
E29	0,16	0,00	0,16	0,29	0,29	0,00	0,00
E30	0,00	0,16	0,00	0,11	0,16	0,11	0,16
E31	0,00	0,16	0,00	0,16	0,00	0,00	0,00
TOTAL	4,78	5,52	3,65	6,11	4,10	5,07	4,05

Distância D- Classe Regular

ESP	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
E01	0,65	0,80	0,20	0,80	0,42	0,42	0,42
E02	0,29	0,52	0,00	0,45	0,00	0,14	0,29
E03	0,58	0,58	0,38	0,58	0,38	0,58	0,58
E04	0,32	0,36	0,00	0,36	0,10	0,10	0,21
E05	0,65	0,65	0,42	0,80	0,42	0,42	0,42
E06	0,45	0,52	0,29	0,52	0,14	0,14	0,14
E07	0,45	0,45	0,29	0,52	0,45	0,29	0,14
E08	0,38	0,38	0,18	0,38	0,00	0,18	0,58
E09	0,52	0,52	0,00	0,29	0,45	0,14	0,29
E10	0,68	0,68	0,58	0,68	0,38	0,58	0,68
E11	0,10	0,10	0,32	0,32	0,00	0,00	0,10
E12	0,52	0,45	0,45	0,29	0,14	0,14	0,45
E13	0,80	0,80	0,00	0,80	0,00	0,20	0,65
E14	0,65	0,65	0,42	0,80	0,42	0,20	0,20
E15	0,58	0,58	0,38	0,68	0,38	0,18	0,58
E16	0,32	0,21	0,36	0,21	0,00	0,00	0,10
E17	0,58	0,58	0,58	0,68	0,18	0,38	0,68
E18	0,80	0,80	0,42	0,80	0,42	0,20	0,42
E19	0,45	0,52	0,29	0,52	0,14	0,00	0,00
E20	0,45	0,29	0,29	0,45	0,14	0,14	0,45
E21	0,45	0,52	0,45	0,14	0,14	0,14	0,45
E22	0,29	0,45	0,45	0,29	0,45	0,14	0,29
E23	0,20	0,23	0,13	0,20	0,00	0,00	0,00
E24	0,21	0,21	0,32	0,21	0,21	0,00	0,10
E25	0,58	0,58	0,00	0,68	0,38	0,00	0,58
E26	0,65	0,65	0,42	0,65	0,20	0,00	0,65
E27	0,38	0,38	0,18	0,68	0,18	0,00	0,58
E28	0,32	0,36	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
E29	0,45	0,29	0,14	0,00	0,00	0,29	0,29
E30	0,21	0,36	0,21	0,32	0,36	0,32	0,36
E31	0,29	0,45	0,29	0,14	0,29	0,29	0,29
TOTAL	14,28	14,94	8,70	14,49	7,03	5,90	11,26

Distância D+ Classe Inaceitável

ESP	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
E01	0,65	0,80	0,20	0,80	0,42	0,42	0,42
E02	0,29	0,52	0,00	0,45	0,00	0,14	0,29
E03	0,58	0,58	0,38	0,58	0,38	0,58	0,58
E04	0,32	0,36	0,00	0,36	0,10	0,10	0,21
E05	0,65	0,65	0,42	0,80	0,42	0,42	0,42
E06	0,45	0,52	0,29	0,52	0,14	0,14	0,14
E07	0,45	0,45	0,29	0,52	0,45	0,29	0,14
E08	0,38	0,38	0,18	0,38	0,00	0,18	0,58
E09	0,52	0,52	0,00	0,29	0,45	0,14	0,29
E10	0,68	0,68	0,58	0,68	0,38	0,58	0,68
E11	0,10	0,10	0,32	0,32	0,00	0,00	0,10
E12	0,52	0,45	0,45	0,29	0,14	0,14	0,45
E13	0,80	0,80	0,00	0,80	0,00	0,20	0,65
E14	0,65	0,65	0,42	0,80	0,42	0,20	0,20
E15	0,58	0,58	0,38	0,68	0,38	0,18	0,58
E16	0,32	0,21	0,36	0,21	0,00	0,00	0,10
E17	0,58	0,58	0,58	0,68	0,18	0,38	0,68
E18	0,80	0,80	0,42	0,80	0,42	0,20	0,42
E19	0,45	0,52	0,29	0,52	0,14	0,00	0,00
E20	0,45	0,29	0,29	0,45	0,14	0,14	0,45
E21	0,45	0,52	0,45	0,14	0,14	0,14	0,45
E22	0,29	0,45	0,45	0,29	0,45	0,14	0,29
E23	0,20	0,23	0,13	0,20	0,00	0,00	0,00
E24	0,21	0,21	0,32	0,21	0,21	0,00	0,10
E25	0,58	0,58	0,00	0,68	0,38	0,00	0,58
E26	0,65	0,65	0,42	0,65	0,20	0,00	0,65
E27	0,38	0,38	0,18	0,68	0,18	0,00	0,58
E28	0,32	0,36	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
E29	0,45	0,29	0,14	0,00	0,00	0,29	0,29
E30	0,21	0,36	0,21	0,32	0,36	0,32	0,36
E31	0,29	0,45	0,29	0,14	0,29	0,29	0,29
TOTAL	14,28	14,94	8,70	14,49	7,03	5,90	11,26

Distância D- Classe Inaceitável

ESP	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
E01	0,00	0,18	0,47	0,18	0,23	0,23	0,23
E02	0,16	0,10	0,45	0,00	0,45	0,31	0,16
E03	0,00	0,00	0,20	0,00	0,20	0,00	0,00
E04	0,00	0,06	0,32	0,06	0,22	0,22	0,11
E05	0,00	0,00	0,23	0,18	0,23	0,23	0,23
E06	0,00	0,10	0,16	0,10	0,31	0,31	0,31
E07	0,00	0,00	0,16	0,10	0,00	0,16	0,31
E08	0,20	0,20	0,41	0,20	0,58	0,41	0,00
E09	0,10	0,10	0,45	0,16	0,00	0,31	0,16
E10	0,14	0,14	0,00	0,14	0,20	0,00	0,14
E11	0,22	0,22	0,00	0,00	0,32	0,32	0,22
E12	0,10	0,00	0,00	0,16	0,31	0,31	0,00
E13	0,18	0,18	0,65	0,18	0,65	0,47	0,00
E14	0,00	0,00	0,23	0,18	0,23	0,47	0,47
E15	0,00	0,00	0,20	0,14	0,20	0,41	0,00
E16	0,00	0,11	0,06	0,11	0,32	0,32	0,22
E17	0,00	0,00	0,00	0,14	0,41	0,20	0,14
E18	0,18	0,18	0,23	0,18	0,23	0,47	0,23
E19	0,00	0,10	0,16	0,10	0,31	0,45	0,45
E20	0,00	0,16	0,16	0,00	0,31	0,31	0,00
E21	0,00	0,10	0,00	0,31	0,31	0,31	0,00
E22	0,16	0,00	0,00	0,16	0,00	0,31	0,16
E23	0,00	0,04	0,07	0,00	0,20	0,20	0,20
E24	0,11	0,11	0,00	0,11	0,11	0,32	0,22
E25	0,00	0,00	0,58	0,14	0,20	0,58	0,00
E26	0,00	0,00	0,23	0,00	0,47	0,65	0,00
E27	0,20	0,20	0,41	0,14	0,41	0,58	0,00
E28	0,00	0,06	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
E29	0,00	0,16	0,31	0,45	0,45	0,16	0,16
E30	0,11	0,06	0,11	0,00	0,06	0,00	0,06
E31	0,16	0,00	0,16	0,31	0,16	0,16	0,16
TOTAL	2,03	2,60	6,52	4,09	8,22	9,28	4,44

ANEXO I – DADOS FUZZY TOPSIS-CLASS – Oportunidade de Inovação 2

MATRIZ DE JULGAMENTOS

ESP	DIST	F1	F2	F3	F4	F5	F6	PESO
E01	l	7,5	2,5	2,5	7,5	0	7,5	0,8
	m	10	5	5	10	2,5	10	1
	u	10	7,5	7,5	10	5	10	1
E02	l	5	2,5	2,5	5	0	0	0,4
	m	7,5	5	5	7,5	2,5	2,5	0,6
	u	10	7,5	7,5	10	5	5	0,8
E03	l	5	5	7,5	7,5	2,5	5	0,6
	m	7,5	7,5	10	10	5	7,5	0,8
	u	10	10	10	10	7,5	10	1
E04	l	2,5	5	0	2,5	0	7,5	0,2
	m	5	7,5	0	5	0	10	0,4
	u	7,5	10	2,5	7,5	2,5	10	0,6
E05	l	5	2,5	5	5	2,5	5	0,8
	m	7,5	5	7,5	7,5	5	7,5	1
	u	10	7,5	10	10	7,5	10	1
E06	l	7,5	2,5	0	5	2,5	5	0,4
	m	10	5	2,5	7,5	5	7,5	0,6
	u	10	7,5	5	10	7,5	10	0,8
E07	l	5	2,5	2,5	7,5	5	7,5	0,4
	m	7,5	5	5	10	7,5	10	0,6
	u	10	7,5	7,5	10	10	10	0,8
E08	l	5	5	0	0	0	7,5	0,6
	m	7,5	7,5	2,5	2,5	0	10	0,8
	u	10	10	5	5	2,5	10	1
E09	l	5	5	0	0	0	2,5	0,4
	m	7,5	7,5	0	2,5	0	5	0,6
	u	10	10	2,5	5	2,5	7,5	0,8
E10	l	2,5	2,5	2,5	0	0	5	0,6
	m	5	5	5	2,5	0	7,5	0,8
	u	7,5	7,5	7,5	5	2,5	10	1
E11	l	0	0	0	2,5	2,5	5	0,2
	m	2,50	2,50	0,00	5,00	5,00	7,50	0,40
	u	5	5	2,5	7,5	7,5	10	0,6
E12	l	2,5	5	0	7,5	0	7,5	0,4
	m	5	7,5	2,5	10	0	10	0,6
	u	7,5	10	5	10	2,5	10	0,8
E13	l	5	5	5	0	0	7,5	0,8
	m	7,5	7,5	7,5	2,5	0	10	1
	u	10	10	10	5	2,5	10	1
E14	l	7,5	7,5	7,5	0	0	7,5	0,8
	m	10	10	10	2,5	0	10	1
	u	10	10	10	5	2,5	10	1
E15	l	5	5	2,5	0	0	7,5	0,6
	m	7,5	7,5	5	2,5	2,5	10	0,8
	u	10	10	7,5	5	5	10	1
E16	l	0	5	2,5	5	0	2,5	0,2
	m	2,5	7,5	5	7,5	0	5	0,4

	u	5	10	7,5	10	2,5	7,5	0,6
	l	5	2,5	7,5	7,5	0	7,5	0,6
E17	m	7,5	5	10	10	2,5	10	0,8
	u	10	7,5	10	10	5	10	1
	l	7,5	7,5	7,5	5	2,5	7,5	0,8
E18	m	10	10	10	7,5	5	10	1
	u	10	10	10	10	7,5	10	1
	l	5	2,5	2,5	0	0	7,5	0,4
E19	m	7,5	5	5	0	2,5	10	0,6
	u	10	7,5	7,5	2,5	5	10	0,8
	l	2,5	5	2,5	0	0	5	0,4
E20	m	5	7,5	5	2,5	2,5	7,5	0,6
	u	7,5	10	7,5	5	5	10	0,8
	l	5	5	5	5	2,5	2,5	0,4
E21	m	7,5	7,5	7,5	7,5	5	5	0,6
	u	10	10	10	10	7,5	7,5	0,8
	l	5	5	5	2,5	0	7,5	0,4
E22	m	7,5	7,5	7,5	5	0	10	0,6
	u	10	10	10	7,5	2,5	10	0,8
	l	5,00	5,00	0,00	0,00	0,00	7,50	0,20
E23	m	7,5	7,5	2,5	0	0	10	0,2
	u	10	10	5	2,5	2,5	10	0,4
	l	0	0	0	7,5	5	5	0,2
E24	m	2,5	2,5	0	10	7,5	7,5	0,4
	u	5	5	2,5	10	10	10	0,6
	l	5	5	5	2,5	2,5	7,5	0,6
E25	m	7,5	7,5	7,5	5	5	10	0,8
	u	10	10	10	7,5	7,5	10	1
	l	5	5	7,5	2,5	0	5	0,8
E26	m	7,5	7,5	10	5	0	7,5	1
	u	10	10	10	7,5	2,5	10	1
	l	2,5	2,5	0	0	0	5	0,6
E27	m	5	5	2,5	2,5	2,5	7,5	0,8
	u	7,5	7,5	5	5	5	10	1
	l	7,5	5	2,5	2,5	2,5	2,5	0,2
E28	m	10	7,5	5	5	5	5	0,4
	u	10	10	7,5	7,5	7,5	7,5	0,6
	l	7,5	5	0	2,5	0	7,5	0,4
E29	m	10	7,5	0	5	0	10	0,6
	u	10	10	2,5	7,5	2,5	10	0,8
	l	7,5	2,5	5	5	5	7,5	0,2
E30	m	10	5	7,5	7,5	7,5	10	0,4
	u	10	7,5	10	10	10	10	0,6
	l	7,5	7,5	2,5	0	0	2,5	0,4
E31	m	10	10	5	2,5	0	5	0,6
	u	10	10	7,5	5	2,5	7,5	0,8

MATRIZ DE JULGAMENTOS NORMALIZADA

ESP	DIST	F1	F2	F3	F4	F5	F6	PESO
E01	l	0,75	0,25	0,25	0,75	0	0,75	0,8
	m	1	0,5	0,5	1	0,25	1	1
	u	1	0,75	0,75	1	0,5	1	1
E02	l	0,5	0,25	0,25	0,5	0	0	0,4
	m	0,75	0,5	0,5	0,75	0,25	0,25	0,6
	u	1	0,75	0,75	1	0,5	0,5	0,8
E03	l	0,5	0,5	0,75	0,75	0,25	0,5	0,6
	m	0,75	0,75	1	1	0,5	0,75	0,8
	u	1	1	1	1	0,75	1	1
E04	l	0,25	0,5	0	0,25	0	0,75	0,2
	m	0,5	0,75	0	0,5	0	1	0,4
	u	0,75	1	0,25	0,75	0,25	1	0,6
E05	l	0,5	0,25	0,5	0,5	0,25	0,5	0,8
	m	0,75	0,5	0,75	0,75	0,5	0,75	1
	u	1	0,75	1	1	0,75	1	1
E06	l	0,75	0,25	0	0,5	0,25	0,5	0,4
	m	1	0,5	0,25	0,75	0,5	0,75	0,6
	u	1	0,75	0,5	1	0,75	1	0,8
E07	l	0,5	0,25	0,25	0,75	0,5	0,75	0,4
	m	0,75	0,5	0,5	1	0,75	1	0,6
	u	1	0,75	0,75	1	1	1	0,8
E08	l	0,5	0,5	0	0	0	0,75	0,6
	m	0,75	0,75	0,25	0,25	0	1	0,8
	u	1	1	0,5	0,5	0,25	1	1
E09	l	0,5	0,5	0	0	0	0,25	0,4
	m	0,75	0,75	0	0,25	0	0,5	0,6
	u	1	1	0,25	0,5	0,25	0,75	0,8
E10	l	0,25	0,25	0,25	0	0	0,5	0,6
	m	0,5	0,5	0,5	0,25	0	0,75	0,8
	u	0,75	0,75	0,75	0,5	0,25	1	1
E11	l	0	0	0	0,25	0,25	0,5	0,2
	m	0,25	0,25	0,00	0,50	0,50	0,75	0,40
	u	0,5	0,5	0,25	0,75	0,75	1	0,6
E12	l	0,25	0,5	0	0,75	0	0,75	0,4
	m	0,5	0,75	0,25	1	0	1	0,6
	u	0,75	1	0,5	1	0,25	1	0,8
E13	l	0,5	0,5	0,5	0	0	0,75	0,8
	m	0,75	0,75	0,75	0,25	0	1	1
	u	1	1	1	0,5	0,25	1	1
E14	l	0,75	0,75	0,75	0	0	0,75	0,8
	m	1	1	1	0,25	0	1	1
	u	1	1	1	0,5	0,25	1	1
E15	l	0,5	0,5	0,25	0	0	0,75	0,6
	m	0,75	0,75	0,5	0,25	0,25	1	0,8
	u	1	1	0,75	0,5	0,5	1	1
E16	l	0	0,5	0,25	0,5	0	0,25	0,2
	m	0,25	0,75	0,5	0,75	0	0,5	0,4
	u	0,5	1	0,75	1	0,25	0,75	0,6
E17	l	0,5	0,25	0,75	0,75	0	0,75	0,6

	m	0,75	0,5	1	1	0,25	1	0,8
	u	1	0,75	1	1	0,5	1	1
	l	0,75	0,75	0,75	0,5	0,25	0,75	0,8
E18	m	1	1	1	0,75	0,5	1	1
	u	1	1	1	1	0,75	1	1
	l	0,5	0,25	0,25	0	0	0,75	0,4
E19	m	0,75	0,5	0,5	0	0,25	1	0,6
	u	1	0,75	0,75	0,25	0,5	1	0,8
	l	0,25	0,5	0,25	0	0	0,5	0,4
E20	m	0,5	0,75	0,5	0,25	0,25	0,75	0,6
	u	0,75	1	0,75	0,5	0,5	1	0,8
	l	0,5	0,5	0,5	0,5	0,25	0,25	0,4
E21	m	0,75	0,75	0,75	0,75	0,5	0,5	0,6
	u	1	1	1	1	0,75	0,75	0,8
	l	0,5	0,5	0,5	0,25	0	0,75	0,4
E22	m	0,75	0,75	0,75	0,5	0	1	0,6
	u	1	1	1	0,75	0,25	1	0,8
	l	0,50	0,50	0,00	0,00	0,00	0,75	0,2
E23	m	0,75	0,75	0,25	0	0	1	0,2
	u	1	1	0,5	0,25	0,25	1	0,4
	l	0	0	0	0,75	0,5	0,5	0,2
E24	m	0,25	0,25	0	1	0,75	0,75	0,4
	u	0,5	0,5	0,25	1	1	1	0,6
	l	0,5	0,5	0,5	0,25	0,25	0,75	0,6
E25	m	0,75	0,75	0,75	0,5	0,5	1	0,8
	u	1	1	1	0,75	0,75	1	1
	l	0,5	0,5	0,75	0,25	0	0,5	0,8
E26	m	0,75	0,75	1	0,5	0	0,75	1
	u	1	1	1	0,75	0,25	1	1
	l	0,25	0,25	0	0	0	0,5	0,6
E27	m	0,5	0,5	0,25	0,25	0,25	0,75	0,8
	u	0,75	0,75	0,5	0,5	0,5	1	1
	l	0,75	0,5	0,25	0,25	0,25	0,25	0,2
E28	m	1	0,75	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4
	u	1	1	0,75	0,75	0,75	0,75	0,6
	l	0,75	0,5	0	0,25	0	0,75	0,4
E29	m	1	0,75	0	0,5	0	1	0,6
	u	1	1	0,25	0,75	0,25	1	0,8
	l	0,75	0,25	0,5	0,5	0,5	0,75	0,2
E30	m	1	0,5	0,75	0,75	0,75	1	0,4
	u	1	0,75	1	1	1	1	0,6
	l	0,75	0,75	0,25	0	0	0,25	0,4
E31	m	1	1	0,5	0,25	0	0,5	0,6
	u	1	1	0,75	0,5	0,25	0,75	0,8

MATRIZ DE JULGAMENTOS NORMALIZADA E PONDERADA

ESP	DIST	F1	F2	F3	F4	F5	F6
E01	l	0,45	0,15	0,15	0,45	0	0,45
	m	0,8	0,4	0,4	0,8	0,2	0,8
	u	1	0,75	0,75	1	0,5	1
E02	l	0,3	0,15	0,15	0,3	0	0
	m	0,6	0,4	0,4	0,6	0,2	0,2
	u	1	0,75	0,75	1	0,5	0,5
E03	l	0,3	0,3	0,45	0,45	0,15	0,3
	m	0,6	0,6	0,8	0,8	0,4	0,6
	u	1	1	1	1	0,75	1
E04	l	0,15	0,3	0	0,15	0	0,45
	m	0,4	0,6	0	0,4	0	0,8
	u	0,75	1	0,25	0,75	0,25	1
E05	l	0,3	0,15	0,3	0,3	0,15	0,3
	m	0,6	0,4	0,6	0,6	0,4	0,6
	u	1	0,75	1	1	0,75	1
E06	l	0,45	0,15	0	0,3	0,15	0,3
	m	0,8	0,4	0,2	0,6	0,4	0,6
	u	1	0,75	0,5	1	0,75	1
E07	l	0,3	0,15	0,15	0,45	0,3	0,45
	m	0,6	0,4	0,4	0,8	0,6	0,8
	u	1	0,75	0,75	1	1	1
E08	l	0,3	0,3	0	0	0	0,45
	m	0,6	0,6	0,2	0,2	0	0,8
	u	1	1	0,5	0,5	0,25	1
E09	l	0,3	0,3	0	0	0	0,15
	m	0,6	0,6	0	0,2	0	0,4
	u	1	1	0,25	0,5	0,25	0,75
E10	l	0,15	0,15	0,15	0	0	0,3
	m	0,4	0,4	0,4	0,2	0	0,6
	u	0,75	0,75	0,75	0,5	0,25	1
E11	l	0	0	0	0,15	0,15	0,3
	m	0,20	0,20	0,00	0,40	0,40	0,60
	u	0,5	0,5	0,25	0,75	0,75	1
E12	l	0,15	0,3	0	0,45	0	0,45
	m	0,4	0,6	0,2	0,8	0	0,8
	u	0,75	1	0,5	1	0,25	1
E13	l	0,3	0,3	0,3	0	0	0,45
	m	0,6	0,6	0,6	0,2	0	0,8
	u	1	1	1	0,5	0,25	1
E14	l	0,45	0,45	0,45	0	0	0,45
	m	0,8	0,8	0,8	0,2	0	0,8
	u	1	1	1	0,5	0,25	1
E15	l	0,3	0,3	0,15	0	0	0,45
	m	0,6	0,6	0,4	0,2	0,2	0,8
	u	1	1	0,75	0,5	0,5	1
E16	l	0	0,3	0,15	0,3	0	0,15
	m	0,2	0,6	0,4	0,6	0	0,4
	u	0,5	1	0,75	1	0,25	0,75
E17	l	0,3	0,15	0,45	0,45	0	0,45

	m	0,6	0,4	0,8	0,8	0,2	0,8
	u	1	0,75	1	1	0,5	1
	l	0,45	0,45	0,45	0,3	0,15	0,45
E18	m	0,8	0,8	0,8	0,6	0,4	0,8
	u	1	1	1	1	0,75	1
	l	0,3	0,15	0,15	0	0	0,45
E19	m	0,6	0,4	0,4	0	0,2	0,8
	u	1	0,75	0,75	0,25	0,5	1
	l	0,15	0,3	0,15	0	0	0,3
E20	m	0,4	0,6	0,4	0,2	0,2	0,6
	u	0,75	1	0,75	0,5	0,5	1
	l	0,3	0,3	0,3	0,3	0,15	0,15
E21	m	0,6	0,6	0,6	0,6	0,4	0,4
	u	1	1	1	1	0,75	0,75
	l	0,3	0,3	0,3	0,15	0	0,45
E22	m	0,6	0,6	0,6	0,4	0	0,8
	u	1	1	1	0,75	0,25	1
	l	0,30	0,30	0,00	0,00	0,00	0,45
E23	m	0,6	0,6	0,2	0	0	0,8
	u	1	1	0,5	0,25	0,25	1
	l	0	0	0	0,45	0,3	0,3
E24	m	0,2	0,2	0	0,8	0,6	0,6
	u	0,5	0,5	0,25	1	1	1
	l	0,3	0,3	0,3	0,15	0,15	0,45
E25	m	0,6	0,6	0,6	0,4	0,4	0,8
	u	1	1	1	0,75	0,75	1
	l	0,3	0,3	0,45	0,15	0	0,3
E26	m	0,6	0,6	0,8	0,4	0	0,6
	u	1	1	1	0,75	0,25	1
	l	0,15	0,15	0	0	0	0,3
E27	m	0,4	0,4	0,2	0,2	0,2	0,6
	u	0,75	0,75	0,5	0,5	0,5	1
	l	0,45	0,3	0,15	0,15	0,15	0,15
E28	m	0,8	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4
	u	1	1	0,75	0,75	0,75	0,75
	l	0,45	0,3	0	0,15	0	0,45
E29	m	0,8	0,6	0	0,4	0	0,8
	u	1	1	0,25	0,75	0,25	1
	l	0,45	0,15	0,3	0,3	0,3	0,45
E30	m	0,8	0,4	0,6	0,6	0,6	0,8
	u	1	0,75	1	1	1	1
	l	0,45	0,45	0,15	0	0	0,15
E31	m	0,8	0,8	0,4	0,2	0	0,4
	u	1	1	0,75	0,5	0,25	0,75

CLASSES E LIMITES NORMALIZADO

ESP	DIST	Esperado	Regular	Inaceitável
E01	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
E02	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
E03	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
E04	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
E05	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
E06	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
E07	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
E08	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
E09	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
E10	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
E11	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,50	0,00
	u	1	0,75	0,25
E12	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
E13	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
E14	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
E15	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
E16	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
E17	l	0,5	0,25	0

CLASSES E LIMITES NORMALIZADO E PONDERADO

ESP	DIST	Esperado	Regular	Inaceitável
E01	l	0,3	0,15	0
	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
E02	l	0,3	0,15	0
	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
E03	l	0,3	0,15	0
	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
E04	l	0,3	0,15	0
	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
E05	l	0,3	0,15	0
	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
E06	l	0,3	0,15	0
	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
E07	l	0,3	0,15	0
	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
E08	l	0,3	0,15	0
	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
E09	l	0,3	0,15	0
	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
E10	l	0,3	0,15	0
	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
E11	l	0,3	0,15	0
	m	0,60	0,40	0,00
	u	1	0,75	0,25
E12	l	0,3	0,15	0
	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
E13	l	0,3	0,15	0
	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
E14	l	0,3	0,15	0
	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
E15	l	0,3	0,15	0
	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
E16	l	0,3	0,15	0
	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
E17	l	0,3	0,15	0

E18	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,5	0,25	0
E19	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,5	0,25	0
E20	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,5	0,25	0
E21	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,5	0,25	0
E22	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,50	0,25	0,00
E23	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,5	0,25	0
E24	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,5	0,25	0
E25	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,5	0,25	0
E26	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,5	0,25	0
E27	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,5	0,25	0
E28	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,5	0,25	0
E29	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,5	0,25	0
E30	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,5	0,25	0
E31	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25

E18	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,3	0,15	0
E19	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,3	0,15	0
E20	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,3	0,15	0
E21	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,3	0,15	0
E22	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,30	0,15	0,00
E23	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,3	0,15	0
E24	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,3	0,15	0
E25	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,3	0,15	0
E26	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,3	0,15	0
E27	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,3	0,15	0
E28	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,3	0,15	0
E29	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,3	0,15	0
E30	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,3	0,15	0
E31	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25

ESP	DIST	Classe Esperado		Classe Regular		Classe Inaceitável	
		A+	A-	A+	A-	A+	A-
E01	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
E02	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
E03	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
E04	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
E05	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
E06	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
E07	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
E08	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
E09	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
E10	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
E11	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
	m	0,60	0,00	0,40	0,00	0,00	0,60
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
E12	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
E13	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
E14	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
E15	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
E16	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
E17	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3

E18	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
E19	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
E20	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
E21	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
E22	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
	l	0,30	0,00	0,15	0,00	0,00	0,30
E23	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
E24	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
E25	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
E26	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
E27	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
E28	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
E29	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
E30	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
E31	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1

Distância D+ Classe Esperado

ESP	F1	F2	F3	F4	F5	F6
E01	0,32	0,00	0,00	0,32	0,20	0,32
E02	0,20	0,00	0,00	0,20	0,20	0,20
E03	0,20	0,20	0,32	0,32	0,00	0,20
E04	0,00	0,20	0,38	0,00	0,38	0,32
E05	0,20	0,00	0,20	0,20	0,00	0,20
E06	0,32	0,00	0,20	0,20	0,00	0,20
E07	0,20	0,00	0,00	0,32	0,20	0,32
E08	0,20	0,20	0,20	0,20	0,38	0,32
E09	0,20	0,20	0,38	0,20	0,38	0,00
E10	0,00	0,00	0,00	0,20	0,38	0,20
E11	0,20	0,20	0,38	0,00	0,00	0,20
E12	0,00	0,20	0,20	0,32	0,38	0,32
E13	0,20	0,20	0,20	0,20	0,38	0,32
E14	0,32	0,32	0,32	0,20	0,38	0,32
E15	0,20	0,20	0,00	0,20	0,20	0,32
E16	0,20	0,20	0,00	0,20	0,38	0,00
E17	0,20	0,00	0,32	0,32	0,20	0,32
E18	0,32	0,32	0,32	0,20	0,00	0,32
E19	0,20	0,00	0,00	0,38	0,20	0,32
E20	0,00	0,20	0,00	0,20	0,20	0,20
E21	0,20	0,20	0,20	0,20	0,00	0,00
E22	0,20	0,20	0,20	0,00	0,38	0,32
E23	0,20	0,20	0,20	0,38	0,38	0,32
E24	0,20	0,20	0,38	0,32	0,20	0,20
E25	0,20	0,20	0,20	0,00	0,00	0,32
E26	0,20	0,20	0,32	0,00	0,38	0,20
E27	0,00	0,00	0,20	0,20	0,20	0,20
E28	0,32	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00
E29	0,32	0,20	0,38	0,00	0,38	0,32
E30	0,32	0,00	0,20	0,20	0,20	0,32
E31	0,32	0,32	0,00	0,20	0,38	0,00
TOTAL	6,26	4,64	5,76	5,96	6,98	7,21

Distância D- Classe Esperado

ESP	F1	F2	F3	F4	F5	F6
E01	0,68	0,38	0,38	0,68	0,18	0,68
E02	0,58	0,38	0,38	0,58	0,18	0,18
E03	0,58	0,58	0,68	0,68	0,38	0,58
E04	0,38	0,58	0,00	0,38	0,00	0,68
E05	0,58	0,38	0,58	0,58	0,38	0,58
E06	0,68	0,38	0,18	0,58	0,38	0,58
E07	0,58	0,38	0,38	0,68	0,58	0,68
E08	0,58	0,58	0,18	0,18	0,00	0,68
E09	0,58	0,58	0,00	0,18	0,00	0,38
E10	0,38	0,38	0,38	0,18	0,00	0,58
E11	0,18	0,18	0,00	0,38	0,38	0,58
E12	0,38	0,58	0,18	0,68	0,00	0,68
E13	0,58	0,58	0,58	0,18	0,00	0,68
E14	0,68	0,68	0,68	0,18	0,00	0,68
E15	0,58	0,58	0,38	0,18	0,18	0,68
E16	0,18	0,58	0,38	0,58	0,00	0,38
E17	0,58	0,38	0,68	0,68	0,18	0,68
E18	0,68	0,68	0,68	0,58	0,38	0,68
E19	0,58	0,38	0,38	0,00	0,18	0,68
E20	0,38	0,58	0,38	0,18	0,18	0,58
E21	0,58	0,58	0,58	0,58	0,38	0,38
E22	0,58	0,58	0,58	0,38	0,00	0,68
E23	0,58	0,58	0,18	0,00	0,00	0,68
E24	0,18	0,18	0,00	0,68	0,58	0,58
E25	0,58	0,58	0,58	0,38	0,38	0,68
E26	0,58	0,58	0,68	0,38	0,00	0,58
E27	0,38	0,38	0,18	0,18	0,18	0,58
E28	0,68	0,58	0,38	0,38	0,38	0,38
E29	0,68	0,58	0,00	0,38	0,00	0,68
E30	0,68	0,38	0,58	0,58	0,58	0,68
E31	0,63	0,63	0,37	0,18	0,00	0,37
TOTAL	16,59	15,46	11,62	12,49	6,07	18,25

Distância D+ Classe Regular

ESP	F1	F2	F3	F4	F5	F6
E01	0,23	0,40	0,23	0,40	0,00	0,00
E02	0,00	0,24	0,29	0,16	0,29	0,16
E03	0,20	0,20	0,00	0,20	0,00	0,20
E04	0,11	0,16	0,21	0,16	0,11	0,11
E05	0,23	0,23	0,00	0,40	0,00	0,00
E06	0,16	0,24	0,00	0,24	0,16	0,16
E07	0,16	0,16	0,00	0,24	0,16	0,00
E08	0,00	0,00	0,20	0,00	0,38	0,20
E09	0,24	0,24	0,29	0,00	0,16	0,16
E10	0,32	0,32	0,20	0,32	0,00	0,20
E11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,21	0,21
E12	0,24	0,16	0,16	0,00	0,16	0,16
E13	0,40	0,40	0,42	0,40	0,42	0,23
E14	0,23	0,23	0,00	0,40	0,00	0,23
E15	0,20	0,20	0,00	0,32	0,00	0,20
E16	0,11	0,00	0,16	0,00	0,21	0,21
E17	0,20	0,20	0,20	0,32	0,20	0,00
E18	0,40	0,40	0,00	0,40	0,00	0,23
E19	0,16	0,24	0,00	0,24	0,16	0,29
E20	0,16	0,00	0,00	0,16	0,16	0,16
E21	0,16	0,24	0,16	0,16	0,16	0,16
E22	0,00	0,16	0,16	0,00	0,16	0,16
E23	0,07	0,10	0,00	0,07	0,13	0,13
E24	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,21
E25	0,20	0,20	0,38	0,32	0,00	0,38
E26	0,23	0,23	0,00	0,23	0,23	0,42
E27	0,00	0,00	0,20	0,32	0,20	0,38
E28	0,11	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00
E29	0,16	0,00	0,16	0,29	0,29	0,00
E30	0,00	0,16	0,00	0,11	0,16	0,11
E31	0,00	0,16	0,00	0,16	0,00	0,00
TOTAL	4,78	5,52	3,65	6,11	4,10	5,07

Distância D- Classe Regular

ESP	F1	F2	F3	F4	F5	F6
E01	0,68	0,38	0,38	0,68	0,18	0,68
E02	0,58	0,38	0,38	0,58	0,18	0,18
E03	0,58	0,58	0,68	0,68	0,38	0,58
E04	0,38	0,58	0,00	0,38	0,00	0,68
E05	0,58	0,38	0,58	0,58	0,38	0,58
E06	0,68	0,38	0,18	0,58	0,38	0,58
E07	0,58	0,38	0,38	0,68	0,58	0,68
E08	0,58	0,58	0,18	0,18	0,00	0,68
E09	0,58	0,58	0,00	0,18	0,00	0,38
E10	0,38	0,38	0,38	0,18	0,00	0,58
E11	0,18	0,18	0,00	0,38	0,38	0,58
E12	0,38	0,58	0,18	0,68	0,00	0,68
E13	0,58	0,58	0,58	0,18	0,00	0,68
E14	0,68	0,68	0,68	0,18	0,00	0,68
E15	0,58	0,58	0,38	0,18	0,18	0,68
E16	0,18	0,58	0,38	0,58	0,00	0,38
E17	0,58	0,38	0,68	0,68	0,18	0,68
E18	0,68	0,68	0,68	0,58	0,38	0,68
E19	0,58	0,38	0,38	0,00	0,18	0,68
E20	0,38	0,58	0,38	0,18	0,18	0,58
E21	0,58	0,58	0,58	0,58	0,38	0,38
E22	0,58	0,58	0,58	0,38	0,00	0,68
E23	0,58	0,58	0,18	0,00	0,00	0,68
E24	0,18	0,18	0,00	0,68	0,58	0,58
E25	0,58	0,58	0,58	0,38	0,38	0,68
E26	0,58	0,58	0,68	0,38	0,00	0,58
E27	0,38	0,38	0,18	0,18	0,18	0,58
E28	0,68	0,58	0,38	0,38	0,38	0,38
E29	0,68	0,58	0,00	0,38	0,00	0,68
E30	0,68	0,38	0,58	0,58	0,58	0,68
E31	0,68	0,68	0,38	0,18	0,00	0,38
TOTAL	16,64	15,51	11,63	12,49	6,07	18,26

Distância D+ Classe Inaceitável

ESP	F1	F2	F3	F4	F5	F6
E01	0,68	0,38	0,38	0,68	0,18	0,68
E02	0,58	0,38	0,38	0,58	0,18	0,18
E03	0,58	0,58	0,68	0,68	0,38	0,58
E04	0,38	0,58	0,00	0,38	0,00	0,68
E05	0,58	0,38	0,58	0,58	0,38	0,58
E06	0,68	0,38	0,18	0,58	0,38	0,58
E07	0,58	0,38	0,38	0,68	0,58	0,68
E08	0,58	0,58	0,18	0,18	0,00	0,68
E09	0,58	0,58	0,00	0,18	0,00	0,38
E10	0,38	0,38	0,38	0,18	0,00	0,58
E11	0,18	0,18	0,00	0,38	0,38	0,58
E12	0,38	0,58	0,18	0,68	0,00	0,68
E13	0,58	0,58	0,58	0,18	0,00	0,68
E14	0,68	0,68	0,68	0,18	0,00	0,68
E15	0,58	0,58	0,38	0,18	0,18	0,68
E16	0,18	0,58	0,38	0,58	0,00	0,38
E17	0,58	0,38	0,68	0,68	0,18	0,68
E18	0,68	0,68	0,68	0,58	0,38	0,68
E19	0,58	0,38	0,38	0,00	0,18	0,68
E20	0,38	0,58	0,38	0,18	0,18	0,58
E21	0,58	0,58	0,58	0,58	0,38	0,38
E22	0,58	0,58	0,58	0,38	0,00	0,68
E23	0,58	0,58	0,18	0,00	0,00	0,68
E24	0,18	0,18	0,00	0,68	0,58	0,58
E25	0,58	0,58	0,58	0,38	0,38	0,68
E26	0,58	0,58	0,68	0,38	0,00	0,58
E27	0,38	0,38	0,18	0,18	0,18	0,58
E28	0,68	0,58	0,38	0,38	0,38	0,38
E29	0,68	0,58	0,00	0,38	0,00	0,68
E30	0,68	0,38	0,58	0,58	0,58	0,68
E31	0,68	0,68	0,38	0,18	0,00	0,38
TOTAL	16,64	15,51	11,63	12,49	6,07	18,26

Distância D- Classe Inaceitável

ESP	F1	F2	F3	F4	F5	F6
E01	0,14	0,20	0,20	0,14	0,41	0,14
E02	0,00	0,20	0,20	0,00	0,41	0,41
E03	0,00	0,00	0,14	0,14	0,20	0,00
E04	0,20	0,00	0,58	0,20	0,58	0,14
E05	0,00	0,20	0,00	0,00	0,20	0,00
E06	0,14	0,20	0,41	0,00	0,20	0,00
E07	0,00	0,20	0,20	0,14	0,00	0,14
E08	0,00	0,00	0,41	0,41	0,58	0,14
E09	0,00	0,00	0,58	0,41	0,58	0,20
E10	0,20	0,20	0,20	0,41	0,58	0,00
E11	0,41	0,41	0,58	0,20	0,20	0,00
E12	0,20	0,00	0,41	0,14	0,58	0,14
E13	0,00	0,00	0,00	0,41	0,58	0,14
E14	0,14	0,14	0,14	0,41	0,58	0,14
E15	0,00	0,00	0,20	0,41	0,41	0,14
E16	0,41	0,00	0,20	0,00	0,58	0,20
E17	0,00	0,20	0,14	0,14	0,41	0,14
E18	0,14	0,14	0,14	0,00	0,20	0,14
E19	0,00	0,20	0,20	0,58	0,41	0,14
E20	0,20	0,00	0,20	0,41	0,41	0,00
E21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,20
E22	0,00	0,00	0,00	0,20	0,58	0,14
E23	0,00	0,00	0,41	0,58	0,58	0,14
E24	0,41	0,41	0,58	0,14	0,00	0,00
E25	0,00	0,00	0,00	0,20	0,20	0,14
E26	0,00	0,00	0,14	0,20	0,58	0,00
E27	0,20	0,20	0,41	0,41	0,41	0,00
E28	0,14	0,00	0,20	0,20	0,20	0,20
E29	0,14	0,00	0,58	0,20	0,58	0,14
E30	0,14	0,20	0,00	0,00	0,00	0,14
E31	0,14	0,14	0,20	0,41	0,58	0,20
TOTAL	3,40	3,29	7,71	7,13	12,04	3,74

ANEXO J – DADOS FUZZY TOPSIS-CLASS – Oportunidade de Inovação 3

MATRIZ DE JULGAMENTOS

ESP	DIST	F1	F2	F3	F4	F5	PESO
E01	l	2,5	2,5	7,5	5	5	0,8
	m	5	5	10	7,5	7,5	1
	u	7,5	7,5	10	10	10	1
E02	l	5	0	5	0	2,5	0,4
	m	7,5	2,5	7,5	0	5	0,6
	u	10	5	10	2,5	7,5	0,8
E03	l	5	2,5	5	2,5	5	0,6
	m	7,5	5	7,5	5	7,5	0,8
	u	10	7,5	10	7,5	10	1
E04	l	7,5	7,5	7,5	0	2,5	0,2
	m	10	10	10	2,5	5	0,4
	u	10	10	10	5	7,5	0,6
E05	l	5	2,5	5	2,5	2,5	0,8
	m	7,5	5	7,5	5	5	1
	u	10	7,5	10	7,5	7,5	1
E06	l	5	5	5	2,5	2,5	0,4
	m	7,5	7,5	7,5	5	5	0,6
	u	10	10	10	7,5	7,5	0,8
E07	l	7,5	5	7,5	5	5	0,4
	m	10	7,5	10	7,5	7,5	0,6
	u	10	10	10	10	10	0,8
E08	l	7,5	2,5	7,5	0	0	0,6
	m	10	5	10	2,5	2,5	0,8
	u	10	7,5	10	5	5	1
E09	l	7,5	5	7,5	0	2,5	0,4
	m	10	7,5	10	0	5	0,6
	u	10	10	10	2,5	7,5	0,8
E10	l	7,5	5	7,5	0	2,5	0,6
	m	10	7,5	10	2,5	5	0,8
	u	10	10	10	5	7,5	1
E11	l	5	5	5	0	7,5	0,2
	m	7,5	7,5	7,5	0	10	0,4
	u	10	10	10	2,5	10	0,6
E12	l	7,5	7,5	5	0	5	0,4
	m	10	10	7,5	2,5	7,5	0,6
	u	10	10	10	5	10	0,8
E13	l	7,5	7,5	7,5	0	5	0,8
	m	10	10	10	2,5	7,5	1
	u	10	10	10	5	10	1
E14	l	7,5	7,5	7,5	2,5	5	0,8
	m	10	10	10	5	7,5	1
	u	10	10	10	7,5	10	1
E15	l	7,5	5	7,5	0	2,5	0,6
	m	10	7,5	10	2,5	5	0,8
	u	10	10	10	5	7,5	1
E16	l	5	5	2,5	0	7,5	0,2
	m	7,5	7,5	5	2,5	10	0,4

	u	10	10	7,5	5	10	0,6
	l	7,5	5	7,5	2,5	5	0,6
E17	m	10	7,5	10	5	7,5	0,8
	u	10	10	10	7,5	10	1
	l	7,5	7,5	7,5	2,5	5	0,8
E18	m	10	10	10	5	7,5	1
	u	10	10	10	7,5	10	1
	l	2,5	5	5	0	0	0,4
E19	m	5	7,5	7,5	2,5	2,5	0,6
	u	7,5	10	10	5	5	0,8
	l	2,5	5	5	0	2,5	0,4
E20	m	5	7,5	7,5	2,5	5	0,6
	u	7,5	10	10	5	7,5	0,8
	l	7,5	7,5	5	5	2,5	0,4
E21	m	10	10	7,5	7,5	5	0,6
	u	10	10	10	10	7,5	0,8
	l	5	5	5	2,5	5	0,4
E22	m	7,5	7,5	7,5	5	7,5	0,6
	u	10	10	10	7,5	10	0,8
	l	5	5	7,5	0	0	0,2
E23	m	7,5	7,5	10	0	2,5	0,2
	u	10	10	10	2,5	5	0,4
	l	5	0	2,5	0	0	0,2
E24	m	7,5	2,5	5	0	0	0,4
	u	10	5	7,5	2,5	2,5	0,6
	l	7,5	7,5	7,5	0	2,5	0,6
E25	m	10	10	10	2,5	5	0,8
	u	10	10	10	5	7,5	1
	l	2,5	5	5	0	5	0,8
E26	m	5	7,5	7,5	0	7,5	1
	u	7,5	10	10	2,5	10	1
	l	7,5	5	7,5	0	5	0,6
E27	m	10	7,5	10	2,5	7,5	0,8
	u	10	10	10	5	10	1
	l	5	5	5	2,5	2,5	0,2
E28	m	7,5	7,5	7,5	5	5	0,4
	u	10	10	10	7,5	7,5	0,6
	l	7,5	5	7,5	0	0	0,4
E29	m	10	7,5	10	0	2,5	0,6
	u	10	10	10	2,5	5	0,8
	l	7,5	5	5	0	5	0,2
E30	m	10	7,5	7,5	2,5	7,5	0,4
	u	10	10	10	5	10	0,6
	l	2,5	5	2,5	0	0	0,4
E31	m	5	7,5	5	2,5	0	0,6
	u	7,5	10	7,5	5	2,5	0,8

MATRIZ DE JULGAMENTOS NORMALIZADA

ESP	DIST	F1	F2	F3	F4	F5	PESO
E01	l	0,25	0,25	0,75	0,5	0,5	0,8
	m	0,5	0,5	1	0,75	0,75	1
	u	0,75	0,75	1	1	1	1
E02	l	0,5	0	0,5	0	0,25	0,4
	m	0,75	0,25	0,75	0	0,5	0,6
	u	1	0,5	1	0,25	0,75	0,8
E03	l	0,5	0,25	0,5	0,25	0,5	0,6
	m	0,75	0,5	0,75	0,5	0,75	0,8
	u	1	0,75	1	0,75	1	1
E04	l	0,75	0,75	0,75	0	0,25	0,2
	m	1	1	1	0,25	0,5	0,4
	u	1	1	1	0,5	0,75	0,6
E05	l	0,5	0,25	0,5	0,25	0,25	0,8
	m	0,75	0,5	0,75	0,5	0,5	1
	u	1	0,75	1	0,75	0,75	1
E06	l	0,5	0,5	0,5	0,25	0,25	0,4
	m	0,75	0,75	0,75	0,5	0,5	0,6
	u	1	1	1	0,75	0,75	0,8
E07	l	0,75	0,5	0,75	0,5	0,5	0,4
	m	1	0,75	1	0,75	0,75	0,6
	u	1	1	1	1	1	0,8
E08	l	0,75	0,25	0,75	0	0	0,6
	m	1	0,5	1	0,25	0,25	0,8
	u	1	0,75	1	0,5	0,5	1
E09	l	0,75	0,5	0,75	0	0,25	0,4
	m	1	0,75	1	0	0,5	0,6
	u	1	1	1	0,25	0,75	0,8
E10	l	0,75	0,5	0,75	0	0,25	0,6
	m	1	0,75	1	0,25	0,5	0,8
	u	1	1	1	0,5	0,75	1
E11	l	0,5	0,5	0,5	0	0,75	0,2
	m	0,75	0,75	0,75	0	1	0,4
	u	1	1	1	0,25	1	0,6
E12	l	0,75	0,75	0,5	0	0,5	0,4
	m	1	1	0,75	0,25	0,75	0,6
	u	1	1	1	0,5	1	0,8
E13	l	0,75	0,75	0,75	0	0,5	0,8
	m	1	1	1	0,25	0,75	1
	u	1	1	1	0,5	1	1
E14	l	0,75	0,75	0,75	0,25	0,5	0,8
	m	1	1	1	0,5	0,75	1
	u	1	1	1	0,75	1	1
E15	l	0,75	0,5	0,75	0	0,25	0,6
	m	1	0,75	1	0,25	0,5	0,8
	u	1	1	1	0,5	0,75	1
E16	l	0,5	0,5	0,25	0	0,75	0,2
	m	0,75	0,75	0,5	0,25	1	0,4
	u	1	1	0,75	0,5	1	0,6
E17	l	0,75	0,5	0,75	0,25	0,5	0,6

	m	1	0,75	1	0,5	0,75	0,8
	u	1	1	1	0,75	1	1
	l	0,75	0,75	0,75	0,25	0,5	0,8
E18	m	1	1	1	0,5	0,75	1
	u	1	1	1	0,75	1	1
	l	0,25	0,5	0,5	0	0	0,4
E19	m	0,5	0,75	0,75	0,25	0,25	0,6
	u	0,75	1	1	0,5	0,5	0,8
	l	0,25	0,5	0,5	0	0,25	0,4
E20	m	0,5	0,75	0,75	0,25	0,5	0,6
	u	0,75	1	1	0,5	0,75	0,8
	l	0,75	0,75	0,5	0,5	0,25	0,4
E21	m	1	1	0,75	0,75	0,5	0,6
	u	1	1	1	1	0,75	0,8
	l	0,5	0,5	0,5	0,25	0,5	0,4
E22	m	0,75	0,75	0,75	0,5	0,75	0,6
	u	1	1	1	0,75	1	0,8
	l	0,5	0,5	0,75	0	0	0,2
E23	m	0,75	0,75	1	0	0,25	0,2
	u	1	1	1	0,25	0,5	0,4
	l	0,5	0	0,25	0	0	0,2
E24	m	0,75	0,25	0,5	0	0	0,4
	u	1	0,5	0,75	0,25	0,25	0,6
	l	0,75	0,75	0,75	0	0,25	0,6
E25	m	1	1	1	0,25	0,5	0,8
	u	1	1	1	0,5	0,75	1
	l	0,25	0,5	0,5	0	0,5	0,8
E26	m	0,5	0,75	0,75	0	0,75	1
	u	0,75	1	1	0,25	1	1
	l	0,75	0,5	0,75	0	0,5	0,6
E27	m	1	0,75	1	0,25	0,75	0,8
	u	1	1	1	0,5	1	1
	l	0,5	0,5	0,5	0,25	0,25	0,2
E28	m	0,75	0,75	0,75	0,5	0,5	0,4
	u	1	1	1	0,75	0,75	0,6
	l	0,75	0,5	0,75	0	0	0,4
E29	m	1	0,75	1	0	0,25	0,6
	u	1	1	1	0,25	0,5	0,8
	l	0,75	0,5	0,5	0	0,5	0,2
E30	m	1	0,75	0,75	0,25	0,75	0,4
	u	1	1	1	0,5	1	0,6
	l	0,25	0,5	0,25	0	0	0,4
E31	m	0,5	0,75	0,5	0,25	0	0,6
	u	0,75	1	0,75	0,5	0,25	0,8

MATRIZ DE JULGAMENTOS NORMALIZADA E PONDERADA

ESP	DIST	F1	F2	F3	F4	F5
E01	l	0,15	0,15	0,45	0,3	0,3
	m	0,4	0,4	0,8	0,6	0,6
	u	0,75	0,75	1	1	1
E02	l	0,3	0	0,3	0	0,15
	m	0,6	0,2	0,6	0	0,4
	u	1	0,5	1	0,25	0,75
E03	l	0,3	0,15	0,3	0,15	0,3
	m	0,6	0,4	0,6	0,4	0,6
	u	1	0,75	1	0,75	1
E04	l	0,45	0,45	0,45	0	0,15
	m	0,8	0,8	0,8	0,2	0,4
	u	1	1	1	0,5	0,75
E05	l	0,3	0,15	0,3	0,15	0,15
	m	0,6	0,4	0,6	0,4	0,4
	u	1	0,75	1	0,75	0,75
E06	l	0,3	0,3	0,3	0,15	0,15
	m	0,6	0,6	0,6	0,4	0,4
	u	1	1	1	0,75	0,75
E07	l	0,45	0,3	0,45	0,3	0,3
	m	0,8	0,6	0,8	0,6	0,6
	u	1	1	1	1	1
E08	l	0,45	0,15	0,45	0	0
	m	0,8	0,4	0,8	0,2	0,2
	u	1	0,75	1	0,5	0,5
E09	l	0,45	0,3	0,45	0	0,15
	m	0,8	0,6	0,8	0	0,4
	u	1	1	1	0,25	0,75
E10	l	0,45	0,3	0,45	0	0,15
	m	0,8	0,6	0,8	0,2	0,4
	u	1	1	1	0,5	0,75
E11	l	0,3	0,3	0,3	0	0,45
	m	0,6	0,6	0,6	0	0,8
	u	1	1	1	0,25	1
E12	l	0,45	0,45	0,3	0	0,3
	m	0,8	0,8	0,6	0,2	0,6
	u	1	1	1	0,5	1
E13	l	0,45	0,45	0,45	0	0,3
	m	0,8	0,8	0,8	0,2	0,6
	u	1	1	1	0,5	1
E14	l	0,45	0,45	0,45	0,15	0,3
	m	0,8	0,8	0,8	0,4	0,6
	u	1	1	1	0,75	1
E15	l	0,45	0,3	0,45	0	0,15
	m	0,8	0,6	0,8	0,2	0,4
	u	1	1	1	0,5	0,75
E16	l	0,3	0,3	0,15	0	0,45
	m	0,6	0,6	0,4	0,2	0,8
	u	1	1	0,75	0,5	1
E17	l	0,45	0,3	0,45	0,15	0,3

	m	0,8	0,6	0,8	0,4	0,6
	u	1	1	1	0,75	1
	l	0,45	0,45	0,45	0,15	0,3
E18	m	0,8	0,8	0,8	0,4	0,6
	u	1	1	1	0,75	1
	l	0,15	0,3	0,3	0	0
E19	m	0,4	0,6	0,6	0,2	0,2
	u	0,75	1	1	0,5	0,5
	l	0,15	0,3	0,3	0	0,15
E20	m	0,4	0,6	0,6	0,2	0,4
	u	0,75	1	1	0,5	0,75
	l	0,45	0,45	0,3	0,3	0,15
E21	m	0,8	0,8	0,6	0,6	0,4
	u	1	1	1	1	0,75
	l	0,3	0,3	0,3	0,15	0,3
E22	m	0,6	0,6	0,6	0,4	0,6
	u	1	1	1	0,75	1
	l	0,3	0,3	0,45	0	0
E23	m	0,6	0,6	0,8	0	0,2
	u	1	1	1	0,25	0,5
	l	0,3	0	0,15	0	0
E24	m	0,6	0,2	0,4	0	0
	u	1	0,5	0,75	0,25	0,25
	l	0,45	0,45	0,45	0	0,15
E25	m	0,8	0,8	0,8	0,2	0,4
	u	1	1	1	0,5	0,75
	l	0,15	0,3	0,3	0	0,3
E26	m	0,4	0,6	0,6	0	0,6
	u	0,75	1	1	0,25	1
	l	0,45	0,3	0,45	0	0,3
E27	m	0,8	0,6	0,8	0,2	0,6
	u	1	1	1	0,5	1
	l	0,3	0,3	0,3	0,15	0,15
E28	m	0,6	0,6	0,6	0,4	0,4
	u	1	1	1	0,75	0,75
	l	0,45	0,3	0,45	0	0
E29	m	0,8	0,6	0,8	0	0,2
	u	1	1	1	0,25	0,5
	l	0,45	0,3	0,3	0	0,3
E30	m	0,8	0,6	0,6	0,2	0,6
	u	1	1	1	0,5	1
	l	0,15	0,3	0,15	0	0
E31	m	0,4	0,6	0,4	0,2	0
	u	0,75	1	0,75	0,5	0,25

CLASSES E LIMITES NORMALIZADO

ES P	DIS T	Esperad o	Regula r	Inaceitáve l
E01	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
E02	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
E03	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
E04	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
E05	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
E06	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
E07	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
E08	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
E09	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
E10	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
E11	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,50	0,00
	u	1	0,75	0,25
E12	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
E13	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
E14	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
E15	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
E16	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0

**CLASSES E LIMITES NORMALIZADO E
PONDERADO**

ESP	DIST	Esperado	Regular	Inaceitável
E01	l	0,3	0,15	0
	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
E02	l	0,3	0,15	0
	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
E03	l	0,3	0,15	0
	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
E04	l	0,3	0,15	0
	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
E05	l	0,3	0,15	0
	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
E06	l	0,3	0,15	0
	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
E07	l	0,3	0,15	0
	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
E08	l	0,3	0,15	0
	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
E09	l	0,3	0,15	0
	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
E10	l	0,3	0,15	0
	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
E11	l	0,3	0,15	0
	m	0,60	0,40	0,00
	u	1	0,75	0,25
E12	l	0,3	0,15	0
	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
E13	l	0,3	0,15	0
	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
E14	l	0,3	0,15	0
	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
E15	l	0,3	0,15	0
	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
E16	l	0,3	0,15	0
	m	0,6	0,4	0

E17	u	1	0,75	0,25
	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
E18	u	1	0,75	0,25
	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
E19	u	1	0,75	0,25
	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
E20	u	1	0,75	0,25
	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
E21	u	1	0,75	0,25
	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
E22	u	1	0,75	0,25
	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
E23	u	1	0,75	0,25
	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
E24	u	1	0,75	0,25
	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
E25	u	1	0,75	0,25
	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
E26	u	1	0,75	0,25
	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
E27	u	1	0,75	0,25
	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
E28	u	1	0,75	0,25
	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
E29	u	1	0,75	0,25
	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
E30	u	1	0,75	0,25
	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
E31	u	1	0,75	0,25
	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0

E17	u	1	0,75	0,25
	l	0,3	0,15	0
	m	0,6	0,4	0
E18	u	1	0,75	0,25
	l	0,3	0,15	0
	m	0,6	0,4	0
E19	u	1	0,75	0,25
	l	0,3	0,15	0
	m	0,6	0,4	0
E20	u	1	0,75	0,25
	l	0,3	0,15	0
	m	0,6	0,4	0
E21	u	1	0,75	0,25
	l	0,3	0,15	0
	m	0,6	0,4	0
E22	u	1	0,75	0,25
	l	0,3	0,15	0
	m	0,6	0,4	0
E23	u	1	0,75	0,25
	l	0,3	0,15	0
	m	0,6	0,4	0
E24	u	1	0,75	0,25
	l	0,3	0,15	0
	m	0,6	0,4	0
E25	u	1	0,75	0,25
	l	0,3	0,15	0
	m	0,6	0,4	0
E26	u	1	0,75	0,25
	l	0,3	0,15	0
	m	0,6	0,4	0
E27	u	1	0,75	0,25
	l	0,3	0,15	0
	m	0,6	0,4	0
E28	u	1	0,75	0,25
	l	0,3	0,15	0
	m	0,6	0,4	0
E29	u	1	0,75	0,25
	l	0,3	0,15	0
	m	0,6	0,4	0
E30	u	1	0,75	0,25
	l	0,3	0,15	0
	m	0,6	0,4	0
E31	u	1	0,75	0,25
	l	0,3	0,15	0
	m	0,6	0,4	0

ESP	DIST	Classe Esperado		Classe Regular		Classe Inaceitável	
		A+	A-	A+	A-	A+	A-
E01	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
E02	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
E03	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
E04	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
E05	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
E06	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
E07	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
E08	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
E09	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
E10	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
E11	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
E12	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
E13	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
E14	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
E15	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
E16	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
E17	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3

	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
E18	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
E19	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
E20	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
E21	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
E22	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
E23	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
E24	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
E25	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
E26	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
E27	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
E28	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
E29	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
E30	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
E31	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1

Distância D+ Classe Esperado

ESP	F1	F2	F3	F4	F5
E01	0,20	0,20	0,14	0,00	0,00
E02	0,00	0,41	0,00	0,58	0,20
E03	0,00	0,20	0,00	0,20	0,00
E04	0,14	0,14	0,14	0,41	0,20
E05	0,00	0,20	0,00	0,20	0,20
E06	0,00	0,00	0,00	0,20	0,20
E07	0,14	0,00	0,14	0,00	0,00
E08	0,14	0,20	0,14	0,41	0,41
E09	0,14	0,00	0,14	0,58	0,20
E10	0,14	0,00	0,14	0,41	0,20
E11	0,00	0,00	0,00	0,58	0,14
E12	0,14	0,14	0,00	0,41	0,00
E13	0,14	0,14	0,14	0,41	0,00
E14	0,14	0,14	0,14	0,20	0,00
E15	0,14	0,00	0,14	0,41	0,20
E16	0,00	0,00	0,20	0,41	0,14
E17	0,14	0,00	0,14	0,20	0,00
E18	0,14	0,14	0,14	0,20	0,00
E19	0,20	0,00	0,00	0,41	0,41
E20	0,20	0,00	0,00	0,41	0,20
E21	0,14	0,14	0,00	0,00	0,20
E22	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00
E23	0,00	0,00	0,14	0,58	0,41
E24	0,00	0,41	0,20	0,58	0,58
E25	0,14	0,14	0,14	0,41	0,20
E26	0,20	0,00	0,00	0,58	0,00
E27	0,14	0,00	0,14	0,41	0,00
E28	0,00	0,00	0,00	0,20	0,20
E29	0,14	0,00	0,14	0,58	0,41
E30	0,14	0,00	0,00	0,41	0,00
E31	0,20	0,00	0,20	0,41	0,58
TOTAL	3,33	2,64	2,78	11,01	5,33

Distância D- Classe Esperado

ESP	F1	F2	F3	F4	F5
E01	0,38	0,38	0,68	0,58	0,58
E02	0,58	0,18	0,58	0,00	0,38
E03	0,58	0,38	0,58	0,38	0,58
E04	0,68	0,68	0,68	0,18	0,38
E05	0,58	0,38	0,58	0,38	0,38
E06	0,58	0,58	0,58	0,38	0,38
E07	0,68	0,58	0,68	0,58	0,58
E08	0,68	0,38	0,68	0,18	0,18
E09	0,68	0,58	0,68	0,00	0,38
E10	0,68	0,58	0,68	0,18	0,38
E11	0,58	0,58	0,58	0,00	0,68
E12	0,68	0,68	0,58	0,18	0,58
E13	0,68	0,68	0,68	0,18	0,58
E14	0,68	0,68	0,68	0,38	0,58
E15	0,68	0,58	0,68	0,18	0,38
E16	0,58	0,58	0,38	0,18	0,68
E17	0,68	0,58	0,68	0,38	0,58
E18	0,68	0,68	0,68	0,38	0,58
E19	0,38	0,58	0,58	0,18	0,18
E20	0,38	0,58	0,58	0,18	0,38
E21	0,68	0,68	0,58	0,58	0,38
E22	0,58	0,58	0,58	0,38	0,58
E23	0,58	0,58	0,68	0,00	0,18
E24	0,58	0,18	0,38	0,00	0,00
E25	0,68	0,68	0,68	0,18	0,38
E26	0,38	0,58	0,58	0,00	0,58
E27	0,68	0,58	0,68	0,18	0,58
E28	0,58	0,58	0,58	0,38	0,38
E29	0,68	0,58	0,68	0,00	0,18
E30	0,68	0,58	0,58	0,18	0,58
E31	0,37	0,55	0,37	0,18	0,00
TOTAL	18,65	17,11	18,95	7,18	13,26

Distância D+ Classe Regular

ESP	F1	F2	F3	F4	F5
E01	0,00	0,00	0,32	0,20	0,20
E02	0,20	0,20	0,20	0,38	0,00
E03	0,20	0,00	0,20	0,00	0,20
E04	0,32	0,32	0,32	0,20	0,00
E05	0,20	0,00	0,20	0,00	0,00
E06	0,20	0,20	0,20	0,00	0,00
E07	0,32	0,20	0,32	0,20	0,20
E08	0,32	0,00	0,32	0,20	0,20
E09	0,32	0,20	0,32	0,38	0,00
E10	0,32	0,20	0,32	0,20	0,00
E11	0,20	0,20	0,20	0,38	0,32
E12	0,32	0,32	0,20	0,20	0,20
E13	0,32	0,32	0,32	0,20	0,20
E14	0,32	0,32	0,32	0,00	0,20
E15	0,32	0,20	0,32	0,20	0,00
E16	0,20	0,20	0,00	0,20	0,32
E17	0,32	0,20	0,32	0,00	0,20
E18	0,32	0,32	0,32	0,00	0,20
E19	0,00	0,20	0,20	0,20	0,20
E20	0,00	0,20	0,20	0,20	0,00
E21	0,32	0,32	0,20	0,20	0,00
E22	0,20	0,20	0,20	0,00	0,20
E23	0,20	0,20	0,32	0,38	0,20
E24	0,20	0,20	0,00	0,38	0,38
E25	0,32	0,32	0,32	0,20	0,00
E26	0,00	0,20	0,20	0,38	0,20
E27	0,32	0,20	0,32	0,20	0,20
E28	0,20	0,20	0,20	0,00	0,00
E29	0,32	0,20	0,32	0,38	0,20
E30	0,32	0,20	0,20	0,20	0,20
E31	0,00	0,20	0,00	0,20	0,38
TOTAL	7,21	6,34	7,49	5,92	4,67

Distância D- Classe Regular

ESP	F1	F2	F3	F4	F5
E01	0,38	0,38	0,68	0,58	0,58
E02	0,58	0,18	0,58	0,00	0,38
E03	0,58	0,38	0,58	0,38	0,58
E04	0,68	0,68	0,68	0,18	0,38
E05	0,58	0,38	0,58	0,38	0,38
E06	0,58	0,58	0,58	0,38	0,38
E07	0,68	0,58	0,68	0,58	0,58
E08	0,68	0,38	0,68	0,18	0,18
E09	0,68	0,58	0,68	0,00	0,38
E10	0,68	0,58	0,68	0,18	0,38
E11	0,58	0,58	0,58	0,00	0,68
E12	0,68	0,68	0,58	0,18	0,58
E13	0,68	0,68	0,68	0,18	0,58
E14	0,68	0,68	0,68	0,38	0,58
E15	0,68	0,58	0,68	0,18	0,38
E16	0,58	0,58	0,38	0,18	0,68
E17	0,68	0,58	0,68	0,38	0,58
E18	0,68	0,68	0,68	0,38	0,58
E19	0,38	0,58	0,58	0,18	0,18
E20	0,38	0,58	0,58	0,18	0,38
E21	0,68	0,68	0,58	0,58	0,38
E22	0,58	0,58	0,58	0,38	0,58
E23	0,58	0,58	0,68	0,00	0,18
E24	0,58	0,18	0,38	0,00	0,00
E25	0,68	0,68	0,68	0,18	0,38
E26	0,38	0,58	0,58	0,00	0,58
E27	0,68	0,58	0,68	0,18	0,58
E28	0,58	0,58	0,58	0,38	0,38
E29	0,68	0,58	0,68	0,00	0,18
E30	0,68	0,58	0,58	0,18	0,58
E31	0,38	0,58	0,38	0,18	0,00
TOTAL	18,66	17,14	18,96	7,18	13,26

Distância D+ Classe Inaceitável

ESP	F1	F2	F3	F4	F5
E01	0,38	0,38	0,68	0,58	0,58
E02	0,58	0,18	0,58	0,00	0,38
E03	0,58	0,38	0,58	0,38	0,58
E04	0,68	0,68	0,68	0,18	0,38
E05	0,58	0,38	0,58	0,38	0,38
E06	0,58	0,58	0,58	0,38	0,38
E07	0,68	0,58	0,68	0,58	0,58
E08	0,68	0,38	0,68	0,18	0,18
E09	0,68	0,58	0,68	0,00	0,38
E10	0,68	0,58	0,68	0,18	0,38
E11	0,58	0,58	0,58	0,00	0,68
E12	0,68	0,68	0,58	0,18	0,58
E13	0,68	0,68	0,68	0,18	0,58
E14	0,68	0,68	0,68	0,38	0,58
E15	0,68	0,58	0,68	0,18	0,38
E16	0,58	0,58	0,38	0,18	0,68
E17	0,68	0,58	0,68	0,38	0,58
E18	0,68	0,68	0,68	0,38	0,58
E19	0,38	0,58	0,58	0,18	0,18
E20	0,38	0,58	0,58	0,18	0,38
E21	0,68	0,68	0,58	0,58	0,38
E22	0,58	0,58	0,58	0,38	0,58
E23	0,58	0,58	0,68	0,00	0,18
E24	0,58	0,18	0,38	0,00	0,00
E25	0,68	0,68	0,68	0,18	0,38
E26	0,38	0,58	0,58	0,00	0,58
E27	0,68	0,58	0,68	0,18	0,58
E28	0,58	0,58	0,58	0,38	0,38
E29	0,68	0,58	0,68	0,00	0,18
E30	0,68	0,58	0,58	0,18	0,58
E31	0,38	0,58	0,38	0,18	0,00
TOTAL	18,66	17,14	18,96	7,18	13,26

Distância D- Classe Inaceitável

ESP	F1	F2	F3	F4	F5
E01	0,20	0,20	0,14	0,00	0,00
E02	0,00	0,41	0,00	0,58	0,20
E03	0,00	0,20	0,00	0,20	0,00
E04	0,14	0,14	0,14	0,41	0,20
E05	0,00	0,20	0,00	0,20	0,20
E06	0,00	0,00	0,00	0,20	0,20
E07	0,14	0,00	0,14	0,00	0,00
E08	0,14	0,20	0,14	0,41	0,41
E09	0,14	0,00	0,14	0,58	0,20
E10	0,14	0,00	0,14	0,41	0,20
E11	0,00	0,00	0,00	0,58	0,14
E12	0,14	0,14	0,00	0,41	0,00
E13	0,14	0,14	0,14	0,41	0,00
E14	0,14	0,14	0,14	0,20	0,00
E15	0,14	0,00	0,14	0,41	0,20
E16	0,00	0,00	0,20	0,41	0,14
E17	0,14	0,00	0,14	0,20	0,00
E18	0,14	0,14	0,14	0,20	0,00
E19	0,20	0,00	0,00	0,41	0,41
E20	0,20	0,00	0,00	0,41	0,20
E21	0,14	0,14	0,00	0,00	0,20
E22	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00
E23	0,00	0,00	0,14	0,58	0,41
E24	0,00	0,41	0,20	0,58	0,58
E25	0,14	0,14	0,14	0,41	0,20
E26	0,20	0,00	0,00	0,58	0,00
E27	0,14	0,00	0,14	0,41	0,00
E28	0,00	0,00	0,00	0,20	0,20
E29	0,14	0,00	0,14	0,58	0,41
E30	0,14	0,00	0,00	0,41	0,00
E31	0,20	0,00	0,20	0,41	0,58
TOTAL	3,33	2,64	2,78	11,01	5,33

ANEXO K – DADOS FUZZY TOPSIS-CLASS – Oportunidade de Inovação 4

MATRIZ DE JULGAMENTOS

ESP	DIST	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	PESO
E01	l	7,5	7,5	7,5	7,5	2,5	2,5	2,5	0,8
	m	10	10	10	10	5	5	5	1
	u	10	10	10	10	7,5	7,5	7,5	1
E02	l	7,5	5	2,5	0	0	2,5	5	0,4
	m	10	7,5	5	2,5	2,5	5	7,5	0,6
	u	10	10	7,5	5	5	7,5	10	0,8
E03	l	5	5	5	2,5	2,5	5	2,5	0,6
	m	7,5	7,5	7,5	5	5	7,5	5	0,8
	u	10	10	10	7,5	7,5	10	7,5	1
E04	l	7,5	5	5	7,5	0	0	0	0,2
	m	10	7,5	7,5	10	0	0	0	0,4
	u	10	10	10	10	2,5	2,5	2,5	0,6
E05	l	5	5	5	2,5	5	2,5	2,5	0,8
	m	7,5	7,5	7,5	5	7,5	5	5	1
	u	10	10	10	7,5	10	7,5	7,5	1
E06	l	7,5	5	5	5	2,5	2,5	2,5	0,4
	m	10	7,5	7,5	7,5	5	5	5	0,6
	u	10	10	10	10	7,5	7,5	7,5	0,8
E07	l	7,5	5	5	7,5	5	5	2,5	0,4
	m	10	7,5	7,5	10	7,5	7,5	5	0,6
	u	10	10	10	10	10	10	7,5	0,8
E08	l	0	0	2,5	7,5	0	0	0	0,6
	m	2,5	2,5	5	10	0	0	0	0,8
	u	5	5	7,5	10	2,5	2,5	2,5	1
E09	l	5	5	7,5	5	0	0	0	0,4
	m	7,5	7,5	10	7,5	0	0	0	0,6
	u	10	10	10	10	2,5	2,5	2,5	0,8
E10	l	0	5	2,5	5	0	0	0	0,6
	m	2,5	7,5	5	7,5	2,5	2,5	0	0,8
	u	5	10	7,5	10	5	5	2,5	1
E11	l	2,5	2,5	0	5	0	0	0	0,2
	m	5,00	5,00	2,50	7,50	0,00	0,00	0,00	0,4
	u	7,5	7,5	5	10	2,5	2,5	2,5	0,6
E12	l	5	5	5	5	0	0	0	0,4
	m	7,5	7,5	7,5	7,5	2,5	2,5	0	0,6
	u	10	10	10	10	5	5	2,5	0,8
E13	l	0	5	7,5	7,5	0	0	0	0,8
	m	2,5	7,5	10	10	0	2,5	0	1
	u	5	10	10	10	2,5	5	2,5	1
E14	l	0	5	7,5	7,5	0	0	2,5	0,8
	m	2,5	7,5	10	10	2,5	0	5	1
	u	5	10	10	10	5	2,5	7,5	1
E15	l	2,5	5	5	7,5	0	0	0	0,6
	m	5	7,5	7,5	10	2,5	2,5	2,5	0,8
	u	7,5	10	10	10	5	5	5	1
E16	l	2,5	5	5	2,5	0	5	7,5	0,2
	m	5	7,5	7,5	5	2,5	7,5	10	0,4

	u	7,5	10	10	7,5	5	10	10	0,6
	l	5	5	7,5	5	2,5	0	5	0,6
E17	m	7,5	7,5	10	7,5	5	0	7,5	0,8
	u	10	10	10	10	7,5	2,5	10	1
	l	2,5	5	5	7,5	2,5	2,5	0	0,8
E18	m	5	7,5	7,5	10	5	5	2,5	1
	u	7,5	10	10	10	7,5	7,5	5	1
	l	2,5	5	2,5	5	0	0	0	0,4
E19	m	5	7,5	5	7,5	2,5	2,5	0	0,6
	u	7,5	10	7,5	10	5	5	2,5	0,8
	l	0	2,5	2,5	5	0	0	0	0,4
E20	m	2,5	5	5	7,5	2,5	0	0	0,6
	u	5	7,5	7,5	10	5	2,5	2,5	0,8
	l	5	5	5	5	2,5	2,5	2,5	0,4
E21	m	7,5	7,5	7,5	7,5	5	5	5	0,6
	u	10	10	10	10	7,5	7,5	7,5	0,8
	l	5	2,5	2,5	5	2,5	5	0	0,4
E22	m	7,5	5	5	7,5	5	7,5	0	0,6
	u	10	7,5	7,5	10	7,5	10	2,5	0,8
	l	2,50	5,00	5,00	5,00	0,00	0,00	0,00	0,2
E23	m	5	7,5	7,5	7,5	0	0	0	0,2
	u	7,5	10	10	10	2,5	2,5	2,5	0,4
	l	5	0	2,5	2,5	0	5	0	0,2
E24	m	7,5	0	5	5	2,5	7,5	0	0,4
	u	10	2,5	7,5	7,5	5	10	2,5	0,6
	l	2,5	2,5	5	7,5	0	0	0	0,6
E25	m	5	5	7,5	10	2,5	0	0	0,8
	u	7,5	7,5	10	10	5	2,5	2,5	1
	l	0	0	0	2,5	0	0	0	0,8
E26	m	0	2,5	2,5	5	0	0	0	1
	u	2,5	5	5	7,5	2,5	2,5	2,5	1
	l	2,5	2,5	5	5	0	0	0	0,6
E27	m	5	5	7,5	7,5	2,5	2,5	0	0,8
	u	7,5	7,5	10	10	5	5	2,5	1
	l	5	7,5	5	2,5	2,5	2,5	2,5	0,2
E28	m	7,5	10	7,5	5	5	5	5	0,4
	u	10	10	10	7,5	7,5	7,5	7,5	0,6
	l	5	7,5	5	7,5	0	5	2,5	0,4
E29	m	7,5	10	7,5	10	0	7,5	5	0,6
	u	10	10	10	10	2,5	10	7,5	0,8
	l	2,5	7,5	5	5	5	2,5	5	0,2
E30	m	5	10	7,5	7,5	7,5	5	7,5	0,4
	u	7,5	10	10	10	10	7,5	10	0,6
	l	7,5	7,5	2,5	7,5	5	2,5	5	0,4
E31	m	10	10	5	10	7,5	5	7,5	0,6
	u	10	10	7,5	10	10	7,5	10	0,8

MATRIZ DE JULGAMENTOS NORMALIZADA

ESP	DIST	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	PESO
E01	l	0,75	0,75	0,75	0,75	0,25	0,25	0,25	0,8
	m	1	1	1	1	0,5	0,5	0,5	1
	u	1	1	1	1	0,75	0,75	0,75	1
E02	l	0,75	0,5	0,25	0	0	0,25	0,5	0,4
	m	1	0,75	0,5	0,25	0,25	0,5	0,75	0,6
	u	1	1	0,75	0,5	0,5	0,75	1	0,8
E03	l	0,5	0,5	0,5	0,25	0,25	0,5	0,25	0,6
	m	0,75	0,75	0,75	0,5	0,5	0,75	0,5	0,8
	u	1	1	1	0,75	0,75	1	0,75	1
E04	l	0,75	0,5	0,5	0,75	0	0	0	0,2
	m	1	0,75	0,75	1	0	0	0	0,4
	u	1	1	1	1	0,25	0,25	0,25	0,6
E05	l	0,5	0,5	0,5	0,25	0,5	0,25	0,25	0,8
	m	0,75	0,75	0,75	0,5	0,75	0,5	0,5	1
	u	1	1	1	0,75	1	0,75	0,75	1
E06	l	0,75	0,5	0,5	0,5	0,25	0,25	0,25	0,4
	m	1	0,75	0,75	0,75	0,5	0,5	0,5	0,6
	u	1	1	1	1	0,75	0,75	0,75	0,8
E07	l	0,75	0,5	0,5	0,75	0,5	0,5	0,25	0,4
	m	1	0,75	0,75	1	0,75	0,75	0,5	0,6
	u	1	1	1	1	1	1	0,75	0,8
E08	l	0	0	0,25	0,75	0	0	0	0,6
	m	0,25	0,25	0,5	1	0	0	0	0,8
	u	0,5	0,5	0,75	1	0,25	0,25	0,25	1
E09	l	0,5	0,5	0,75	0,5	0	0	0	0,4
	m	0,75	0,75	1	0,75	0	0	0	0,6
	u	1	1	1	1	0,25	0,25	0,25	0,8
E10	l	0	0,5	0,25	0,5	0	0	0	0,6
	m	0,25	0,75	0,5	0,75	0,25	0,25	0	0,8
	u	0,5	1	0,75	1	0,5	0,5	0,25	1
E11	l	0,25	0,25	0	0,5	0	0	0	0,2
	m	0,50	0,50	0,25	0,75	0,00	0,00	0,00	0,4
	u	0,75	0,75	0,5	1	0,25	0,25	0,25	0,6
E12	l	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0	0	0,4
	m	0,75	0,75	0,75	0,75	0,25	0,25	0	0,6
	u	1	1	1	1	0,5	0,5	0,25	0,8
E13	l	0	0,5	0,75	0,75	0	0	0	0,8
	m	0,25	0,75	1	1	0	0,25	0	1
	u	0,5	1	1	1	0,25	0,5	0,25	1
E14	l	0	0,5	0,75	0,75	0	0	0,25	0,8
	m	0,25	0,75	1	1	0,25	0	0,5	1
	u	0,5	1	1	1	0,5	0,25	0,75	1
E15	l	0,25	0,5	0,5	0,75	0	0	0	0,6
	m	0,5	0,75	0,75	1	0,25	0,25	0,25	0,8
	u	0,75	1	1	1	0,5	0,5	0,5	1
E16	l	0,25	0,5	0,5	0,25	0	0,5	0,75	0,2
	m	0,5	0,75	0,75	0,5	0,25	0,75	1	0,4
	u	0,75	1	1	0,75	0,5	1	1	0,6
E17	l	0,5	0,5	0,75	0,5	0,25	0	0,5	0,6

	m	0,75	0,75	1	0,75	0,5	0	0,75	0,8
	u	1	1	1	1	0,75	0,25	1	1
	l	0,25	0,5	0,5	0,75	0,25	0,25	0	0,8
E18	m	0,5	0,75	0,75	1	0,5	0,5	0,25	1
	u	0,75	1	1	1	0,75	0,75	0,5	1
	l	0,25	0,5	0,25	0,5	0	0	0	0,4
E19	m	0,5	0,75	0,5	0,75	0,25	0,25	0	0,6
	u	0,75	1	0,75	1	0,5	0,5	0,25	0,8
	l	0	0,25	0,25	0,5	0	0	0	0,4
E20	m	0,25	0,5	0,5	0,75	0,25	0	0	0,6
	u	0,5	0,75	0,75	1	0,5	0,25	0,25	0,8
	l	0,5	0,5	0,5	0,5	0,25	0,25	0,25	0,4
E21	m	0,75	0,75	0,75	0,75	0,5	0,5	0,5	0,6
	u	1	1	1	1	0,75	0,75	0,75	0,8
	l	0,5	0,25	0,25	0,5	0,25	0,5	0	0,4
E22	m	0,75	0,5	0,5	0,75	0,5	0,75	0	0,6
	u	1	0,75	0,75	1	0,75	1	0,25	0,8
	l	0,25	0,50	0,50	0,50	0,00	0,00	0,00	0,2
E23	m	0,5	0,75	0,75	0,75	0	0	0	0,2
	u	0,75	1	1	1	0,25	0,25	0,25	0,4
	l	0,5	0	0,25	0,25	0	0,5	0	0,2
E24	m	0,75	0	0,5	0,5	0,25	0,75	0	0,4
	u	1	0,25	0,75	0,75	0,5	1	0,25	0,6
	l	0,25	0,25	0,5	0,75	0	0	0	0,6
E25	m	0,5	0,5	0,75	1	0,25	0	0	0,8
	u	0,75	0,75	1	1	0,5	0,25	0,25	1
	l	0	0	0	0,33	0	0	0	0,8
E26	m	0	0,33	0,33	0,66	0	0	0	1
	u	0,33	0,66	0,66	1	0,33	0,33	0,33	1
	l	0,25	0,25	0,5	0,5	0	0	0	0,6
E27	m	0,5	0,5	0,75	0,75	0,25	0,25	0	0,8
	u	0,75	0,75	1	1	0,5	0,5	0,25	1
	l	0,5	0,75	0,5	0,25	0,25	0,25	0,25	0,2
E28	m	0,75	1	0,75	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4
	u	1	1	1	0,75	0,75	0,75	0,75	0,6
	l	0,5	0,75	0,5	0,75	0	0,5	0,25	0,4
E29	m	0,75	1	0,75	1	0	0,75	0,5	0,6
	u	1	1	1	1	0,25	1	0,75	0,8
	l	0,25	0,75	0,5	0,5	0,5	0,25	0,5	0,2
E30	m	0,5	1	0,75	0,75	0,75	0,5	0,75	0,4
	u	0,75	1	1	1	1	0,75	1	0,6
	l	0,75	0,75	0,25	0,75	0,5	0,25	0,5	0,4
E31	m	1	1	0,5	1	0,75	0,5	0,75	0,6
	u	1	1	0,75	1	1	0,75	1	0,8

MATRIZ DE JULGAMENTOS NORMALIZADA E PONDERADA

ESP	DIST	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
E01	l	0,75	0,75	0,75	0,75	0,25	0,25	0,25
	m	1	1	1	1	0,5	0,5	0,5
	u	1	1	1	1	0,75	0,75	0,75
E02	l	0,75	0,5	0,25	0	0	0,25	0,5
	m	1	0,75	0,5	0,25	0,25	0,5	0,75
	u	1	1	0,75	0,5	0,5	0,75	1
E03	l	0,5	0,5	0,5	0,25	0,25	0,5	0,25
	m	0,75	0,75	0,75	0,5	0,5	0,75	0,5
	u	1	1	1	0,75	0,75	1	0,75
E04	l	0,75	0,5	0,5	0,75	0	0	0
	m	1	0,75	0,75	1	0	0	0
	u	1	1	1	1	0,25	0,25	0,25
E05	l	0,5	0,5	0,5	0,25	0,5	0,25	0,25
	m	0,75	0,75	0,75	0,5	0,75	0,5	0,5
	u	1	1	1	0,75	1	0,75	0,75
E06	l	0,75	0,5	0,5	0,5	0,25	0,25	0,25
	m	1	0,75	0,75	0,75	0,5	0,5	0,5
	u	1	1	1	1	0,75	0,75	0,75
E07	l	0,75	0,5	0,5	0,75	0,5	0,5	0,25
	m	1	0,75	0,75	1	0,75	0,75	0,5
	u	1	1	1	1	1	1	0,75
E08	l	0	0	0,25	0,75	0	0	0
	m	0,25	0,25	0,5	1	0	0	0
	u	0,5	0,5	0,75	1	0,25	0,25	0,25
E09	l	0,5	0,5	0,75	0,5	0	0	0
	m	0,75	0,75	1	0,75	0	0	0
	u	1	1	1	1	0,25	0,25	0,25
E10	l	0	0,5	0,25	0,5	0	0	0
	m	0,25	0,75	0,5	0,75	0,25	0,25	0
	u	0,5	1	0,75	1	0,5	0,5	0,25
E11	l	0,25	0,25	0	0,5	0	0	0
	m	0,50	0,50	0,25	0,75	0,00	0,00	0,00
	u	0,75	0,75	0,5	1	0,25	0,25	0,25
E12	l	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0	0
	m	0,75	0,75	0,75	0,75	0,25	0,25	0
	u	1	1	1	1	0,5	0,5	0,25
E13	l	0	0,5	0,75	0,75	0	0	0
	m	0,25	0,75	1	1	0	0,25	0
	u	0,5	1	1	1	0,25	0,5	0,25
E14	l	0	0,5	0,75	0,75	0	0	0,25
	m	0,25	0,75	1	1	0,25	0	0,5
	u	0,5	1	1	1	0,5	0,25	0,75
E15	l	0,25	0,5	0,5	0,75	0	0	0
	m	0,5	0,75	0,75	1	0,25	0,25	0,25
	u	0,75	1	1	1	0,5	0,5	0,5
E16	l	0,25	0,5	0,5	0,25	0	0,5	0,75
	m	0,5	0,75	0,75	0,5	0,25	0,75	1
	u	0,75	1	1	0,75	0,5	1	1
E17	l	0,5	0,5	0,75	0,5	0,25	0	0,5

	m	0,75	0,75	1	0,75	0,5	0	0,75
	u	1	1	1	1	0,75	0,25	1
	l	0,25	0,5	0,5	0,75	0,25	0,25	0
E18	m	0,5	0,75	0,75	1	0,5	0,5	0,25
	u	0,75	1	1	1	0,75	0,75	0,5
	l	0,25	0,5	0,25	0,5	0	0	0
E19	m	0,5	0,75	0,5	0,75	0,25	0,25	0
	u	0,75	1	0,75	1	0,5	0,5	0,25
	l	0	0,25	0,25	0,5	0	0	0
E20	m	0,25	0,5	0,5	0,75	0,25	0	0
	u	0,5	0,75	0,75	1	0,5	0,25	0,25
	l	0,5	0,5	0,5	0,5	0,25	0,25	0,25
E21	m	0,75	0,75	0,75	0,75	0,5	0,5	0,5
	u	1	1	1	1	0,75	0,75	0,75
	l	0,5	0,25	0,25	0,5	0,25	0,5	0
E22	m	0,75	0,5	0,5	0,75	0,5	0,75	0
	u	1	0,75	0,75	1	0,75	1	0,25
	l	0,25	0,50	0,50	0,50	0,00	0,00	0,00
E23	m	0,5	0,75	0,75	0,75	0	0	0
	u	0,75	1	1	1	0,25	0,25	0,25
	l	0,5	0	0,25	0,25	0	0,5	0
E24	m	0,75	0	0,5	0,5	0,25	0,75	0
	u	1	0,25	0,75	0,75	0,5	1	0,25
	l	0,25	0,25	0,5	0,75	0	0	0
E25	m	0,5	0,5	0,75	1	0,25	0	0
	u	0,75	0,75	1	1	0,5	0,25	0,25
	l	0	0	0	0,33	0	0	0
E26	m	0	0,33	0,33	0,66	0	0	0
	u	0,33	0,66	0,66	1	0,33	0,33	0,33
	l	0,25	0,25	0,5	0,5	0	0	0
E27	m	0,5	0,5	0,75	0,75	0,25	0,25	0
	u	0,75	0,75	1	1	0,5	0,5	0,25
	l	0,5	0,75	0,5	0,25	0,25	0,25	0,25
E28	m	0,75	1	0,75	0,5	0,5	0,5	0,5
	u	1	1	1	0,75	0,75	0,75	0,75
	l	0,5	0,75	0,5	0,75	0	0,5	0,25
E29	m	0,75	1	0,75	1	0	0,75	0,5
	u	1	1	1	1	0,25	1	0,75
	l	0,25	0,75	0,5	0,5	0,5	0,25	0,5
E30	m	0,5	1	0,75	0,75	0,75	0,5	0,75
	u	0,75	1	1	1	1	0,75	1
	l	0,75	0,75	0,25	0,75	0,5	0,25	0,5
E31	m	1	1	0,5	1	0,75	0,5	0,75
	u	1	1	0,75	1	1	0,75	1

CLASSES E LIMITES NORMALIZADO

ESP	DIST	Esperado	Regular	Inaceitável
E01	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
E02	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
E03	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
E04	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
E05	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
E06	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
E07	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
E08	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
E09	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
E10	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
E11	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,50	0,00
	u	1	0,75	0,25
E12	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
E13	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
E14	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
E15	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
E16	l	0,5	0,25	0
	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
E17	l	0,5	0,25	0

CLASSES E LIMITES NORMALIZADO E PONDERADO

ESP	DIST	Esperado	Regular	Inaceitável
E01	l	0,3	0,15	0
	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
E02	l	0,3	0,15	0
	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
E03	l	0,3	0,15	0
	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
E04	l	0,3	0,15	0
	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
E05	l	0,3	0,15	0
	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
E06	l	0,3	0,15	0
	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
E07	l	0,3	0,15	0
	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
E08	l	0,3	0,15	0
	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
E09	l	0,3	0,15	0
	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
E10	l	0,3	0,15	0
	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
E11	l	0,3	0,15	0
	m	0,60	0,40	0,00
	u	1	0,75	0,25
E12	l	0,3	0,15	0
	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
E13	l	0,3	0,15	0
	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
E14	l	0,3	0,15	0
	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
E15	l	0,3	0,15	0
	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
E16	l	0,3	0,15	0
	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
E17	l	0,3	0,15	0

	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,5	0,25	0
E18	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,5	0,25	0
E19	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,5	0,25	0
E20	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,5	0,25	0
E21	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,5	0,25	0
E22	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,50	0,25	0,00
E23	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,5	0,25	0
E24	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,5	0,25	0
E25	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,66	0,33	0
E26	m	1	0,66	0
	u	1	1	0,33
	l	0,5	0,25	0
E27	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,5	0,25	0
E28	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,5	0,25	0
E29	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,5	0,25	0
E30	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,5	0,25	0
E31	m	0,75	0,5	0
	u	1	0,75	0,25

	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,3	0,15	0
E18	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,3	0,15	0
E19	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,3	0,15	0
E20	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,3	0,15	0
E21	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,3	0,15	0
E22	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,30	0,15	0,00
E23	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,3	0,15	0
E24	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,3	0,15	0
E25	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,4	0,2	0
E26	m	0,8	0,53	0
	u	1	1	0,33
	l	0,3	0,15	0
E27	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,3	0,15	0
E28	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,3	0,15	0
E29	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,3	0,15	0
E30	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25
	l	0,3	0,15	0
E31	m	0,6	0,4	0
	u	1	0,75	0,25

ESP	DIST	Classe Esperado		Classe Regular		Classe Inaceitavel	
		A+	A-	A+	A-	A+	A-
E01	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
E02	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
E03	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
E04	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
E05	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
E06	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
E07	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
E08	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
E09	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
E10	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
E11	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
	m	0,60	0,00	0,40	0,00	0,00	0,60
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
E12	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
E13	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
E14	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
E15	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
E16	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
E17	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3

E18	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
E19	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
E20	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
E21	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
E22	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
	l	0,30	0,00	0,15	0,00	0,00	0,30
E23	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
E24	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
E25	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
	l	0,4	0	0,2	0	0	0,4
E26	m	0,8	0	0,53	0	0	0,8
	u	1	1	1	0,33	0,33	1
	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
E27	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
E28	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
E29	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
E30	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1
	l	0,3	0	0,15	0	0	0,3
E31	m	0,6	0	0,4	0	0	0,6
	u	1	0,25	0,75	0,25	0,25	1

Distância D+ Classe Esperado

ESP	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
E01	0,14	0,14	0,14	0,14	0,20	0,20	0,20
E02	0,14	0,00	0,20	0,41	0,41	0,20	0,00
E03	0,00	0,00	0,00	0,20	0,20	0,00	0,20
E04	0,14	0,00	0,00	0,14	0,58	0,58	0,58
E05	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00	0,20	0,20
E06	0,14	0,00	0,00	0,00	0,20	0,20	0,20
E07	0,14	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00	0,20
E08	0,41	0,41	0,20	0,14	0,58	0,58	0,58
E09	0,00	0,00	0,14	0,00	0,58	0,58	0,58
E10	0,41	0,00	0,20	0,00	0,41	0,41	0,58
E11	0,20	0,20	0,41	0,00	0,58	0,58	0,58
E12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,41	0,41	0,58
E13	0,41	0,00	0,14	0,14	0,58	0,41	0,58
E14	0,41	0,00	0,14	0,14	0,41	0,58	0,20
E15	0,20	0,00	0,00	0,14	0,41	0,41	0,41
E16	0,20	0,00	0,00	0,20	0,41	0,00	0,14
E17	0,00	0,00	0,14	0,00	0,20	0,58	0,00
E18	0,20	0,00	0,00	0,14	0,20	0,20	0,41
E19	0,20	0,00	0,20	0,00	0,41	0,41	0,58
E20	0,41	0,20	0,20	0,00	0,41	0,58	0,58
E21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,20	0,20
E22	0,00	0,20	0,20	0,00	0,20	0,00	0,58
E23	0,20	0,00	0,00	0,00	0,58	0,58	0,58
E24	0,00	0,58	0,20	0,20	0,41	0,00	0,58
E25	0,20	0,20	0,00	0,14	0,41	0,58	0,58
E26	0,77	0,54	0,54	0,27	0,77	0,77	0,77
E27	0,20	0,20	0,00	0,00	0,41	0,41	0,58
E28	0,00	0,14	0,00	0,20	0,20	0,20	0,20
E29	0,00	0,14	0,00	0,14	0,58	0,00	0,20
E30	0,20	0,14	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00
E31	0,14	0,14	0,20	0,14	0,00	0,20	0,00
TOTAL	5,52	3,28	3,31	3,29	10,96	10,29	11,71

Distância D- Classe Esperado

F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
0,68	0,68	0,68	0,68	0,38	0,38	0,38
0,68	0,58	0,38	0,18	0,18	0,38	0,58
0,58	0,58	0,58	0,38	0,38	0,58	0,38
0,68	0,58	0,58	0,68	0,00	0,00	0,00
0,58	0,58	0,58	0,38	0,58	0,38	0,38
0,68	0,58	0,58	0,58	0,38	0,38	0,38
0,68	0,58	0,58	0,68	0,58	0,58	0,38
0,18	0,18	0,38	0,68	0,00	0,00	0,00
0,58	0,58	0,68	0,58	0,00	0,00	0,00
0,18	0,58	0,38	0,58	0,18	0,18	0,00
0,38	0,38	0,18	0,58	0,00	0,00	0,00
0,58	0,58	0,58	0,58	0,18	0,18	0,00
0,18	0,58	0,68	0,68	0,00	0,18	0,00
0,18	0,58	0,68	0,68	0,18	0,00	0,38
0,38	0,58	0,58	0,68	0,18	0,18	0,18
0,38	0,58	0,58	0,38	0,18	0,58	0,68
0,58	0,58	0,68	0,58	0,38	0,00	0,58
0,38	0,58	0,58	0,68	0,38	0,38	0,18
0,38	0,58	0,38	0,58	0,18	0,18	0,00
0,18	0,38	0,38	0,58	0,18	0,00	0,00
0,58	0,58	0,58	0,58	0,38	0,38	0,38
0,58	0,38	0,38	0,58	0,38	0,58	0,00
0,38	0,58	0,58	0,58	0,00	0,00	0,00
0,58	0,00	0,38	0,38	0,18	0,58	0,00
0,38	0,38	0,58	0,68	0,18	0,00	0,00
0,00	0,25	0,25	0,51	0,00	0,00	0,00
0,38	0,38	0,58	0,58	0,18	0,18	0,00
0,58	0,68	0,58	0,38	0,38	0,38	0,38
0,58	0,68	0,58	0,68	0,00	0,58	0,38
0,38	0,68	0,58	0,58	0,58	0,38	0,58
0,63	0,63	0,37	0,63	0,55	0,37	0,55
14,21	16,16	16,18	17,62	7,37	8,00	6,77

Distância D+ Classe Regular

ESP	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
E01	0,32	0,32	0,32	0,32	0,00	0,00	0,00
E02	0,32	0,20	0,00	0,20	0,20	0,00	0,20
E03	0,20	0,20	0,20	0,00	0,00	0,20	0,00
E04	0,32	0,20	0,20	0,32	0,38	0,38	0,38
E05	0,20	0,20	0,20	0,00	0,20	0,00	0,00
E06	0,32	0,20	0,20	0,20	0,00	0,00	0,00
E07	0,32	0,20	0,20	0,32	0,20	0,20	0,00
E08	0,20	0,20	0,00	0,32	0,38	0,38	0,38
E09	0,20	0,20	0,32	0,20	0,38	0,38	0,38
E10	0,20	0,20	0,00	0,20	0,20	0,20	0,38
E11	0,00	0,00	0,20	0,20	0,38	0,38	0,38
E12	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,38
E13	0,20	0,20	0,32	0,32	0,38	0,20	0,38
E14	0,20	0,20	0,32	0,32	0,20	0,38	0,00
E15	0,00	0,20	0,20	0,32	0,20	0,20	0,20
E16	0,00	0,20	0,20	0,00	0,20	0,20	0,32
E17	0,20	0,20	0,32	0,20	0,00	0,38	0,20
E18	0,00	0,20	0,20	0,32	0,00	0,00	0,20
E19	0,00	0,20	0,00	0,20	0,20	0,20	0,38
E20	0,20	0,00	0,00	0,20	0,20	0,38	0,38
E21	0,20	0,20	0,20	0,20	0,00	0,00	0,00
E22	0,20	0,00	0,00	0,20	0,00	0,20	0,38
E23	0,00	0,20	0,20	0,20	0,38	0,38	0,38
E24	0,20	0,38	0,00	0,00	0,20	0,20	0,38
E25	0,00	0,00	0,20	0,32	0,20	0,38	0,38
E26	0,51	0,27	0,27	0,00	0,51	0,51	0,51
E27	0,00	0,00	0,20	0,20	0,20	0,20	0,38
E28	0,20	0,32	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00
E29	0,20	0,32	0,20	0,32	0,38	0,20	0,00
E30	0,00	0,32	0,20	0,20	0,20	0,00	0,20
E31	0,32	0,32	0,00	0,32	0,20	0,00	0,20
TOTAL	5,50	6,14	5,36	6,41	6,23	6,37	7,37

Distância D- Classe Regular

F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
0,68	0,68	0,68	0,68	0,38	0,38	0,38
0,68	0,58	0,38	0,18	0,18	0,38	0,58
0,58	0,58	0,58	0,38	0,38	0,58	0,38
0,68	0,58	0,58	0,68	0,00	0,00	0,00
0,58	0,58	0,58	0,38	0,58	0,38	0,38
0,68	0,58	0,58	0,58	0,38	0,38	0,38
0,68	0,58	0,58	0,68	0,58	0,58	0,38
0,18	0,18	0,38	0,68	0,00	0,00	0,00
0,58	0,58	0,68	0,58	0,00	0,00	0,00
0,18	0,58	0,38	0,58	0,18	0,18	0,00
0,38	0,38	0,18	0,58	0,00	0,00	0,00
0,58	0,58	0,58	0,58	0,18	0,18	0,00
0,18	0,58	0,68	0,68	0,00	0,18	0,00
0,18	0,58	0,68	0,68	0,18	0,00	0,38
0,38	0,58	0,58	0,68	0,18	0,18	0,18
0,38	0,58	0,58	0,38	0,18	0,58	0,68
0,58	0,58	0,68	0,58	0,38	0,00	0,58
0,38	0,58	0,58	0,68	0,38	0,38	0,18
0,38	0,58	0,38	0,58	0,18	0,18	0,00
0,18	0,38	0,38	0,58	0,18	0,00	0,00
0,58	0,58	0,58	0,58	0,38	0,38	0,38
0,58	0,38	0,38	0,58	0,38	0,58	0,00
0,38	0,58	0,58	0,58	0,00	0,00	0,00
0,58	0,00	0,38	0,38	0,18	0,58	0,00
0,38	0,38	0,58	0,68	0,18	0,00	0,00
0,00	0,25	0,25	0,51	0,00	0,00	0,00
0,38	0,38	0,58	0,58	0,18	0,18	0,00
0,58	0,68	0,58	0,38	0,38	0,38	0,38
0,58	0,68	0,58	0,68	0,00	0,58	0,38
0,38	0,68	0,58	0,58	0,58	0,38	0,58
0,68	0,68	0,38	0,68	0,58	0,38	0,58
14,26	16,21	16,19	17,67	7,39	8,01	6,80

Distância D+ Classe Inaceitável

ESP	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
E01	0,68	0,68	0,68	0,68	0,38	0,38	0,38
E02	0,68	0,58	0,38	0,18	0,18	0,38	0,58
E03	0,58	0,58	0,58	0,38	0,38	0,58	0,38
E04	0,68	0,58	0,58	0,68	0,00	0,00	0,00
E05	0,58	0,58	0,58	0,38	0,58	0,38	0,38
E06	0,68	0,58	0,58	0,58	0,38	0,38	0,38
E07	0,68	0,58	0,58	0,68	0,58	0,58	0,38
E08	0,18	0,18	0,38	0,68	0,00	0,00	0,00
E09	0,58	0,58	0,68	0,58	0,00	0,00	0,00
E10	0,18	0,58	0,38	0,58	0,18	0,18	0,00
E11	0,38	0,38	0,18	0,58	0,00	0,00	0,00
E12	0,58	0,58	0,58	0,58	0,18	0,18	0,00
E13	0,18	0,58	0,68	0,68	0,00	0,18	0,00
E14	0,18	0,58	0,68	0,68	0,18	0,00	0,38
E15	0,38	0,58	0,58	0,68	0,18	0,18	0,18
E16	0,38	0,58	0,58	0,38	0,18	0,58	0,68
E17	0,58	0,58	0,68	0,58	0,38	0,00	0,58
E18	0,38	0,58	0,58	0,68	0,38	0,38	0,18
E19	0,38	0,58	0,38	0,58	0,18	0,18	0,00
E20	0,18	0,38	0,38	0,58	0,18	0,00	0,00
E21	0,58	0,58	0,58	0,58	0,38	0,38	0,38
E22	0,58	0,38	0,38	0,58	0,38	0,58	0,00
E23	0,38	0,58	0,58	0,58	0,00	0,00	0,00
E24	0,58	0,00	0,38	0,38	0,18	0,58	0,00
E25	0,38	0,38	0,58	0,68	0,18	0,00	0,00
E26	0,00	0,25	0,25	0,51	0,00	0,00	0,00
E27	0,38	0,38	0,58	0,58	0,18	0,18	0,00
E28	0,58	0,68	0,58	0,38	0,38	0,38	0,38
E29	0,58	0,68	0,58	0,68	0,00	0,58	0,38
E30	0,38	0,68	0,58	0,58	0,58	0,38	0,58
E31	0,68	0,68	0,38	0,68	0,58	0,38	0,58
TOTAL	14,26	16,21	16,19	17,67	7,39	8,01	6,80

Distância D- Classe Inaceitável

F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
0,14	0,14	0,14	0,14	0,20	0,20	0,20
0,14	0,00	0,20	0,41	0,41	0,20	0,00
0,00	0,00	0,00	0,20	0,20	0,00	0,20
0,14	0,00	0,00	0,14	0,58	0,58	0,58
0,00	0,00	0,00	0,20	0,00	0,20	0,20
0,14	0,00	0,00	0,00	0,20	0,20	0,20
0,14	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00	0,20
0,41	0,41	0,20	0,14	0,58	0,58	0,58
0,00	0,00	0,14	0,00	0,58	0,58	0,58
0,41	0,00	0,20	0,00	0,41	0,41	0,58
0,20	0,20	0,41	0,00	0,58	0,58	0,58
0,00	0,00	0,00	0,00	0,41	0,41	0,58
0,41	0,00	0,14	0,14	0,58	0,41	0,58
0,41	0,00	0,14	0,14	0,41	0,58	0,20
0,20	0,00	0,00	0,14	0,41	0,41	0,41
0,20	0,00	0,00	0,20	0,41	0,00	0,14
0,00	0,00	0,14	0,00	0,20	0,58	0,00
0,20	0,00	0,00	0,14	0,20	0,20	0,41
0,20	0,00	0,20	0,00	0,41	0,41	0,58
0,41	0,20	0,20	0,00	0,41	0,58	0,58
0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,20	0,20
0,00	0,20	0,20	0,00	0,20	0,00	0,58
0,20	0,00	0,00	0,00	0,58	0,58	0,58
0,00	0,58	0,20	0,20	0,41	0,00	0,58
0,20	0,20	0,00	0,14	0,41	0,58	0,58
0,64	0,43	0,43	0,19	0,64	0,64	0,64
0,20	0,20	0,00	0,00	0,41	0,41	0,58
0,00	0,14	0,00	0,20	0,20	0,20	0,20
0,00	0,14	0,00	0,14	0,58	0,00	0,20
0,20	0,14	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00
0,14	0,14	0,20	0,14	0,00	0,20	0,00
5,39	3,16	3,19	3,21	10,83	10,16	11,58

APÊNDICE

APÊNDICE A – TERMO DE ACEITE DO COMITÊ DE ÉTICA

FACULDADE DE CIÊNCIAS E
TECNOLOGIA DA
UNIVERSIDADE ESTADUAL
PAULISTA - UNESP/CAMPUS
PRESIDENTE PRUDENTE



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: OPORTUNIDADES DE INOVAÇÃO PARA A PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA NO SETOR SUCROENERGÉTICO BRASILEIRO: ANÁLISE DOS FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO

Pesquisador: VINICIUS PALACIO

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 84315324.4.0000.5402

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JULIO DE MESQUITA FILHO

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 7.412.970

Apresentação do Projeto:

O Projeto de Pesquisa intitulado "Oportunidades de inovação para a produtividade agrícola no setor sucoenergético brasileiro: análise dos fatores críticos de sucesso" visa avaliar os fatores críticos que condicionam as oportunidades de inovação da produtividade agrícola do setor sucoenergético brasileiro. Trata-se de uma pesquisa de doutorado com abordagem quali-quantitativa e caráter exploratório, estruturada na articulação da pesquisa bibliográfica e documental, uma survey, análise de conteúdo e uso do método de análise multicritério denominado Fuzzy Topsis Class. Espera-se a participação de 30 indivíduos, sendo 15 acadêmicos e 15 agentes do setor privado.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

[...] Avaliar os fatores críticos que condicionam as oportunidades de inovação da produtividade agrícola do setor sucoenergético brasileiro.

Objetivos Secundários:

- a) Identificar as oportunidades de inovação da atividade agrícola de produção canavieira

Endereço: Rua Roberto Simonsen, 305 - Faculdade de Ciência e Tecnologia da Unesp Prédio da Administração - SI 05
Bairro: Centro Educacional **CEP:** 19.060-900
UF: SP **Município:** PRESIDENTE PRUDENTE
Telefone: (18)3229-5410 **E-mail:** cep.fct@unesp.br

FACULDADE DE CIÊNCIAS E
TECNOLOGIA DA
UNIVERSIDADE ESTADUAL
PAULISTA - UNESP/CAMPUS
PRESIDENTE PRUDENTE



Continuação do Parecer: 7.412.970

brasileira;

- b) Definir os fatores críticos que condicionam essas oportunidades de inovação;
- c) Classificar a importância dos fatores críticos das oportunidades de inovação.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Entende-se que, para o estudo proposto, os riscos são mínimos, visto que o participante tem a liberdade de apresentar sua opinião dentro de um assunto pré-definido. Entretanto, caso sinta qualquer tipo de desconforto, o participante tem o direito de não responder ou procurar os responsáveis pela pesquisa para esclarecer dúvidas.

Benefícios:

Não apresenta benefícios diretos aos participantes. No entanto, espera-se que a pesquisa contribua para o conhecimento científico na área de gestão do Sistema Agroindustrial da Cana-de-Açúcar, mais especificamente na área de produção agrícola canavieira. Os resultados gerados poderão ser utilizados por outros pesquisadores e gestores do referido setor.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Considera-se a proposta relevante.

Nada mais a comentar, nada mais a considerar.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os termos de apresentação obrigatória foram submetidos em consonância à Resolução CNS n° 510/16 e suas normalizações.

Recomendações:

Nada a recomendar.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Considerando o atendimento ao disposto no Parecer Consubstanciado n° 7.273.875, de 06 de dezembro de 2024, a presente relatoria indica pela aprovação deste Protocolo de Pesquisa.

Considerações Finais a critério do CEP:

Em reunião realizada no dia 25.02.2025, o Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências e Tecnologia - Unesp - Presidente Prudente, em concordância com o(a) parecerista,

Endereço: Rua Roberto Simonsen, 305 - Faculdade de Ciência e Tecnologia da Unesp Prédio da Administração - SI 05
Bairro: Centro Educacional **CEP:** 19.060-900
UF: SP **Município:** PRESIDENTE PRUDENTE
Telefone: (18)3229-5410 **E-mail:** cep.fct@unesp.br

FACULDADE DE CIÊNCIAS E
TECNOLOGIA DA
UNIVERSIDADE ESTADUAL
PAULISTA - UNESP/CAMPUS
PRESIDENTE PRUDENTE



Continuação do Parecer: 7.412.970

considerou o projeto APROVADO.

Obs: Lembramos que pesquisas que se enquadram na resolução 466/12 devem apresentar relatório parcial e final, e pesquisas que se enquadram na resolução 510/16 devem apresentar relatório final.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2402049.pdf	20/12/2024 11:10:55		Aceito
Outros	InstrumentoCOLETA.pdf	20/12/2024 11:10:23	VINICIUS PALACIO	Aceito
Declaração de concordância	termoderesponsabilidadededadosearquivos.pdf	20/12/2024 11:08:59	VINICIUS PALACIO	Aceito
Declaração de Pesquisadores	TERMODECOMPROMISSO.pdf	20/12/2024 11:08:30	VINICIUS PALACIO	Aceito
Parecer Anterior	parecer.pdf	20/12/2024 11:07:36	VINICIUS PALACIO	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto.docx	20/12/2024 11:06:49	VINICIUS PALACIO	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	20/12/2024 11:06:05	VINICIUS PALACIO	Aceito
Cronograma	Cronograma.docx	20/12/2024 11:01:38	VINICIUS PALACIO	Aceito
Folha de Rosto	folha_de_rosto_assinado_assinado.pdf	28/08/2024 10:25:16	VINICIUS PALACIO	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: Rua Roberto Simonsen, 305 - Faculdade de Ciência e Tecnologia da Unesp Prédio da Administração - SI 05
Bairro: Centro Educacional **CEP:** 19.060-900
UF: SP **Município:** PRESIDENTE PRUDENTE
Telefone: (18)3229-5410 **E-mail:** cep.fct@unesp.br

FACULDADE DE CIÊNCIAS E
TECNOLOGIA DA
UNIVERSIDADE ESTADUAL
PAULISTA - UNESP/CAMPUS
PRESIDENTE PRUDENTE



Continuação do Parecer: 7.412.970

PRESIDENTE PRUDENTE, 26 de Fevereiro de 2025

Assinado por:
Luis Alberto Gobbo
(Coordenador(a))

Endereço: Rua Roberto Simonsen, 305 - Faculdade de Ciência e Tecnologia da Unesp Prédio da Administração - SI 05
Bairro: Centro Educacional **CEP:** 19.060-900
UF: SP **Município:** PRESIDENTE PRUDENTE
Telefone: (18)3229-5410 **E-mail:** cep.fct@unesp.br